

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO  
EN EL HOGAR.”

Proyecto Técnico previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Electrónico

AUTOR:

Paúl Andrés Chacón Jaramillo

DIRECTOR:

Ing. Diego Chacón Troya, Mdh.

CUENCA – ECUADOR

2016

## **CERTIFICACIÓN**

En calidad de DIRECTOR DE LA TESIS “**CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO EN EL HOGAR.**”, elaborada por Paúl Andrés Chacón Jaramillo, declaro y certifico la aprobación del presente trabajo de tesis basándose en la supervisión y revisión de su contenido.

**Cuenca, Mayo de 2016**



Ing. Diego Paul Chacón Troya, Mdhd.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Los autores son los únicos responsables por los contenidos, conceptos, ideas, análisis, resultados investigativos y manifestados en el presente trabajo de titulación **“CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO EN EL HOGAR”**.

**Cuenca, Mayo de 2016**

A handwritten signature in blue ink on a white background. The signature is stylized and appears to read 'Paúl Andrés Chacón Jaramillo'. Below the signature is a horizontal line.

Paúl Andrés Chacón Jaramillo.

C.I. 0105287551

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Paúl Andrés Chacón Jaramillo, con documento de identificación N° 0105287551, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **“CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO EN EL HOGAR”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Paúl Andrés Chacón Jaramillo.

0105287551

Cuenca, 25 de Mayo de 2016

## DEDICATORIA

*Este proyecto va dedicado a mi madre Lorena quien ha dedicado su tiempo y ha puesto toda su confianza en mí para que logre alcanzar esta meta, de igual manera a mi padre Julio quien ha sido parte fundamental de este proceso.*

*A mi abuela Regina que con su sabiduría ha sabido guiarme, a mis familiares y a mis primos que con sus locuras me han apoyado en este largo camino.*

*Y por último a mis amigos quienes me brindaron su apoyo incondicional en aquellas noches de desvelo.*

*Paúl*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco al Ing. Diego Chacón por haber confiado en mí para la realización de este proyecto, por el aporte intelectual brindado durante todo este proceso.*

*Quiero agradecer de manera muy especial al Ing. Luis Calle por haberme brindado su amistad, por todos los consejos a lo largo de estos años y por ser parte fundamental de este proyecto.*

*Paúl*

***“Logic will get you from A to B. Imagination will take you everywhere”***

*Albert Einstein*

***“It’s time to change the world”***

*Anónimo*

## Tabla de contenido

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Justificación .....	4
1.3 Beneficiarios.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General .....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. CARGAS DE ALTO CONSUMO ELECTRICO.....	7
2.1 Cocina de Inducción.....	7
2.1.1 Funcionamiento.....	7
2.2 Lavadora Eléctrica.....	8
2.2.1 Funcionamiento.....	8
2.2.2 Ciclo de Lavado .....	9
2.3 Secadora Eléctrica .....	10
2.3.1 Funcionamiento.....	10
CAPÍTULO III.....	11
3. HERRAMIENTAS Y SOFTWARES.....	12
3.1 Power Quality Analyzer.....	12
3.1.1 Power Quality Analyzer (Fluke 434/435).....	12
3.1.1.1 Características .....	12
3.1.1.2 Forma de Conexión .....	13
3.1.2 Power Quality Analyzer (Fluke 1735).....	14
3.1.2.1 Características .....	14
3.1.2.2 Forma de Conexión .....	14
3.1.3 Power Log.....	15
3.2 Matlab 2013b.....	15
3.3 Redes de Backpropagation.....	15
3.4 Análisis de Componentes Principales.....	18
CAPÍTULO IV.....	21
4. CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO ...	22
4.1 Cocina de Inducción.....	22
4.1.1 Cocina de Inducción ECASA.....	22
4.1.1.1 Características .....	22
4.1.1.2 Esquema de conexión .....	22
4.1.1.3 Procedimiento.....	22

4.1.2	Cocina de Inducción ECOGAS .....	24
4.1.2.1	Características .....	24
4.1.2.2	Esquema de conexión .....	24
4.1.2.3	Procedimiento.....	25
4.1.3	Cocina de Inducción HAILER.....	26
4.1.3.1	Características .....	26
4.1.3.2	Esquema de conexión .....	26
4.1.3.3	Procedimiento.....	26
4.2	Lavadora Eléctrica.....	27
4.2.1	Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 .....	27
4.2.1.1	Características .....	27
4.2.1.2	Esquema de conexión .....	28
4.2.1.3	Procedimiento.....	28
4.2.2	Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2.....	29
4.2.2.1	Características .....	29
4.2.2.2	Esquema de conexión .....	30
4.2.2.3	Procedimiento.....	30
4.3	Secadora Eléctrica .....	31
4.3.1	Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM.....	31
4.3.1.1	Características .....	31
4.3.1.2	Esquema de conexión .....	31
4.3.2	Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0.....	33
4.3.2.1	Características .....	33
4.3.2.2	Esquema de conexión .....	33
CAPÍTULO V .....		35
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
5.1	Cocina de Inducción.....	48
5.1.1	Cocina de Inducción ECASA.....	48
5.1.1.1	Curva Característica .....	48
5.1.2	Cocina de Inducción ECOGAS .....	49
5.1.2.1	Curva Característica .....	49
5.1.3	Cocina de Inducción HAILER.....	51
5.1.3.1	Curva Característica .....	51
5.2	Lavadora Eléctrica.....	52
5.2.1	Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 .....	52
5.2.1.1	Curva Característica .....	52
5.2.2	Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2.....	54
5.2.2.1	Curva Característica .....	54

5.3	Secadora Eléctrica .....	56
5.3.1	Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM.....	56
5.3.1.1	Curva Característica .....	56
5.3.2	Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0.....	58
5.3.2.1	Curva Característica .....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		61
TRABAJO FUTURO.....		63
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....		64
Bibliografía.....		65
ANEXO A.....		69
ANEXO B.....		72
ANEXO C .....		72

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Principio de calentamiento por inducción [13]. .....	7
Ilustración 2	Estructura de una cocina por inducción [15]. .....	8
Ilustración 3	Estructura de una lavadora eléctrica [17]......	8
Ilustración 4	Ciclo de Lavado [4]. .....	9
Ilustración 5	Estructura de una Secadora Eléctrica [18]......	10
Ilustración 6	Power Quality Analyzer (Fluke 434/435 [20])......	12
Ilustración 7	Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico [22]......	13
Ilustración 8	Conexión del analizador a una red trifásica [25]. .....	14
Ilustración 9	Red de dos capas [28]......	16
Ilustración 10	Retropropagación del error, capa de entrada, salida y ocultas.....	17
Ilustración 11	Retropropagación del error en capas intermedias [28]......	17
Ilustración 12	Actualización de los pesos [28]. .....	17
Ilustración 13	Esquema de conexión para obtención de datos cocina de inducción ECASA. .....	22
Ilustración 14	Esquema de conexión para obtención de datos cocina de inducción ECOGAS. .....	25
Ilustración 15	Esquema de conexión para obtención de datos cocina de inducción HAIER. 26	
Ilustración 16	Esquema de conexión para obtención de datos de Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444. ....	28
Ilustración 17	Esquema de conexión para obtención de datos de Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2. ....	30
Ilustración 18	Esquema de conexión para obtención de datos de la secadora Whirlpool 7MWED1600BM.....	31
Ilustración 19	Esquema de conexión para obtención de datos de la secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0. ....	33
Ilustración 20	Análisis Componentes Principales, Cocina Ecasa funcionando al 100%. .....	39
Ilustración 21	Análisis Componentes Principales, Cocina Ecogas funcionando al 100%. .....	39
Ilustración 22	Análisis Componentes Principales, Cocina Ecasa funcionando al 50%. .....	40
Ilustración 23	Análisis Componentes Principales, Cocina Ecogas funcionando al 50%. .....	40
Ilustración 24	Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando al 100%. .....	41

Ilustración 25 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando al 100% .....	41
Ilustración 26 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando al 50% .....	42
Ilustración 27 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando al 50% .....	42
Ilustración 28 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando al 0% .....	43
Ilustración 29 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando al 0% .....	43
Ilustración 30 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool 7MWED1600BM funcionando al 100% .....	44
Ilustración 31 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando al 100% .....	44
Ilustración 32 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool 7MWED1600BM funcionando al 50% .....	45
Ilustración 33 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando al 50% .....	45
Ilustración 34 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool 7MWED1600BM funcionando al 0% .....	46
Ilustración 35 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando al 0% .....	46
Ilustración 36 Curva característica Cocina de Inducción ECASA funcionando a media capacidad de carga .....	48
Ilustración 37 Curva característica Cocina de Inducción ECASA funcionando a full capacidad de carga .....	49
Ilustración 38 Curva característica Cocina de Inducción ECOGAS funcionando a media capacidad de carga .....	49
Ilustración 39 Curva característica Cocina de Inducción ECOGAS funcionando a full capacidad de carga .....	50
Ilustración 40 Cocina de Inducción HAILER funcionando a media capacidad de carga .....	51
Ilustración 41 Cocina de Inducción HAILER funcionando a full capacidad de carga .....	52
Ilustración 42 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando a baja capacidad de carga .....	53
Ilustración 43 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando a media capacidad de carga .....	53
Ilustración 44 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando a full capacidad de carga .....	54
Ilustración 45 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando a baja capacidad de carga .....	55
Ilustración 46 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando a media capacidad de carga .....	55
Ilustración 47 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando a full capacidad de carga .....	56
Ilustración 48 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM funcionando a baja capacidad de carga .....	57
Ilustración 49 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM funcionando a media capacidad de carga .....	57
Ilustración 50 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM funcionando a full capacidad de carga .....	58
Ilustración 51 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando a baja capacidad de carga .....	59

Ilustración 52 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando a media capacidad de carga. ....	59
Ilustración 53 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando a full capacidad de carga. ....	60
Ilustración 54 Estimador lavadora .....	73
Ilustración 55 Estimador Secadora.....	74
Ilustración 56 Estimador Cocina.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo energético de varios electrodomésticos presentes en el hogar [3]. ....	2
Tabla 2 Características Cocina de Inducción Ecasa [30].....	22
Tabla 3 Pruebas realizadas en Cocina de Inducción Ecasa.....	24
Tabla 4 Características Cocina de Inducción Ecogas Elecktra [31].....	24
Tabla 5 Pruebas realizadas en Cocina de Inducción Ecogas. ....	25
Tabla 6 Características Cocina de Inducción HAIER [32]. ....	26
Tabla 7 Pruebas realizadas en Cocina de Inducción Haier. ....	27
Tabla 8 Características Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 [33]. ....	27
Tabla 9 Pruebas realizadas en lavadora eléctrica Whirlpool WLA8444. ....	29
Tabla 10 Características Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 [34].....	29
Tabla 11 Pruebas realizadas en lavadora eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2. ....	30
Tabla 12 Características Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM [35]. ....	31
Tabla 13 Pruebas realizadas en Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM.....	32
Tabla 14 Características Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 [36]. ....	33
Tabla 15 Pruebas realizadas en Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0...	34
Tabla 16 Correlación entre Curvas características promedio usando datos de corriente. ....	37
Tabla 17 Correlación entre Curvas Cocina de Inducción.....	37
Tabla 18 Correlación de electrodomésticos usando el método de componentes principales.	38
Tabla 19 Correlación de muestras individuales cocinas de inducción usando el método de componentes principales.....	38
Tabla 20 Correlación de muestras individuales en lavadoras eléctricas usando el método de componentes principales.....	40
Tabla 21 Correlación de muestras individuales en secadoras eléctricas usando el método de componentes principales.....	43
Tabla 22 Varianza de voltaje y corriente cocina de inducción. ....	47
Tabla 23 Varianza de voltaje y corriente de las lavadoras eléctricas. ....	47
Tabla 24 Varianza de voltaje y corriente de las secadoras eléctricas. ....	47



# **CAPÍTULO I**

# **INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

La domótica o vivienda inteligente tiene como objetivo brindar el más alto estándar de comodidad, calidad y ahorro energético a los usuarios [1], optimizando los recursos al máximo. Sin embargo, existe un dilema: privarse de las ventajas que brinda la tecnología plasmada en todos los artefactos necesarios para la comodidad en el hogar o renunciar a los mismos ya que afecta la economía familiar por su alto consumo de energía eléctrica.

Para determinar el comportamiento del consumo energético residencial de un electrodoméstico, se debe, analizar las mediciones en instalaciones ya existentes en cada hogar. Donde en las primeras horas de la noche es donde se intensifica el uso de estos electrodomésticos [2].

Por esta razón se realizan estudios de la demanda y el consumo que producen estas cargas eléctricas correspondientes a los principales electrodomésticos con mayor influencia en el consumo de energía eléctrica en el hogar [3], como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1 Consumo energético de varios electrodomésticos presentes en el hogar [3].

<b>Electrodoméstico</b>	<b>Consumo</b>
Hornilla Eléctrica	1200 W
Olla Arrocera	700 W
Olla Universal	820 W
Calentador	1000 W
Jarra para Hervir Agua	1700 W

Este trabajo, propone caracterizar las curvas de carga de alto consumo en el hogar, partiendo del estudio de las características individuales de las curvas energéticas de artefactos como: la lavadora eléctrica, la secadora eléctrica y la cocina de inducción, aparatos referentes en el consumo energético de un hogar típico. La importancia de este estudio radica en la necesidad de contar con información para diseñar sistemas de control que optimicen el consumo de energía [4].

## **1.1 Antecedentes**

El desarrollo de la ciencia y la tecnología han repercutido en la fabricación masiva de todo tipo de artefactos (especialmente electrodomésticos) que se encuentran en el mercado mundial y que han sido ideados y creados para satisfacer todas las necesidades propias de una vivienda inteligente [5]. Estos artefactos para su funcionamiento requieren de un consumo permanente de energía eléctrica, repercutiendo directamente en la economía familiar.

El objetivo de este trabajo es optimizar el consumo de energía eléctrica de estos artefactos a través de la caracterización de las curvas de cada carga de alto consumo en el hogar. Varios estudios han sido desarrollados con respecto a este tema: en [5], los autores establecen que los sectores residenciales y comerciales utilizan gran parte de la energía total producida. Además con el avance de la tecnología existe un nuevo futuro para el ahorro de la energía residencial. Este futuro implica mejoras en todos los sistemas e infraestructuras del hogar. Por lo que las infraestructuras pueden experimentar cambios dramáticos. Para esto se plantean soluciones como es la de investigación sobre los tipos de cargas utilizadas en aplicaciones residenciales y la caracterización de las cargas del material que está compuesto. En [6], se plantea la comparación de diferentes formas de consumo de la energía eléctrica en dos regiones de México mostrando la importancia de caracterizar las curvas de los artefactos de alto consumo en el hogar para contribuir con el ahorro de energía y proponiendo algoritmos implementados en los sistemas de control que permiten reducir el consumo de energía en el hogar.

Estos datos obtenidos forman parte de los lineamientos de Home Area Networks de Smart Grid, del proyecto “Planeación y Optimización para redes de última generación que dan soporte a infraestructuras de comunicación para SMART GRID’s orientado hacia la implementación de tecnología SG-Mobile Communications & Optical Network (FiWi)”.

## **1.2 Justificación**

Hoy en día los avances tecnológicos y las mejoras continuas en domótica buscan facilitar la vida diaria en cada uno de los hogares. La domótica se caracteriza por automatizar todas las actividades que se realizan en el hogar y aporta seguridad, comunicación y ahorro energético.

También se asocia con todos los ámbitos de las telecomunicaciones, gracias al desarrollo del internet se ha incrementado la capacidad para crear información, almacenarla, transmitirla, recibirla y procesarla, lo que ha permitido comunicarnos con mayor facilidad [7].

Uno de los puntos más importantes que se centra la domótica es el ahorro energético debido a que administra racionalmente el funcionamiento de las instalaciones, programándolas en función de factores como la temperatura ambiental, horas del día, la presencia o ausencia de personas, las tarifas energéticas, horarios, electrodomésticos conectados a la red, etc [8].

Respecto a los electrodomésticos, la domótica se encarga de programar su funcionamiento en horarios en donde el consumo de energía es menor y puede desconectar los circuitos eléctricos no prioritarios [9]. Además existen enchufes inteligentes que monitorean el consumo de los aparatos conectados y el momento que se desconectan o apagan el consumo se reduce significativamente, estos aparatos quedan sin suministro eléctrico, con lo que también acaban con el consumo fantasma. Estos sistemas pueden ser programados para no quitar la energía de ciertos aparatos puntuales que deben tener suministro de energía continuo [10].

## **1.3 Beneficiarios**

El resultado del presente trabajo tiene como beneficiarios los investigadores del “Grupo de Investigación en Telecomunicaciones y Telemática” de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, a través

de proyecto de investigación: Planeación y Optimización para redes de última generación que dan soporte a infraestructuras de comunicación para SMART GRID's orientado hacia la implementación de tecnología SG-Mobile Communications & Optical Network (FiWi), dirigido por el Ing. Arturo Peralta. Otros beneficiarios son los diseñadores de aplicaciones domóticas, quienes pueden implementar estas caracterizaciones en algoritmos de sistemas de control que contribuyan al ahorro de energía del hogar.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Caracterizar las curvas de las cargas de alto consumo en un hogar típico de la ciudad de Cuenca.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar las curvas de carga de artefactos como: lavadora eléctrica, secadora eléctrica y cocina de inducción, aparatos de alto consumo existentes en el hogar.
- Obtener datos de consumo de carga.
- Procesar y analizar los datos obtenidos en las mediciones.
- Generar las curvas de carga de los aparatos mencionados.

**CAPÍTULO II**  
**ELECTRODOMÉSTICOS**  
**DE ALTO CONSUMO**  
**ELÉCTRICO EN EL**  
**HOGAR**

## 2. CARGAS DE ALTO CONSUMO ELECTRICO

El comportamiento de las cargas eléctricas en el hogar depende de factores como: el tiempo de trabajo, las condiciones técnicas, la marca del equipo y las condiciones de uso. Las cocinas de inducción son las cargas de más alto consumo en la matriz energética del hogar [3], seguidos de la lavadora y secadora eléctrica.

### 2.1 Cocina de Inducción

Es un electrodoméstico capaz de cocer alimentos por medio de la generación de calor. Se da mediante la generación de un campo electromagnético en el recipiente de cocción [11].

#### 2.1.1 Funcionamiento

El funcionamiento del calentamiento por inducción se indica en la Ilustración 1, se da al circular una corriente alterna por un conductor, alrededor del mismo se produce un campo magnético variable [12].

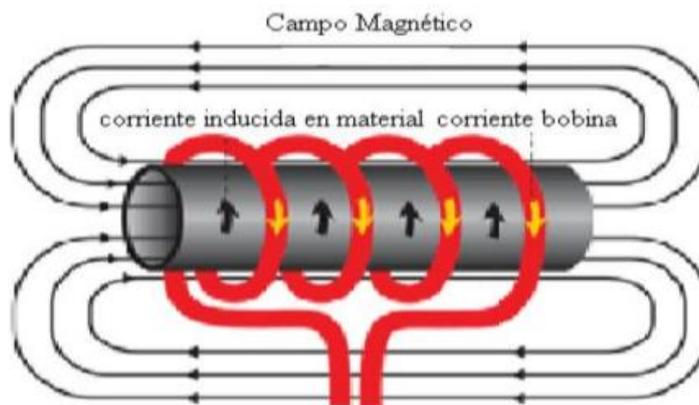


Ilustración 1 Principio de calentamiento por inducción [13].

La estructura de una placa de cocción convencional de calentamiento por inducción se presenta en la Ilustración 2, la misma que utiliza un inductor espiral para crear un campo magnético variable que genera corrientes de Foucault en la base de la olla para calentarla [14]; Vidrio vitrocerámica sirve de apoyo a la sartén, y algunas ferritas y láminas de aluminio se colocan debajo del inductor para mejorar el acoplamiento entre el inductor y la olla y proteger los componentes electrónicos [14].



Ilustración 2 Estructura de una cocina por inducción [15].

Además posee un Sistema de Fuerza y Control de la electrónica, que se colocan debajo de los inductores, generan y controlan las corrientes de media frecuencia, es decir, 20 a 100 kHz, requeridos por el inductor. Por último, el bloque de inversión [14] - [15], que es la parte principal del sistema, suministra el inductor con las potencias de salida, por lo general hasta 4 kW.

## 2.2 Lavadora Eléctrica

Es un electrodoméstico electromecánico usado para lavar ropa. Algunas de sus características más importantes son: el consumo de energía, ahorro de agua, niveles de vibración y ruido [16].

### 2.2.1 Funcionamiento

Su funcionamiento básico consiste en activar un motor que mezcla en un tambor giratorio, el agua, la ropa y los detergentes. En la Ilustración 3 se observa las partes internas que permiten el funcionamiento de la lavadora.

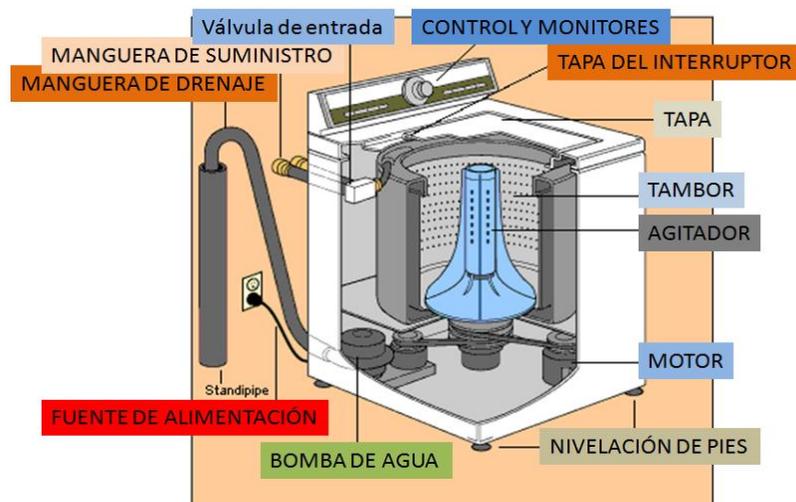


Ilustración 3 Estructura de una lavadora eléctrica [17].

Un motor eléctrico es el encargado de girar el tambor, un conmutador controla la entrada de energía que recibe este motor, este conmutador es controlado por un microprocesador, el cual guarda las distintas opciones de lavado [16].

El momento en que el motor se activa, se producen una serie de contactos entre el motor, el microprocesador, válvulas de entrada y salida de agua con lo que desarrolla las etapas de lavado [16].

### 2.2.2 Ciclo de Lavado

En la Ilustración 4 se presenta un ciclo de lavado que cuenta con tres fases principales:

- **Lavado:** Existe aporte de agua y calor.
- **Aclarado:** Existe aporte de agua.
- **Centrifugado.**

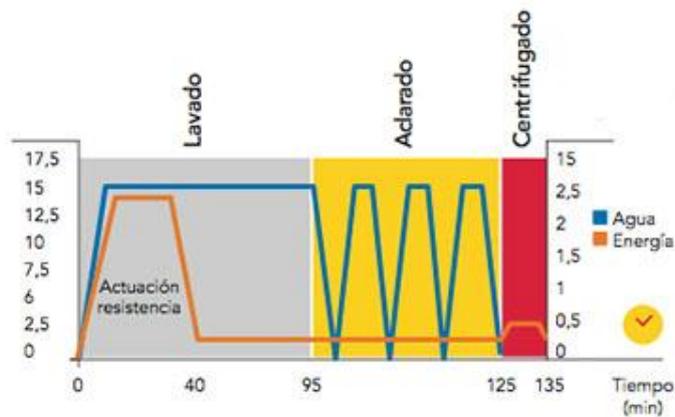


Ilustración 4 Ciclo de Lavado [4].

El mayor consumo de energía se realiza en el ciclo de lavado, donde actúan las resistencias eléctricas que por el efecto Joule calientan el agua. La energía consumida depende del ciclo de temperatura seleccionada, de la temperatura que se encuentra el agua y la cantidad de agua aportada [4].

## 2.3 Secadora Eléctrica

Es un electrodoméstico que se utiliza para secar ropa después de su lavado [18].

### 2.3.1 Funcionamiento

Su funcionamiento básico consiste en introducir aire caliente de una manera forzada dentro del tambor giratorio de capacidad variable, en el cual la ropa húmeda va dando vueltas lentamente [18].

El tambor debe ser inoxidable, esmaltado, etc. En algunos casos las tuberías del aire caliente giran a la vez que el tambor gira y en otros las tuberías son fijas y solo gira la ropa [18].

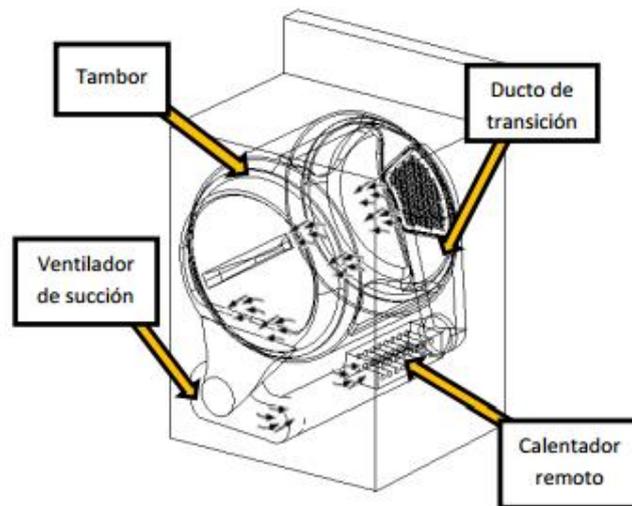


Ilustración 5 Estructura de una Secadora Eléctrica [18].

# **CAPÍTULO III**

## **HERRAMIENTAS Y SOFTWARES**

### 3. HERRAMIENTAS Y SOFTWARES

#### 3.1 Power Quality Analyzer

El analizador de calidad de energía, es un equipo que permite medir todos los parámetros del sistema de alimentación de energía: tensión, corriente, frecuencia, potencia, consumo, asimetría y modificaciones rápidas de tensión [19].

##### 3.1.1 Power Quality Analyzer (Fluke 434/435)

Este aparato de medida como se indica en la Ilustración 6, está equipado de cuatro canales que permite medir simultáneamente la tensión y la corriente en las tres fases y en el conductor neutro. Además posee un software que viene incluido el cual permite guardar los datos de medición y transmitirlos a un PC [19].



Ilustración 6 Power Quality Analyzer (Fluke 434/435 [20]).

##### 3.1.1.1 Características

Permite la solución de problemas, con la visualización en la pantalla de las tendencias y eventos capturados, mientras la grabación de fondo continúa [20].

Algunas características técnicas son [19]:

- **Tensión:** 5 V – 1400 V
- **Corriente:** 0,5 A – 400 A
- **Frecuencia:** 42,5 – 57,5 Hz
- **Factor de cresta:** 1,0 – 10,0
- **Potencia VAR:** 1,0 VAR – 20 MVA

- **Cos  $\varphi$ :** 0 – 1,00
- Probado con 100 V CAT III
- Probado con 600 V CAT IV

El analizador ofrece además un conjunto potente y completo de medidas para comprobar sistemas de distribución eléctrica. Algunos proporcionan una impresión general del rendimiento del sistema de alimentación eléctrica. Otros se utilizan para investigar detalles específicos [21].

### 3.1.1.2 Forma de Conexión

El analizador de calidad de energía cuenta con 4 entradas BNC para pinzas amperimétricas y 5 entradas tipo banana para tensiones. En la Ilustración 7 se indica la forma de conexión del analizador.

Primero, conectar las pinzas amperimétricas y colocar alrededor de los conductores de fase L1 (A), L2 (B), L3 (C) y N (neutro). Las pinzas tienen una señal marcada con una flecha la cual indica la polaridad de la señal [22].

Comprobar que las pinzas amperimétricas están firmemente fijadas y completamente cerradas alrededor de los conductores [22].

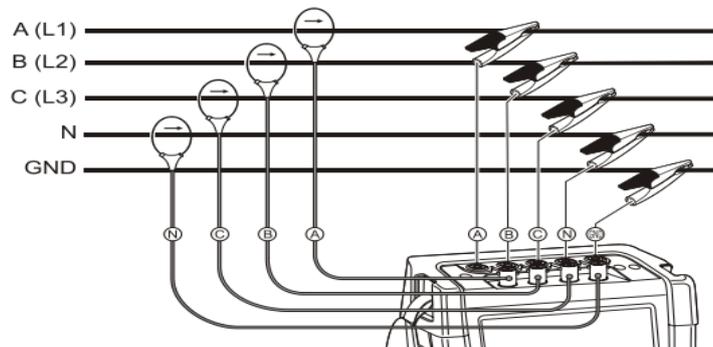


Ilustración 7 Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico [22].

A continuación, se realiza las conexiones de tensión: se comienza por la conexión a tierra y, después, en sucesión N, L1 (A), L2 (B) y L3 (C). Para obtener resultados de medida correctos, conecte siempre la entrada de conexión a tierra [22].

Para medidas monofásicas, se debe utilizar la entrada de corriente L1 (A) y las entradas de tensión de conexión a tierra, N (neutro) y fase L1 (A).

Antes de realizar medidas, configure el analizador según la tensión de línea, la frecuencia y la configuración del cableado del sistema de alimentación que desee medir [22].

### 3.1.2 Power Quality Analyzer (Fluke 1735)

El analizador de calidad de energía Fluke 1735 es un medidor de potencia que permite realizar estudios de la energía eléctrica y registros de datos básicos de la calidad eléctrica, además es capaz de medir la mayoría de los parámetros de energías eléctricas y armónicas, y de capturar eventos de tensión [23].

#### 3.1.2.1 Características

Algunas características técnicas son [24]:

- Registro de la energía eléctrica y de los parámetros correspondientes de hasta 45 días.
- Comprobaciones de consumo de energía.
- Medida de la distorsión de armónicos producidos por cargas electrónicas.
- Medida de las tres fases y el neutro gracias a las cuatro sondas flexibles incluidas.
- Visualización de gráficos y generación de informes gracias al software PowerLog.

#### 3.1.2.2 Forma de Conexión

La forma de conexión es la misma que el Fluke 434/435, primero se conecta las pinzas amperimétricas y a continuación las sondas de tensión, como se indica en la Ilustración 8.

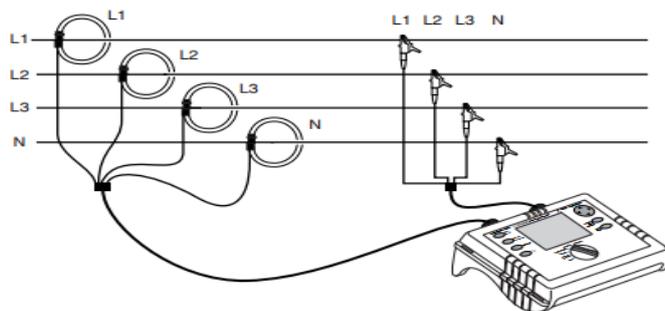


Ilustración 8 Conexión del analizador a una red trifásica [25].

### **3.1.3 Power Log**

Power Log es el software de PC para los Fluke 345, 433, 434, 434-II, 435, 435-II, 437-II, VR1710 y 1735. El Software acepta los datos que se descargan del instrumento [26].

Después se puede transferir los datos registrados en el instrumento a un PC para su evaluación tabular y gráfica, los datos se pueden exportar para generar e imprimir reportes. Además se puede utilizar los datos guardados [26].

Para la conexión con el modelo Fluke 1735, se debe encender el instrumento, luego conectar el cable serie/USB al instrumento y posterior al puerto serie/USB de la PC con el cable serie/USB proporcionado [26].

## **3.2 Matlab 2013b**

MATLAB es la abreviatura de las siglas en ingles de MATrix LABoratory o "laboratorio de matrices"; es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M) combina computación numérica, gráficos 2D y 3D, manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, implementación de redes neurales, toolbox de redes neuronales [27].

## **3.3 Redes de Backpropagation**

El algoritmo de Backpropagation es una generalización del algoritmo de mínimos cuadrados en donde se realizan la actualización de pesos y ganancias con base en el error medio cuadrático. Esta red trabaja bajo aprendizaje supervisado, por tanto necesita de un conjunto de patrones de entrenamiento que le describa cada salida y su valor de salida esperado [28].

Como se indica en la Ilustración 9, es posible observar que cada neurona está formada por dos unidades, la primera suma los productos de las entradas por sus respectivos pesos, la segunda posee la función de activación.

La señal  $e$  corresponde a la salida de la suma y  $y = f(e)$  es la señal de salida del elemento no lineal de la función de activación, así como la salida de la neurona [28].

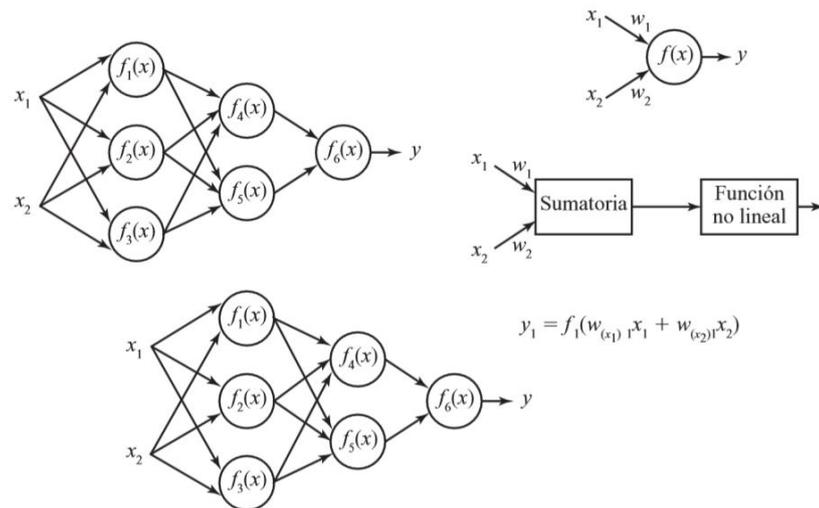


Ilustración 9 Red de dos capas [28].

Para “enseñarle” a la red neural se debe entrenar un conjunto de datos o patrones, que consiste en señales de entradas  $x_1$  y  $x_2$  asignadas con salidas deseadas denominados  $z$  [28].

El entrenamiento es un proceso iterativo donde:

- En cada iteración los pesos de las entradas se modifican usando nuevos datos del conjunto para el entrenamiento.
- Las modificaciones de los pesos se calculan empleando el algoritmo de retropropagación del error.
- Cada iteración comienza a forzar ambas entradas de salida del conjunto de entrenamiento.
- Después es posible determinar los valores de salida de las señales de cada neurona en cada capa de la red.
- La salida de la red se compara con el valor deseado. La diferencia se denomina error de la señal ( $e$ ).

No se puede conocer el error en las neuronas de las capas internas directamente, debido a que los valores de salida de estas neuronas son desconocidos. El algoritmo de backpropagation propaga el error de regreso a todas las neuronas, cuya salida fue la entrada de la última neurona; como se indica en la Ilustración 10.

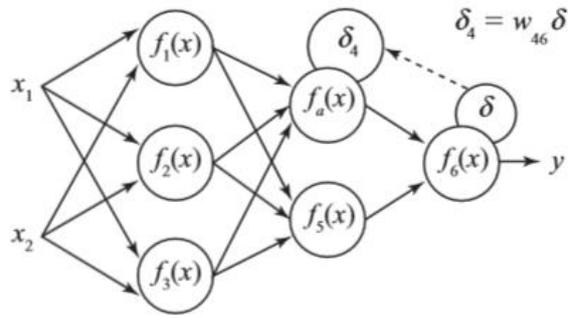


Ilustración 10 Retropropagación del error, capa de entrada, salida y ocultas.

El error se va propagando a las neuronas de capas anteriores considerando los pesos de las conexiones, como se indica en la Ilustración 11.

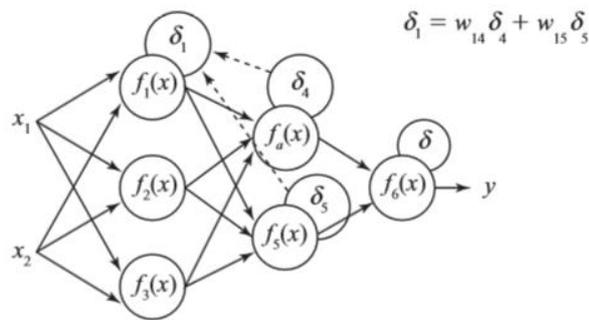


Ilustración 11 Retropropagación del error en capas intermedias [28].

Como se indica en la Ilustración 12, cuando se calcula el error para cada neurona, los pesos de entrada pueden modificarse. Los coeficientes  $\eta$  afectan la velocidad de aprendizaje y pueden seleccionarse por distintos métodos. Un método implica que al inicio del proceso de entrenamiento se elige un valor grande, y como conforme avanza el entrenamiento va descendiendo el valor.

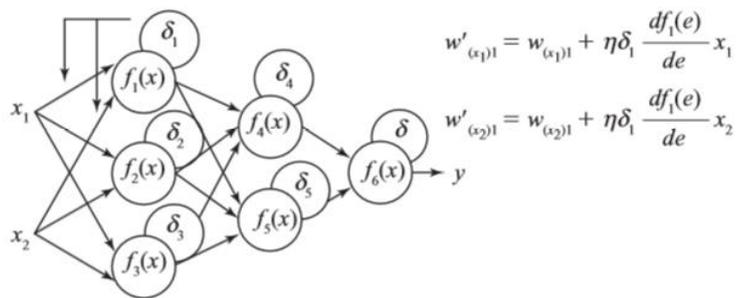


Ilustración 12 Actualización de los pesos [28].

Un segundo método inicia con valores pequeños que aumentan a medida que el proceso avanza y nuevamente disminuye en la etapa final, esto permite establecer los signos de los pesos [28].

### 3.4 Análisis de Componentes Principales

El principal objetivo del análisis de componentes principales es reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos con múltiples variables, en donde se aplica una sucesión de transformaciones lineales a las variables, de forma que un subconjunto de ellas concentre la mayor parte de la variabilidad contenida en las variables originales [29].

Se tiene un vector aleatorio de dimensión  $p$   $\bar{x} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]'$ , y su vector de medias es  $\bar{u}$  y su matriz de varianzas covarianzas es  $\Sigma$  [29].

Sea  $y_1$  la variable aleatoria definida por la fórmula:

$$y_1 = \bar{\gamma}_1'(\bar{x} - \bar{u}) \quad (1)$$

Donde  $\bar{\gamma}_1$  es un vector constante tal que la varianza de  $y_1$  sea máxima, sujeto a la condición de que la norma  $\|\bar{\gamma}_1\|$  de  $\bar{\gamma}_1$  es 1.

Es decir,

$$Var(y_1) = \max_{\bar{\gamma}} \{var[\bar{\gamma}'(\bar{x} - \bar{u})]\} \quad (2)$$

Sujeto a la condición  $\|\bar{\gamma}_1\| = 1$ .

Pero,

$$var[\bar{\gamma}'(\bar{x} - \bar{u})] = \bar{\gamma}' var(\bar{x} - \bar{u}) \bar{\gamma} = \bar{\gamma}' \Sigma \bar{\gamma} \quad y \quad \|\bar{\gamma}_1\| = \bar{\gamma}' \bar{\gamma} \quad (3)$$

Luego, equivalentemente,  $\bar{\gamma}_1$  se obtiene resolviendo el problema:

- Maximizar  $\bar{\gamma}' \Sigma \bar{\gamma}$  con respecto de  $\bar{\gamma}$  sujeto a la condición  $\bar{\gamma}' \bar{\gamma} = 1$ .
- Por multiplicadores de lagrange, esto se logra minimizando la función

$$\psi(\bar{\gamma}, \lambda) = \bar{\gamma}' \Sigma \bar{\gamma} - \lambda (\bar{\gamma}' \bar{\gamma} - 1) \quad (4)$$

Esta es una función polinómica, luego se deriva con respecto de  $\bar{\gamma}$  y  $\lambda$ , se igualan a cero las derivadas, y se resuelve es sistema resultante para obtener el mínimo:

1.  $\frac{\partial y}{\partial x} = 2 \Sigma \bar{y} - 2 \lambda \bar{y} = 0$   $p$  ecuaciones ( $p$  dimensión del vector aleatorio).
2.  $\frac{\partial y}{\partial x} = \bar{y}'\bar{y} - 1 = 0$  1 ecuación.

De la ecuación 1,  $\Sigma \bar{y} = \lambda \bar{y}$  significa que  $\lambda$  es un valor propio de  $\Sigma$  y su respectivo vector propio es  $\bar{y}$ , que está estandarizado a norma 1 [29].

La varianza resulta ser  $\bar{y}'\Sigma\bar{y} = \lambda \bar{y}'\bar{y} = \lambda$ , luego  $\bar{y}$  es el vector propio normalizado asociado al mayor valor propio  $\lambda_1$ , de  $\Sigma$ , y que se denomina  $\bar{y}'_1$ .

Recuerde que  $\Sigma$  es semidefinida positiva, luego todos sus valores propios son mayores o iguales a cero y por ser simétrica, sus vectores propios son ortogonales entre sí.

El vector aleatorio  $y_1 = \bar{y}'_1(\bar{x} - \bar{u})$  de la transformación (1) se denomina **Primera Componente Principal** de  $\bar{x}$  [29].

La segunda componente principal es la variable aleatoria  $y_2 = \bar{y}'_2(\bar{x} - \bar{u})$ , en que  $\bar{y}_2$  es el vector propio asociado al segundo valor propio  $\lambda_2$ , etc, hasta la  $p$ -ésima componente principal [29].

Las transformaciones  $y_i$  se pueden escribir todas juntas en forma condensada  $\bar{y} = \Gamma'(\bar{x} - \bar{u})$  en donde  $\bar{y}$  es el vector de componentes principales  $\bar{y} = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_p]'$  y  $\Gamma$  la matriz ortogonal  $p \times p$  tal que sus columnas son los vectores propios de  $\Sigma$ , en orden descendente de sus valores propios [29].

Observar que  $\Gamma$  es ortogonal, luego  $\Gamma\Gamma' = \Gamma'\Gamma = I$ . Lo cual significa que la transformación de componentes principales,  $\bar{y} = \bar{y}'(\bar{x} - \bar{u})$  consiste en un centrado del vector de observaciones, al restar  $\bar{u}$  para luego efectuar una rotación (la multiplicación de un vector por una matriz ortogonal corresponde a una rotación del vector en el espacio). Esta rotación busca “ver” el vector desde el punto en que aparece con mayor variabilidad, por lo tanto, más informativo [29].

También se observa que  $\Gamma$  y  $\Gamma'$  son matrices mutuamente inversas.

Entonces la transformación inversa, que convierte las componentes principales en las observaciones originales, es:

$$\bar{x} = \Gamma \bar{y} + \bar{u}$$

Pues que  $\Gamma$  y  $\Gamma'$  son matrices mutuamente inversas.

Los registros  $\gamma_{ij}$  de  $\Gamma$  se denominan cargas.

### Propiedades

1.  $E(y_i) = 0$
2.  $Var(y_i) = \lambda_i$   $i$  -ésimo valor propio de  $\Sigma$
3.  $Con(y_i, y_j) = 0$  para  $i \neq j$

Las propiedades 1, 2, 3 se pueden expresar en términos matriciales:

1.  $E(\bar{y}) = \bar{0}$
2. y 3.  $Var(\bar{y}) = \Lambda, con \Lambda = diag\{\lambda_1, \dots, \lambda_p\}$

También se puede agregar que la matriz de covarianzas entre  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  es

$$Con(\bar{x}, \bar{y}') = \Gamma \Lambda \quad (5)$$

Entonces la covarianzas entre la variable  $\bar{x}_i$  (la coordenada  $i$ -ésima de  $\bar{x}$ ) y la  $j$ -ésima componente principal está dada por  $\gamma_{ij} \lambda_j$

La matriz de correlaciones entre  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  está dada por  $D^{-\frac{1}{2}} \Gamma \Lambda^{\frac{1}{2}}$  en que

$$\Lambda^{\frac{1}{2}} = diag\{\sqrt{\lambda_1}, \sqrt{\lambda_2}, \dots, \sqrt{\lambda_p}\} \text{ y } D^{-\frac{1}{2}} = diag\left\{\frac{1}{\sqrt{\sigma_{11}}}, \frac{1}{\sqrt{\sigma_{22}}}, \dots, \frac{1}{\sqrt{\sigma_{pp}}}\right\} \quad (6)$$

Donde  $\sigma_{ii}$  es la varianza de la variable original  $x_i$ . Recordar que  $\lambda_j$  es la varianza de la  $j$ -ésima componente principal  $y_j$ .

Desarrollando la expresión matricial para la matriz de correlaciones obtenemos las correlaciones individuales [29]:

$$corr(x_i, y_j) = \gamma_{ij} \sqrt{\frac{\lambda_j}{\sigma_{ii}}} \quad (7)$$

**CAPÍTULO IV**  
**CARACTERIZACIÓN DE**  
**CURVAS DE LAS**  
**CARGAS DE ALTO**  
**CONSUMO**

## 4. CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO

### 4.1 Cocina de Inducción

#### 4.1.1 Cocina de Inducción ECASA

##### 4.1.1.1 Características

En la Tabla 2 se presenta características de la encimera de inducción ECASA.

Tabla 2 Características Cocina de Inducción Ecasa [30].

Característica	Descripción
Inductores	4
Inductores Dimensiones	1: 15 cm / 2: 15 cm 3: 15 cm / 4: 22 cm
Voltaje	220V
Potencia	2500 – 3500 W
Elaborado en	Vidrio cerámica
Funciones	Sistemas de seguridad Panel de Control Apagado Automático Quemadores Sleep Timer
Ancho	58 cm
Alto	5,1 cm
Profundidad	5,6 cm

##### 4.1.1.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 13.

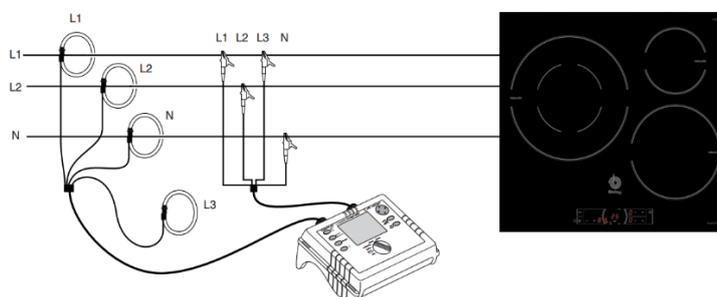


Ilustración 13 Esquema de conexión para obtención de datos cocina de inducción ECASA.

##### 4.1.1.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 13, se procede a configurar el equipo de medición Fluke 1735:

- Se ingresa al menú del registrador y luego en Tiempo Promedio se selecciona “1 segundo”, el cual será el tiempo de muestreo seleccionado.
- A continuación se ingresa al menú configuración del instrumento y luego en sondas de corriente, donde se verifica que las sondas están conectadas, luego en Rango de corriente seleccionamos “Media”.
- Posterior se ingresa al menú Red de Potencia y luego Topología de Red donde se selecciona “Fase Dividida”, debido a que se tiene dos fases en la topología de red del hogar.
- Finalmente con el selector giratorio seleccionamos la Función de Medición a usar “Harmónicos”. Y aplastamos el botón “Record Measure” para comenzar a registrar los datos.

Las características empleadas en la cocina de inducción para el registro de datos son los siguientes:

- El tiempo de funcionamiento es de 40 minutos para cada prueba.
- La Cocina de inducción no funciona si no contiene por lo menos una olla, por lo que no se realizaron pruebas en vacío.
- Para obtener una curva característica se realizaron mediciones con la Cocina funcionando al 100% y al 50% de su capacidad.

Los datos obtenidos en el Fluke 1735 se descargan en el PC para proceder al análisis y la caracterización de las curvas.

- Los datos se descargan mediante el programa Power Log, el cual nos permite exportar a una hoja de Excel para poder ser analizado con el software de Matlab 2013b.

En la Tabla 3 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la cocina de inducción ECASA.

Tabla 3 Pruebas realizadas en Cocina de Inducción Ecasa.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>
Número Pruebas	10	10
Número Horas	10	10
Número de muestras por cada prueba	2500	2500

A continuación para obtener la curva característica se utiliza los datos de corriente obtenidos en cada prueba, con los cuales se obtiene una curva promedio que representa el funcionamiento de este electrodoméstico, las gráficas obtenidas se indican en el análisis de resultados. Para validar este proceso se usa el método de componentes principales, donde se ingresa una matriz con distintas variables de medición como son: voltaje, corriente, THD, armónicos de corriente y voltaje y a su vez nos regresa una matriz de menor tamaño que contiene valores comunes que representan a las variables antes mencionadas. Obtenidas estas matrices se correlacionan para obtener que tan similares son entre cada electrodoméstico, como se indica en la Tabla 18.

#### 4.1.2 Cocina de Inducción ECOGAS

##### 4.1.2.1 Características

En la Tabla 4 se presenta características de la cocina de inducción ECOGAS ELECKTRA.

Tabla 4 Características Cocina de Inducción Ecogas Elektra [31].

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Inductores	4
Tipo de Conexión	Bifásica (2 fases + GND)
Voltaje	208 – 240 V
Potencia	7100 W
Frecuencia	50 - 60 Hz
Tipo de artefacto	Cocina 24” Inducción
Ancho	60 cm
Alto	91 cm
Profundidad	58 cm

##### 4.1.2.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 14.

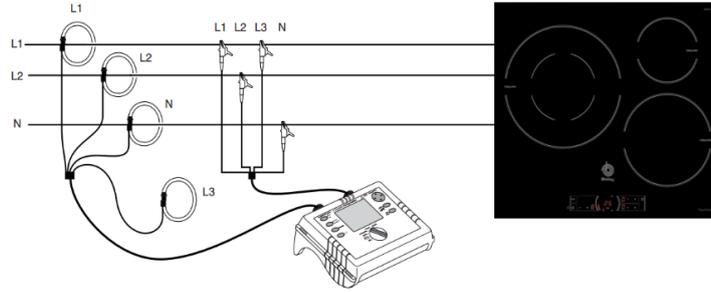


Ilustración 14 Esquema de conexión para obtención de datos cocina de inducción ECOGAS.

#### 4.1.2.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 14, se usa la misma configuración de la cocina de inducción ECASA en el equipo de medición Fluke 1735.

Las características empleadas en la cocina de inducción para el registro de datos son los siguientes:

- El tiempo de funcionamiento es de 40 minutos para cada prueba.
- Para obtener una curva característica se realizaron mediciones con la Cocina funcionando al 100% y al 50% de su capacidad.

En la Tabla 5 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la cocina de inducción ECOGAS.

Tabla 5 Pruebas realizadas en Cocina de Inducción Ecogas.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>
Número Pruebas	10	10
Número Horas	10	10
Número de muestras por cada prueba	2500	2500

En la Tabla 18, se observan los datos obtenidos en la validación por el método de componentes principales para la obtención de la curva característica.

### 4.1.3 Cocina de Inducción HAILER

#### 4.1.3.1 Características

En la Tabla 6 se presenta características de la cocina de inducción HAIER.

Tabla 6 Características Cocina de Inducción HAIER [32].

Característica	Descripción
Inductores	4
Tipo de Conexión	Bifásica (2 fases + GND)
Voltaje	220 V
Potencia	3500 W
Frecuencia	60 Hz
Ancho	60 cm
Alto	91 cm
Profundidad	58 cm

#### 4.1.3.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 15.

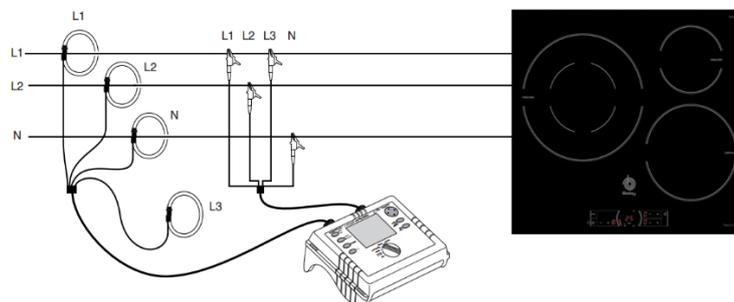


Ilustración 15 Esquema de conexión para obtención de datos cocina de inducción HAIER.

#### 4.1.3.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 15, se usa la misma configuración de la cocina de inducción ECASA en el equipo de medición Fluke 1735.

Las características empleadas en la cocina de inducción para el registro de datos son los siguientes:

- El tiempo de funcionamiento es de 40 minutos para cada prueba.

- Para obtener una curva característica se realizaron mediciones con la Cocina funcionando al 100% y al 50% de su capacidad.

En la Tabla 7 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la cocina de inducción HAIER.

Tabla 7 Pruebas realizadas en Cocina de Inducción Haier.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>
Número Pruebas	10	10
Número Horas	10	10
Número de muestras por cada prueba	2500	2500

En la Tabla 18, se observan los datos obtenidos en la validación por el método de componentes principales para la obtención de la curva característica.

## 4.2 Lavadora Eléctrica

### 4.2.1 Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444

#### 4.2.1.1 Características

En la Tabla 8 se presenta características técnicas de la lavadora eléctrica Whirlpool WLA8444.

Tabla 8 Características Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 [33].

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Modelo	WLA8444
Potencia Nominal	480 W
Frecuencia de Operación	60 Hz
Tensión de Alimentación	127 V
Consumo de Corriente	8 A
Máxima presión de Agua de alimentación permisible	413 kPa
Mínima presión de Agua de alimentación permisible	35 kPa
Capacidad Máxima (ropa seca)	9 Kg
Altura	108 cm
Ancho	61 cm
Profundidad	64,5 cm

### 4.2.1.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 16.

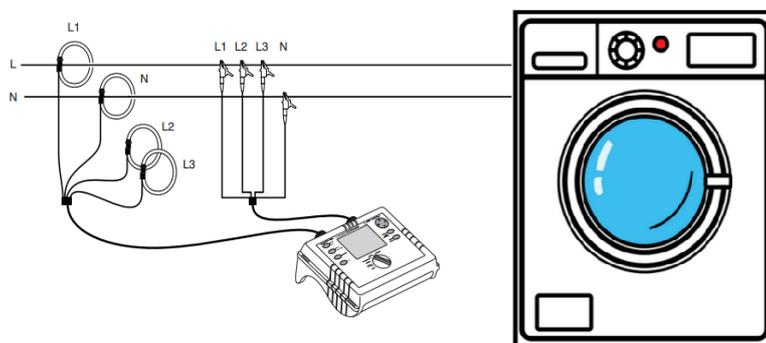


Ilustración 16 Esquema de conexión para obtención de datos de Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444.

### 4.2.1.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 16, se procede a configurar el equipo de medición Fluke 1735:

- Se usa la misma configuración del “Tiempo Promedio, Sondas de Corriente, Rango de Corriente” que en la cocina de inducción.
- Posterior se ingresa al menú Red de Potencia y luego Topología de Red donde se selecciona “Fase Única”, debido a que se tiene solo una fase en la topología de red del hogar.
- Finalmente con el selector giratorio seleccionamos la Función de Medición a usar “Harmónicos”. Y aplastamos el botón “Record Measure” para comenzar a registrar los datos.

Las características empleadas en la Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 para el registro de datos son los siguientes:

- El ciclo de lavado usado para las mediciones es el “NORMAL” que representa un tiempo de 45 minutos.
- Se realizó mediciones a full, media y baja capacidad de carga para obtener la curva característica.

Los datos obtenidos en el Fluke 1735 se descargan en el PC para proceder al análisis y la caracterización de las curvas.

En la Tabla 9 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la lavadora eléctrica Whirlpool WLA8444.

Tabla 9 Pruebas realizadas en lavadora eléctrica Whirlpool WLA8444.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>	<b>Funcionamiento 0%</b>
Número Pruebas	10	10	10
Número Horas	10	10	10
Número de muestras por cada prueba	2700	2700	2700

- Al igual que la cocina de inducción se exporta los datos a una hoja de Excel para poder ser analizado con el software de Matlab 2013b.

En la Tabla 18, se observan los datos obtenidos en la validación por el método de componentes principales para la obtención de la curva característica.

## 4.2.2 Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2

### 4.2.2.1 Características

En la Tabla 10 se presenta características técnicas de la lavadora eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2.

Tabla 10 Características Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 [34].

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Modelo	LSR7133PQ2
Potencia Nominal	680 W
Frecuencia de Operación	60 Hz
Tensión de Alimentación	127 V
Consumo de Corriente	10 A
Capacidad Máxima (ropa seca)	11 Kg
Altura	110 cm
Ancho	69 cm
Profundidad	67 cm

#### 4.2.2.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 17.

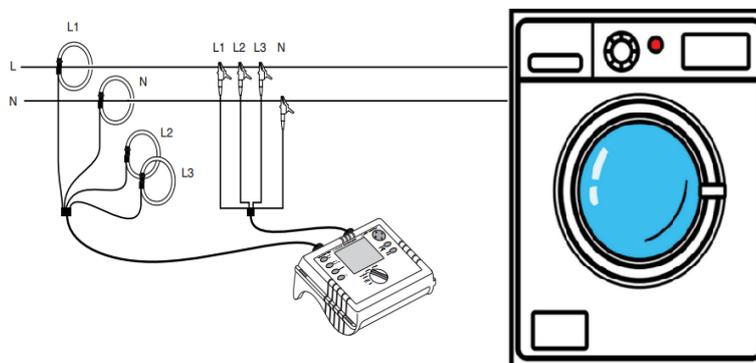


Ilustración 17 Esquema de conexión para obtención de datos de Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2.

#### 4.2.2.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 17, se usa la misma configuración de la lavadora Whirlpool WLA8444 en el equipo de medición Fluke 1735.

Las características empleadas en la Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 para el registro de datos son los siguientes:

- El ciclo de lavado usado para las mediciones es el “NORMAL” que representa un tiempo de 45 minutos.
- Se realizó mediciones a full, media y baja capacidad de carga para obtener la curva característica.

En la Tabla 11 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la lavadora eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2.

Tabla 11 Pruebas realizadas en lavadora eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>	<b>Funcionamiento 0%</b>
Número Pruebas	10	10	10
Número Horas	10	10	10
Número de muestras por cada prueba	2700	2700	2700

En la Tabla 18, se observan los datos obtenidos en la validación por el método de componentes principales para la obtención de la curva característica.

### 4.3 Secadora Eléctrica

#### 4.3.1 Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM

##### 4.3.1.1 Características

En la Tabla 12 se presenta características técnicas de la secadora eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM.

Tabla 12 Características Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM [35].

Característica	Descripción
Modelo	7MWED1600BM
Capacidad de secado (Libras)	33
Acceso de la carga	Frontal
Ciclos de secado	14
Fuente de energía	Eléctrica
Niveles de temperatura	4
Panel de control	Manual (perillas)
Filtro atrapapelusa	Sí
Voltaje	120 V
Altura	73.5 cm
Ancho	73.5 cm
Profundidad	70.5 cm

##### 4.3.1.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 18.

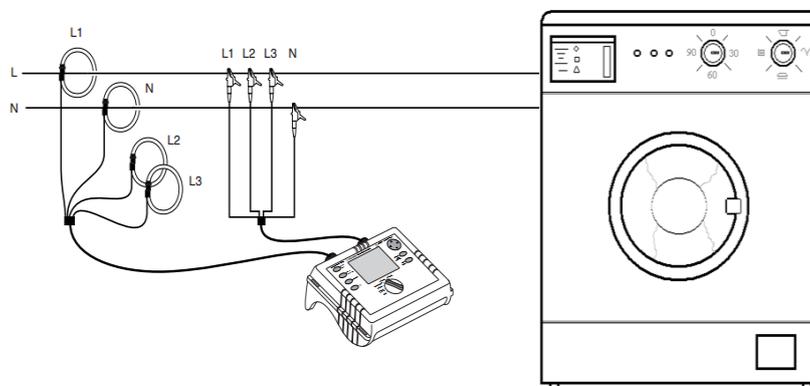


Ilustración 18 Esquema de conexión para obtención de datos de la secadora Whirlpool 7MWED1600BM.

### 4.3.1.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 18, se usa la misma configuración de la lavadora Whirlpool WLA8444 en el equipo de medición Fluke 1735.

Las características empleadas en la Secadora Eléctrica para el registro de datos son los siguientes:

- El ciclo de Secado usado para las mediciones es el “NORMAL” que representa un tiempo de 45 minutos.
- Se realizó mediciones a full, media y baja capacidad de carga para obtener la curva característica.
- La secadora usada es eléctrica y no combinada a gas como se usa en la mayor parte de los hogares del Ecuador.

En la Tabla 13 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la secadora eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM.

Tabla 13 Pruebas realizadas en Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>	<b>Funcionamiento 0%</b>
Número Pruebas	10	10	10
Número Horas	10	10	10
Número de muestras por cada prueba	2700	2700	2700

En la Tabla 18, se observan los datos obtenidos en la validación por el método de componentes principales para la obtención de la curva característica.

## 4.3.2 Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0

### 4.3.2.1 Características

En la Tabla 14 se presenta características técnicas de la secadora eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0.

Tabla 14 Características Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 [36].

Característica	Descripción
Modelo	3LTE5243BN0
Capacidad de secado (Libras)	22
Acceso de la carga	Frontal
Ciclos de secado	10
Fuente de energía	Eléctrica
Voltaje	220 V
Panel de control	Manual (perillas)
Filtro atrapelusa	Sí
Corriente	15 A
Altura	182.2 cm
Ancho	69.2 cm
Profundidad	54.1 cm

### 4.3.2.2 Esquema de conexión

Para la obtención de los datos se usó el esquema de conexión que se indica en la Ilustración 19.

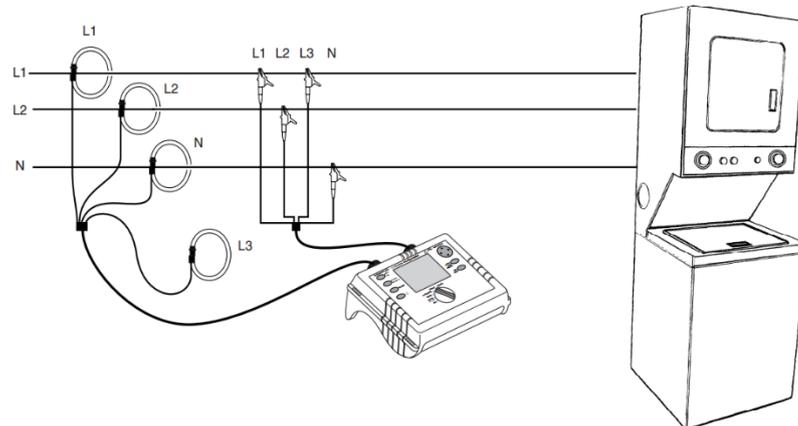


Ilustración 19 Esquema de conexión para obtención de datos de la secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0.

### 4.3.2.3 Procedimiento

Realizada la conexión como se indica en la Ilustración 18, se usa la misma configuración de la cocina de inducción ECASA en el equipo de medición Fluke 1735.

Las características empleadas en la Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 para el registro de datos son los siguientes:

- El ciclo de Secado usado para las mediciones es el “NORMAL” que representa un tiempo de 45 minutos.
- Se realizó mediciones a full, media y baja capacidad de carga para obtener la curva característica.
- La secadora usada es eléctrica y no combinada a gas como se usa en la mayor parte de los hogares del Ecuador.

En la Tabla 15 se indica el número de pruebas realizadas, número de muestras obtenidas y el número de horas empleadas por cada ciclo de funcionamiento de la secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0.

Tabla 15 Pruebas realizadas en Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0.

	<b>Funcionamiento 100%</b>	<b>Funcionamiento 50%</b>	<b>Funcionamiento 0%</b>
Número Pruebas	10	10	10
Número Horas	10	10	10
Número de muestras por cada prueba	2700	2700	2700

En la Tabla 18, se observan los datos obtenidos en la validación por el método de componentes principales para la obtención de la curva característica.

# **CAPÍTULO V**

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Para obtener una curva característica que represente a cada electrodoméstico se realizó un programa en el software de matlab 2013b el cual se presenta en ANEXO A, en donde para la caracterización se aplicó la Eq. (6), la cual utiliza los datos de corriente de las mediciones realizadas:

$$P_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{ij} \quad (6) \quad C_{ij} = \begin{bmatrix} C_{1j} \\ C_{2j} \\ C_{nj} \end{bmatrix}$$

Donde

- $C_{ij}$  representa una matriz y cada fila contiene una medición.
- $P_j$  representa el promedio punto a punto, es decir la suma de todas las ondas y la división para el número de ondas. A la salida devuelve un vector P con el promedio de todas las ondas.
- $N$  es el número de mediciones.

El número de muestras analizadas en cada curva característica representa el ciclo de funcionamiento de cada electrodoméstico que es de alrededor de unos 50 minutos. Se realizó pruebas en vacío para observar el comportamiento de cada electrodoméstico y observar si el funcionamiento o las curvas características varían estando al 0% de su capacidad. Cada curva obtenida tiene diferencias marcadas que permite caracterizar a cada electrodoméstico, existen similitudes entre electrodomésticos que tienen la misma finalidad pero son de distintos modelos, lo que nos indica que la curva obtenida es una curva característica que representa a cada uno de estos electrodomésticos estudiados.

Se usa la correlación de imágenes entre las curvas promedio características de cada electrodoméstico, como comprobación de que no existe similitud entre curvas que representan a un electrodoméstico definido como se indica en la Tabla 16, si la correlación es igual a 1 las curvas son similares siendo lo contrario para representar a cada electrodoméstico.

Tabla 16 Correlación entre Curvas características promedio usando datos de corriente.

Correlación		Cocina de Inducción (Ecogas)		Lavadora Eléctrica (Whirlpool LSR7133PQ2)			Secadora Eléctrica (Whirlpool Thin Twin)		
		100%	50%	100%	50%	0%	100%	50%	0%
Cocina de Inducción (Ecasa)	100%	<b>0.991</b>	0.991	0.290	0.265	0.209	0.068	0.061	0.047
	50%	0.981	<b>0.992</b>	0.294	0.269	0.214	0.079	0.057	0.053
Lavadora Eléctrica (Whirlpool WLA8444)	100%	0.387	0.398	<b>0.713</b>	0.630	0.549	0.058	0.007	0.016
	50%	0.393	0.399	0.665	<b>0.768</b>	0.529	0.065	0.031	0.022
	0%	0.346	0.363	0.637	0.596	<b>0.784</b>	0.085	0.028	0.101
Secadora Eléctrica (Whirlpool 7MWED1600BM)	100%	0.041	0.059	0.058	0.075	0.012	<b>0.996</b>	0.242	0.312
	50%	0.061	0.054	0.031	0.053	0.160	0.237	<b>0.960</b>	0.346
	0%	0.035	0.047	0.012	0.012	0.102	0.305	0.349	<b>0.974</b>

En la Tabla 17 se hace una comparación de pruebas realizadas en una cocina de inducción de fabricación china con las cocinas de fabricación nacional, con las cuales si se logró obtener una curva promedio. Se observa que no existe correlación cercana entre estas cocinas, esto se debe a que las cocinas de inducción de fabricación china no cumplen con los estándares establecidos para la elaboración de estas cocinas.

Tabla 17 Correlación entre Curvas Cocina de Inducción.

Correlación		Cocina de Inducción (Haier)	
		100%	50%
Cocina de Inducción (Ecasa)	100%	0.241	0.264
	50%	0.249	0.271
Cocina de Inducción (Ecogas)	100%	0.224	0.249
	50%	0.239	0.261

Como validación del proceso para obtener una curva característica mediante el promedio, se usa el método de componentes principales que nos permite relacionar distintas variables medidas de un electrodoméstico, variables como: voltaje, corriente, armónicos, THD de voltaje y corriente, de esta manera no se deja de lado información que puede representar a un electrodoméstico, con este método se obtiene una matriz común de menor tamaño con datos que representan a todas las variables mencionadas, se obtiene una matriz promedio de cada electrodoméstico y se correlaciona como se observa en la Tabla 18. Se aplicó la Eq. (5) para validar el proceso de caracterización de curvas por medio de componentes principales, el algoritmo usado se presenta en ANEXO B.

$$\text{corr}(x_i, y_j) = \gamma_{ij} \sqrt{\frac{\lambda_j}{\sigma_{ii}}} \quad (5)$$

Tabla 18 Correlación de electrodomésticos usando el método de componentes principales.

Correlación		Cocina de Inducción (Ecogas)		Lavadora Eléctrica (Whirlpool LSR7133PQ2)			Secadora Eléctrica (Whirlpool Thin Twin)		
		100%	50%	100%	50%	0%	100%	50%	0%
Cocina de Inducción (Ecasa)	100%	<b>0.705</b>	0.508	0.130	0.020	0.009	0.101	0.203	0.234
	50%	0.557	<b>0.740</b>	0.025	0.023	0.013	0.140	0.193	0.234
Lavadora Eléctrica (Whirlpool WLA8444)	100%	0.016	0.002	<b>0.754</b>	0.553	0.539	0.025	0.455	0.041
	50%	0.007	0.005	0.690	<b>0.716</b>	0.700	0.012	0.080	0.076
	0%	0.002	0.111	0.637	0.712	<b>0.718</b>	0.0461	0.050	0.057
Secadora Eléctrica (Whirlpool 7MWED1600BM)	100%	0.189	0.173	0.018	0.045	0.034	<b>0.646</b>	0.358	0.312
	50%	0.307	0.264	0.090	0.087	0.094	0.312	<b>0.685</b>	0.438
	0%	0.218	0.191	0.070	0.070	0.113	0.301	0.349	<b>0.692</b>

Obtenido las matrices promedios por el análisis de componentes principales (PCA), se procede a comparar con muestras individuales usando el mismo método.

En la Tabla 19 se indica las correlaciones obtenidas entre las gráficas de las cocinas de inducción usando el método de componentes principales.

Tabla 19 Correlación de muestras individuales cocinas de inducción usando el método de componentes principales.

Correlación		Cocina de Inducción (Ecogas)	
		100%	50%
Cocina de Inducción (Ecasa)	100%	<b>0.72</b>	0.62
	50%	0.61	<b>0.74</b>

En la Ilustración 20 y 21 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las cocinas de inducción funcionando al 100% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.72 como se observa en la Tabla 19, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

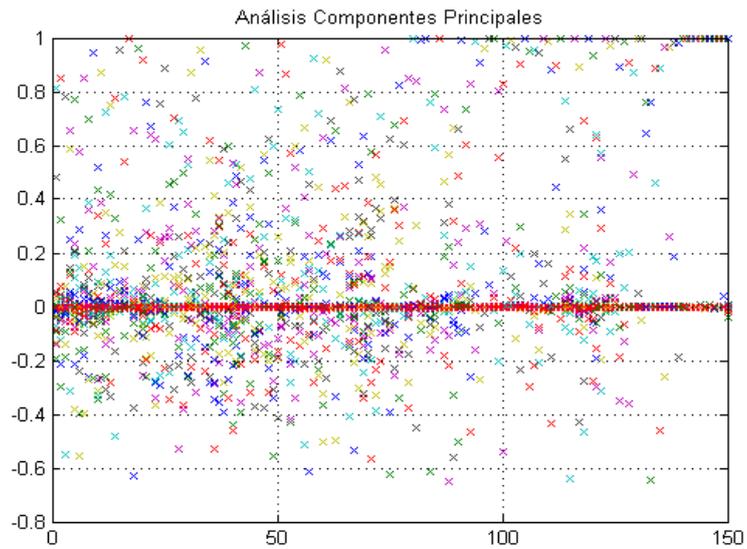


Ilustración 20 Análisis Componentes Principales, Cocina Ecasa funcionando al 100%.

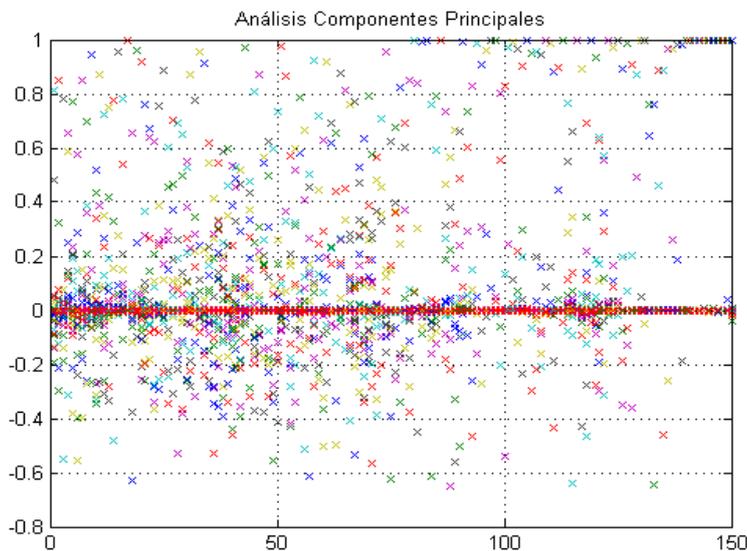


Ilustración 21 Análisis Componentes Principales, Cocina Ecogas funcionando al 100%.

En la Ilustración 22 y 23 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las cocinas de inducción funcionando al 50% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.74 como se observa en la Tabla 19, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

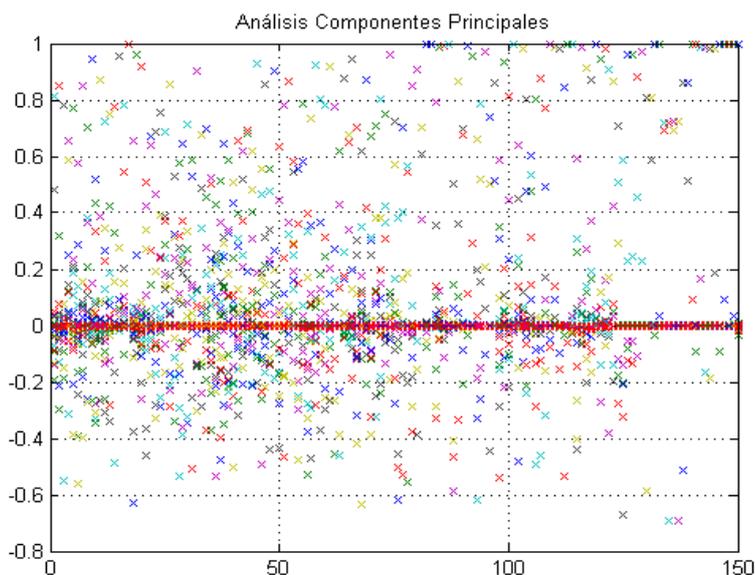


Ilustración 22 Análisis Componentes Principales, Cocina Ecasa funcionando al 50%.

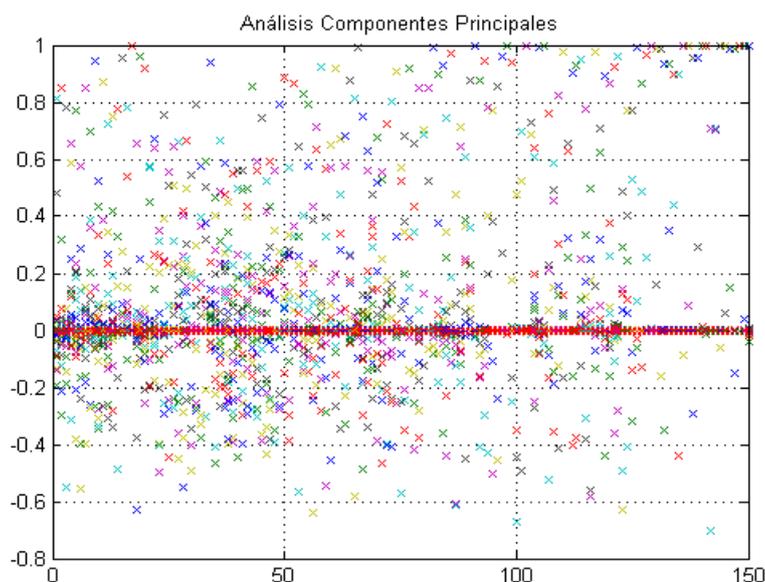


Ilustración 23 Análisis Componentes Principales, Cocina Ecogas funcionando al 50%.

En la Tabla 20 se indica las correlaciones obtenidas entre las gráficas de las lavadoras eléctricas usando el método de componentes principales.

Tabla 20 Correlación de muestras individuales en lavadoras eléctricas usando el método de componentes principales.

Correlación		Lavadora Eléctrica (Whirlpool LSR7133PQ2)		
		100%	50%	0%
Lavadora Eléctrica (Whirlpool WLA8444)	100%	<b>0.86</b>	0.75	0.75
	50%	0.75	<b>0.84</b>	0.75
	0%	0.75	0.75	<b>0.84</b>

En la Ilustración 24 y 25 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las lavadoras funcionando al 100% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.86 como se observa en la Tabla 20, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

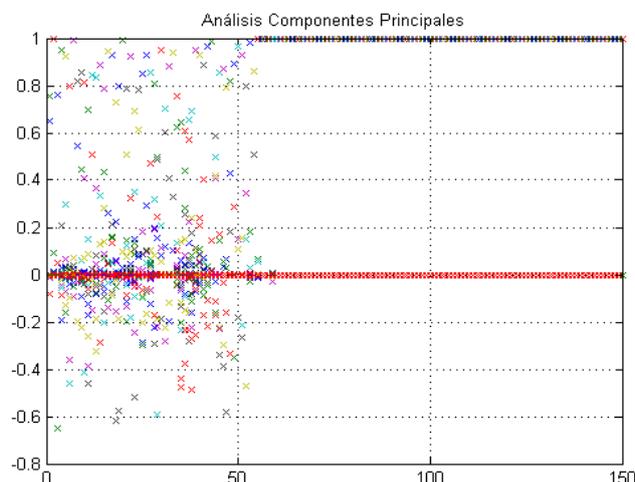


Ilustración 24 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando al 100%.

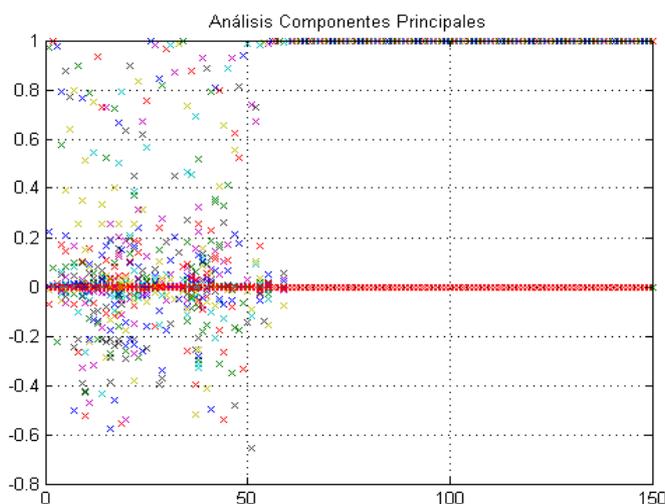


Ilustración 25 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando al 100%.

En la Ilustración 26 y 27 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las lavadoras funcionando al 50% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.84 como se observa en la Tabla 20, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

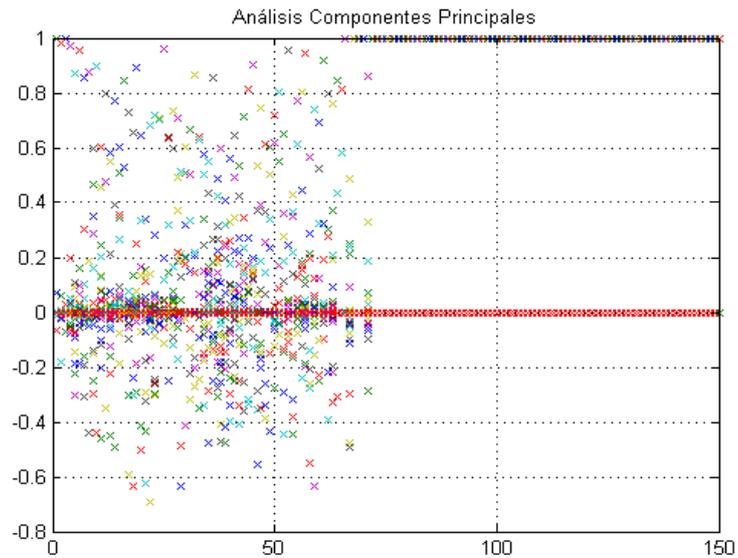


Ilustración 26 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando al 50%.

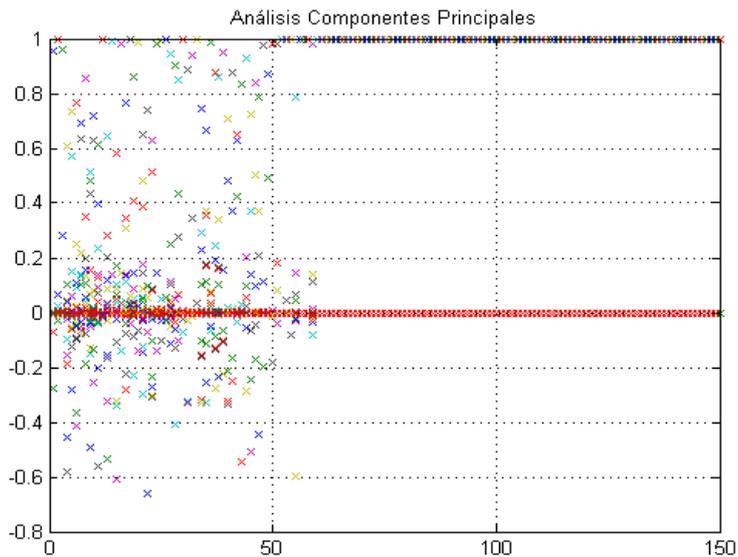


Ilustración 27 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando al 50%.

En la Ilustración 28 y 29 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las lavadoras funcionando al 0% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.86 como se observa en la Tabla 20, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

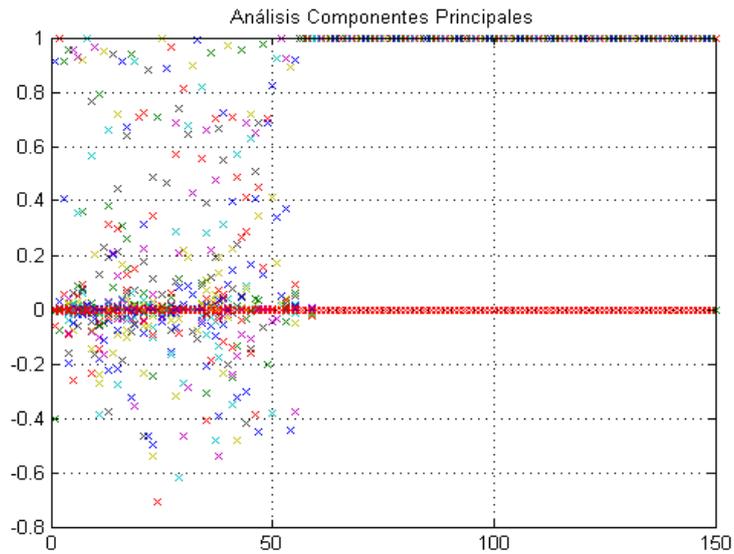


Ilustración 28 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando al 0%.

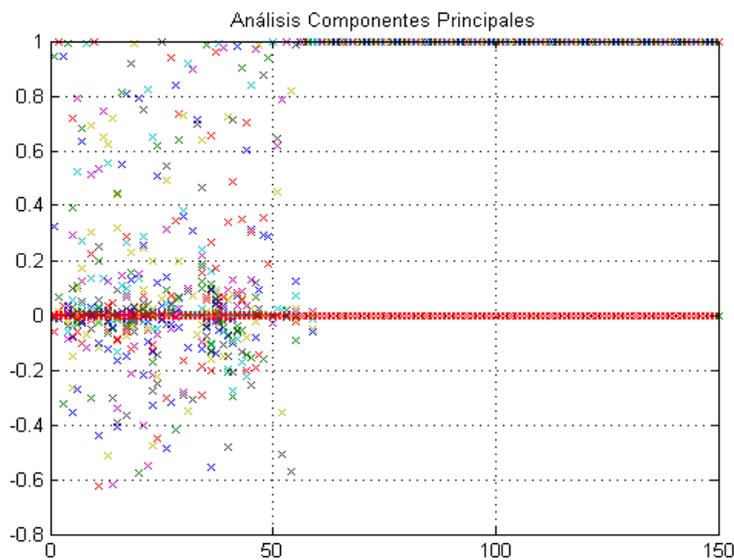


Ilustración 29 Análisis Componentes Principales, Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando al 0%.

En la Tabla 21 se indica las correlaciones obtenidas entre las gráficas de las secadoras eléctricas usando el método de componentes principales.

Tabla 21 Correlación de muestras individuales en secadoras eléctricas usando el método de componentes principales.

Correlación		Secadora Eléctrica (Whirlpool Thin Twin)		
		100%	50%	0%
Secadora Eléctrica (Whirlpool 7MWED1600BM)	100%	0.81	0.5	0.7
	50%	0.5	0.81	0.5
	0%	0.5	0.7	0.82

En la Ilustración 30 y 31 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las lavadoras funcionando al 100% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.81 como se observa en la Tabla 21, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

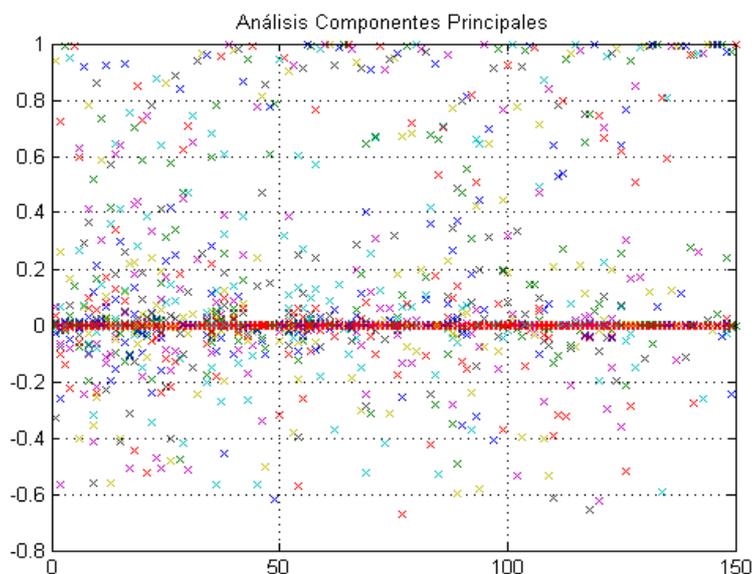


Ilustración 30 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool 7MWED1600BM funcionando al 100%.

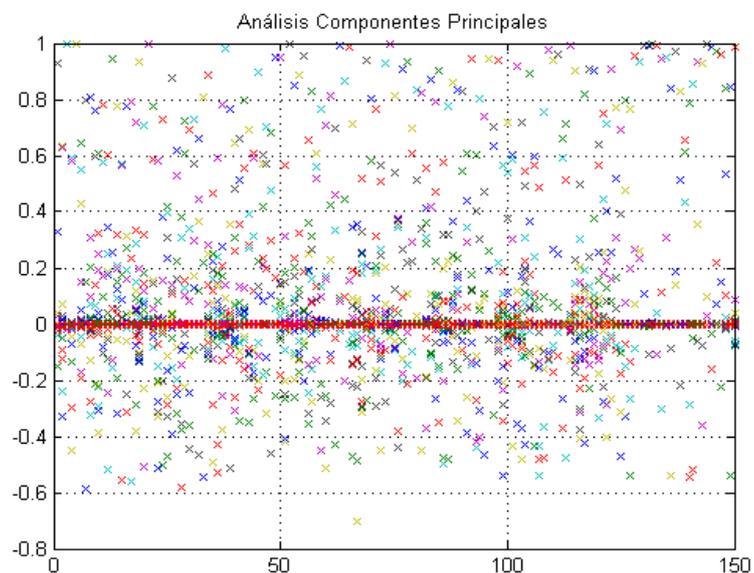


Ilustración 31 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando al 100%.

En la Ilustración 32 y 33 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las lavadoras funcionando al 50% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.81 como se

observa en la Tabla 21, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

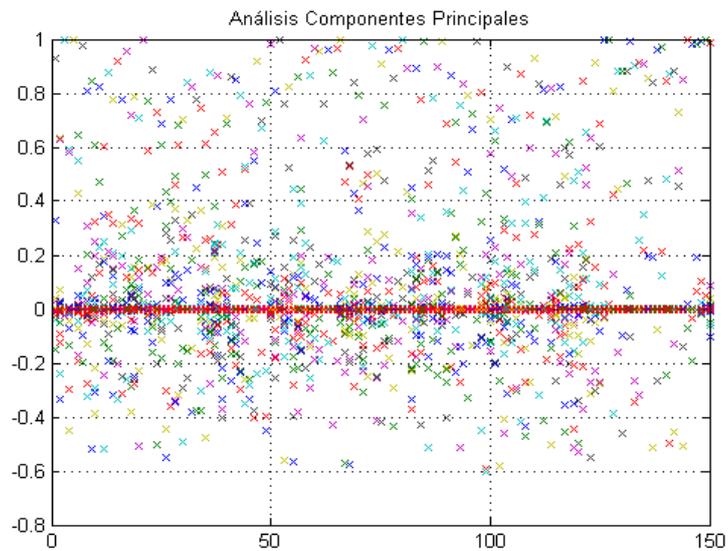


Ilustración 32 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool 7MWED1600BM funcionando al 50%.

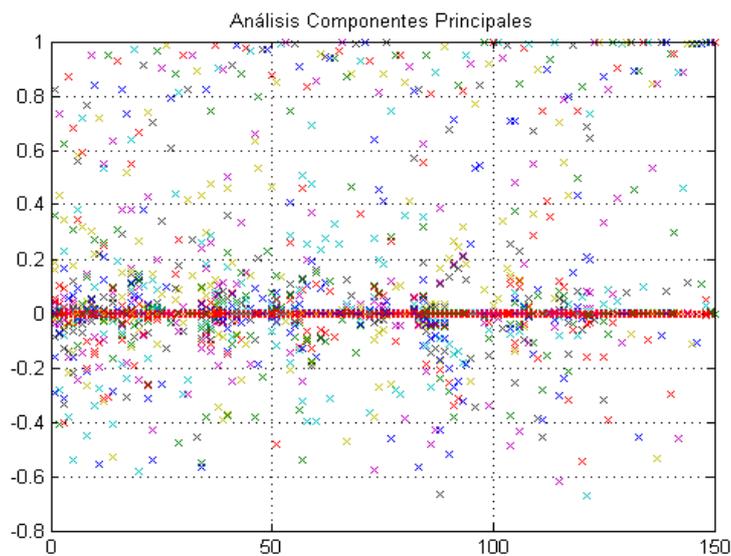


Ilustración 33 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando al 50%.

En la Ilustración 34 y 35 se muestra las gráficas de las pruebas individuales de las lavadoras funcionando al 0% por el método de componentes principales (PCA), las cuales alcanzan una correlación de 0.82 como se observa en la Tabla 21, las cuales representan la matriz común obtenidas a través de PCA.

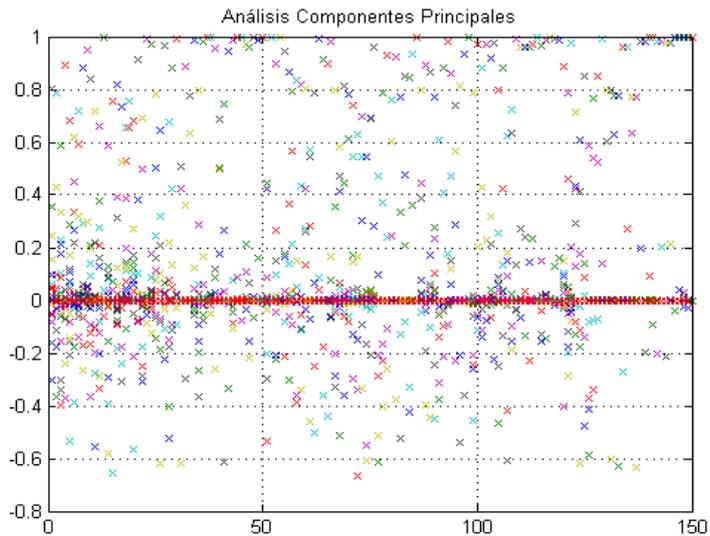


Ilustración 34 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool 7MWED1600BM funcionando al 0%.

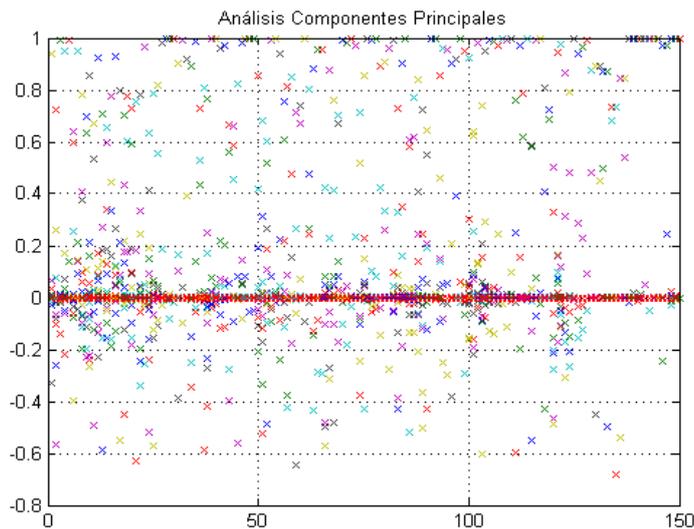


Ilustración 35 Análisis Componentes Principales, Secadora Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando al 0%.

Como se observa en las ilustraciones anteriores las tendencias de dispersión de las gráficas son similares y tienen una correlación cercana a 1, cuando se trata de un mismo electrodoméstico, pero tiene una correlación mucho menor a 1 cuando son distintos los electrodomésticos.

A continuación procedemos a entrenar una red de Backpropagation, el algoritmo para el entrenamiento se indica en ANEXO C, con la red entrenada se implementa un algoritmo en el software de matlab 2013b, en la cual se ingresa datos de las muestras individuales obtenidas y la red entrenada devuelve que tipo de electrodoméstico representa esos datos.

Los datos para que la red estime que tipo de electrodoméstico es el que está analizando son los de voltaje y corriente. Los cuales son necesarios debido a que la corriente es la variable con mayor información que aporta el electrodoméstico de cómo es su funcionamiento, para comprobar esto se usa la varianza, que es la medida de como los valores difieren de su media.

La fórmula aplicada para calcular la varianza del voltaje y la corriente es la Eq. (7).

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (7)$$

A continuación en las Tablas 22, 23, 24 se presenta la varianza de voltaje y corriente de las cocinas de inducción, lavadoras eléctricas y secadoras eléctricas, siendo la corriente la variable que mayor información aporta.

Tabla 22 Varianza de voltaje y corriente cocina de inducción.

Varianza	Cocina de Inducción (Ecogas)		Cocina de Inducción (Ecasa)	
	100%	50%	100%	50%
<b>Voltaje</b>	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>Corriente</b>	38.51	36.93	26.69	25.70

Tabla 23 Varianza de voltaje y corriente de las lavadoras eléctricas.

Varianza	Lavadora Eléctrica (Whirlpool LSR7133PQ2)			Lavadora Eléctrica (Whirlpool WLA8444)		
	100%	50%	0%	100%	50%	0%
<b>Voltaje</b>	1.11	0.95	0.95	1.12	0.98	0.95
<b>Corriente</b>	9.56	7.49	6.96	9.45	7.30	6.84

Tabla 24 Varianza de voltaje y corriente de las secadoras eléctricas.

Varianza	Secadora Eléctrica (Whirlpool Thin Twin)			Secadora Eléctrica (Whirlpool 7MWED1600BM)		
	100%	50%	0%	100%	50%	0%
<b>Voltaje</b>	0.38	0.34	0.21	0.56	0.40	0.29
<b>Corriente</b>	3.56	3.03	2.14	2.15	2.12	1.48

En los apartados a continuación se presentan las curvas características de las cocinas de inducción, lavadoras eléctricas y secadoras eléctricas usando los datos de corriente.

## 5.1 Cocina de Inducción

### 5.1.1 Cocina de Inducción ECASA

#### 5.1.1.1 Curva Característica

En la Ilustración 36 y 37 se observa la curva característica de la cocina de inducción Ecasa la cual está funcionando al 50 y 100 % de su capacidad, estas dos curvas tienen características similares como: el número de muestras es de alrededor 2500 que representan 40 minutos de funcionamiento de la cocina.

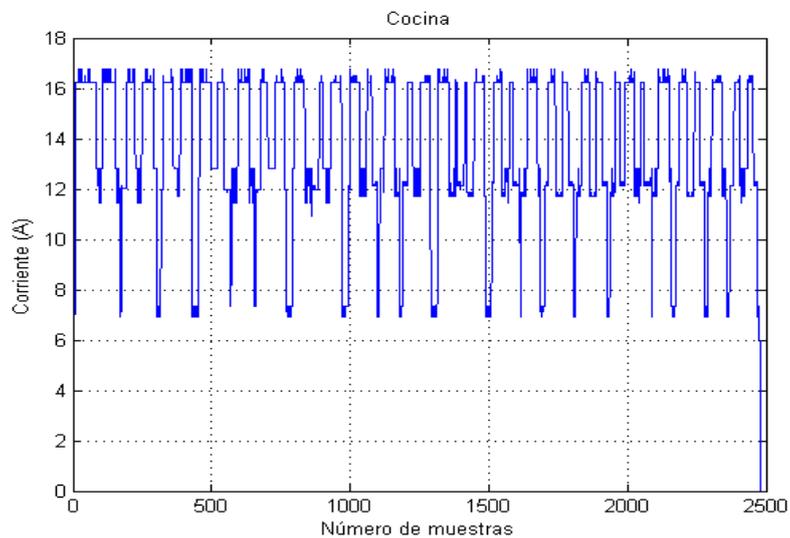


Ilustración 36 Curva característica Cocina de Inducción ECASA funcionando a media capacidad de carga.

La corriente máxima de consumo es de alrededor de 16,5 A, la corriente mínima es de 7 A y la corriente media es de alrededor de 11,9 A, corrientes necesarias para el correcto funcionamiento, las variaciones de estas corrientes corresponden al sistema de control de estas cocinas debido a que se necesita hacer circular corriente por los inductores el cual crea un campo magnético variable que permite generar calor que calientan las ollas de inducción.

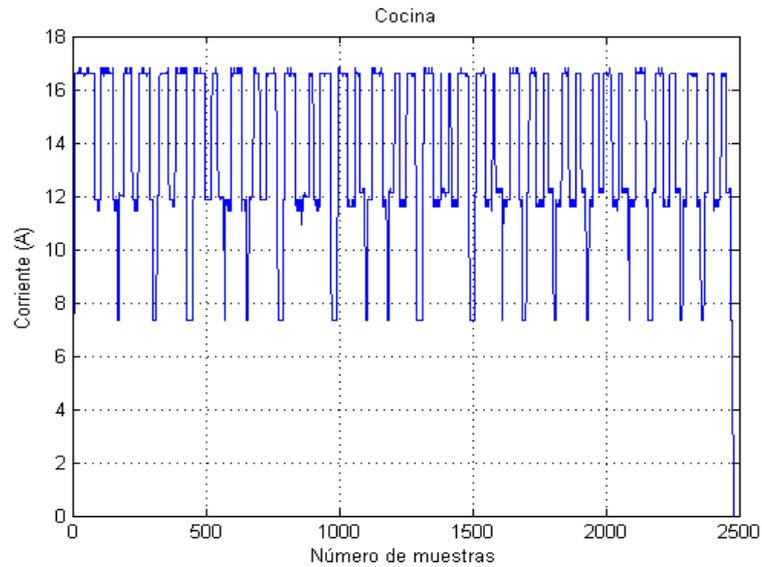


Ilustración 37 Curva característica Cocina de Inducción ECASA funcionando a full capacidad de carga.

La cocina funcionando al 50 y al 100% de su capacidad, da una curva característica similar, no existen diferencias notables entre estas gráficas lo que permite tener una curva característica que representa este electrodoméstico.

## 5.1.2 Cocina de Inducción ECOGAS

### 5.1.2.1 Curva Característica

En la Ilustración 38 y 39 se observa la curva característica de la cocina de inducción ECOGAS la cual está funcionando al 50 y 100 % de su capacidad.

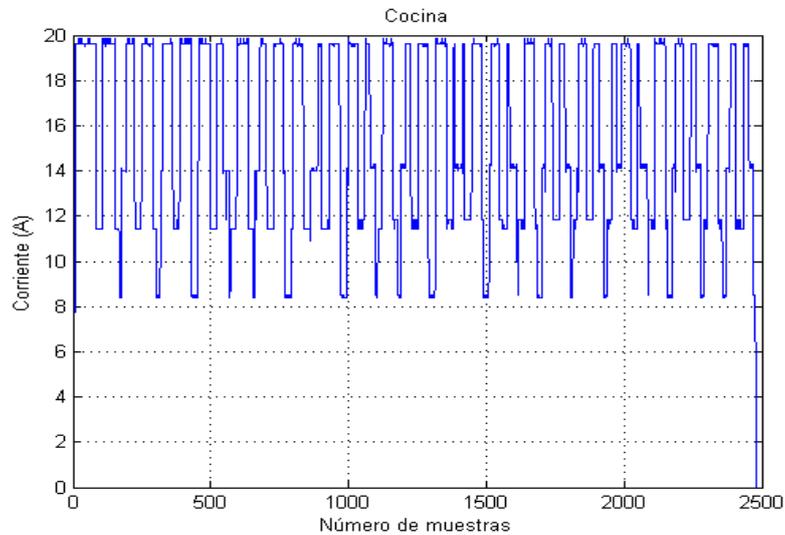


Ilustración 38 Curva característica Cocina de Inducción ECOGAS funcionando a media capacidad de carga.

Al igual que la cocina de inducción ECASA tienen características similares como: el número de muestras es de alrededor 2500, que representan 40 minutos de funcionamiento de la cocina, la curva característica es similar funcionando al 50 o al 100%, existen diferencias mínimas de cómo se da su comportamiento.

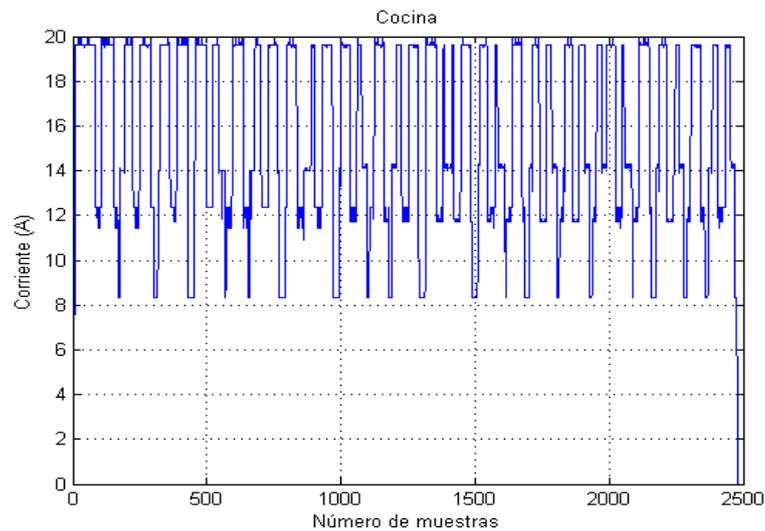


Ilustración 39 Curva característica Cocina de Inducción ECOGAS funcionando a full capacidad de carga.

La diferencia que tiene la cocina ECOGAS con la cocina ECASA es la cantidad de corriente que necesita para su funcionamiento, debido a que necesita un mayor consumo de potencia.

La cocina ECOGAS tiene una corriente máxima de consumo está alrededor de 20 A, la corriente mínima es de 8,5 A y la corriente media es de alrededor de 12,5 A, el aumento de la corriente significa que hay un mayor consumo de potencia por parte de esta cocina.

La forma de las curvas características son similares entre la cocina ECASA y ECOGAS lo que nos permite indicar que las curvas obtenidas son las curvas características de este electrodoméstico.

### 5.1.3 Cocina de Inducción HAILER

#### 5.1.3.1 Curva Característica

Esta cocina es de fabricación china, y tiene notables diferencias en su fabricación comparada con las otras cocinas estudiadas, una de ellas es que carece de filtros necesarios para evitar que los ruidos que esta produce se transfieran a la red del hogar, el sistema de control y de potencia son de mala calidad, por lo que no se pudo caracterizar una curva para este tipo específico de cocina.

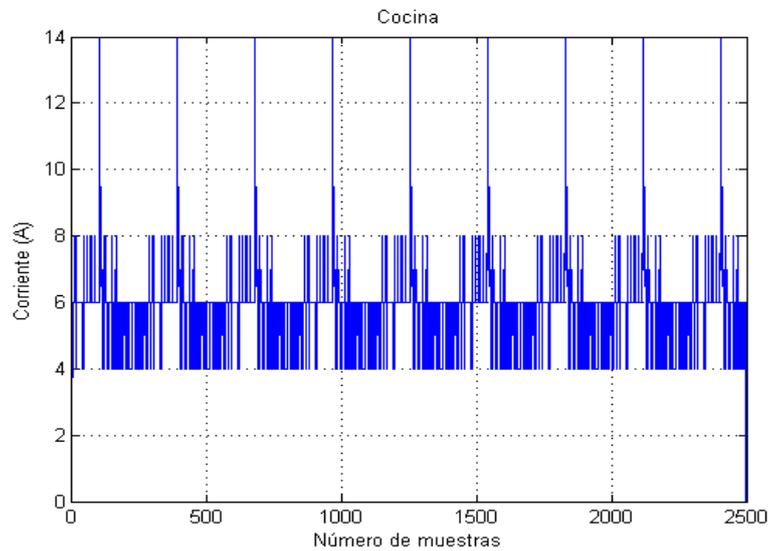


Ilustración 40 Cocina de Inducción HAILER funcionando a media capacidad de carga.

En la Ilustración 40 y 41 se puede observar notables diferencias entre estas gráficas, cuando la cocina de inducción funciona al 50% tienen unos picos de corriente de hasta 14 A mientras que cuando funciona al 100% existen varios picos de 11, 14, 16 A de corriente.

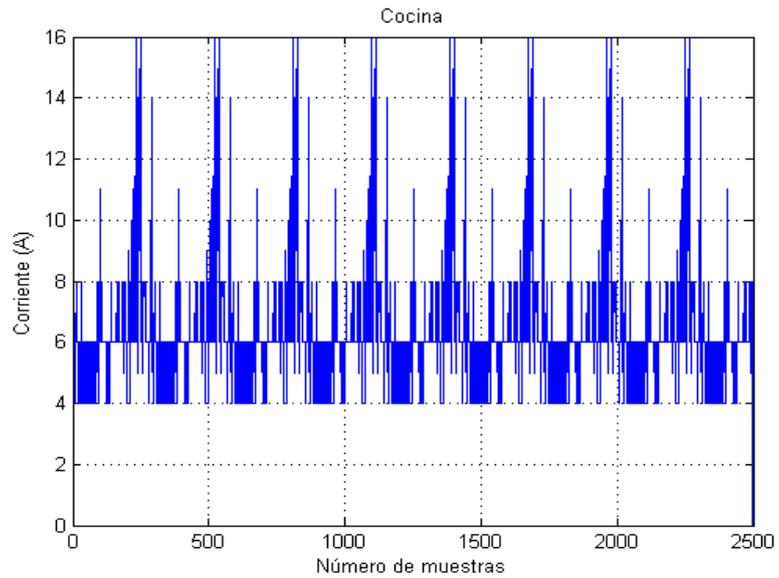


Ilustración 41 Cocina de Inducción HAILER funcionando a full capacidad de carga.

Con cada prueba realizada en esta cocina se obtuvo curvas distintas muchas de ellas con ruido por lo que no se logró una característica como se hizo en las cocinas ECOGAS y ECASA.

## 5.2 Lavadora Eléctrica

### 5.2.1 Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444

#### 5.2.1.1 Curva Característica

En la Ilustración 42, 43, 44 se observa la curva característica de la lavadora eléctrica en un ciclo “Normal” de lavado, la cual está funcionando al 0%, 50% y 100 % de su capacidad de carga. Como se observa las tres gráficas comparten similitudes en cuanto a su forma de onda característica.

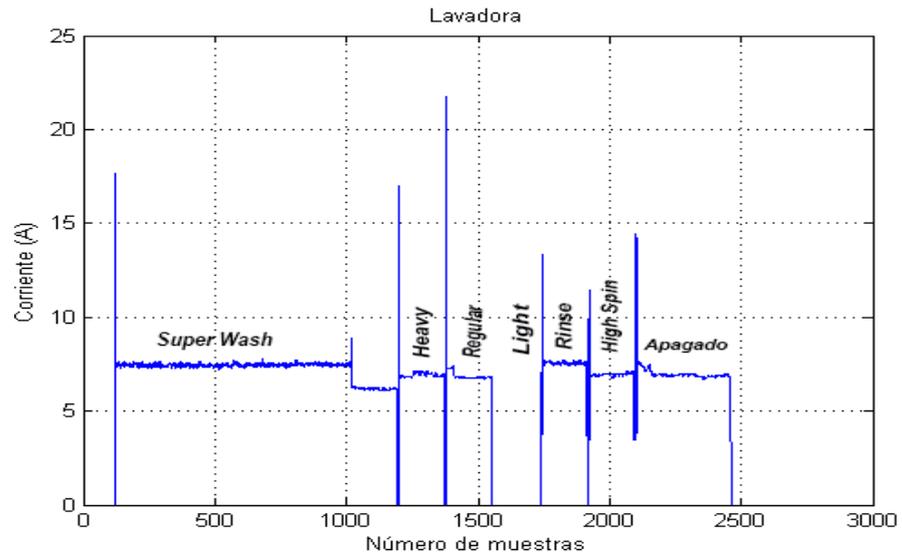


Ilustración 42 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando a baja capacidad de carga.

Existen algunas diferencias entre estas gráficas como se observa en la Ilustración 42 el subciclo denominado “Super Wash” es de alrededor 1100 muestras que representa un tiempo de 18 minutos, mientras que en las Ilustraciones 30 y 31 el número de muestras de este subciclo es de alrededor de 1400 que representa un tiempo 23 minutos. Otra diferencia se produce en el subciclo denominado “Light” que en la Ilustración 44 es de 250 muestras que representa un tiempo de 4 minutos mientras que en la Ilustración 42 y 41 representa un tiempo de 2 minutos, esta diferencia se debe a que en este ciclo se vuelve a llenar de agua la lavadora y necesita llenar a máxima capacidad.

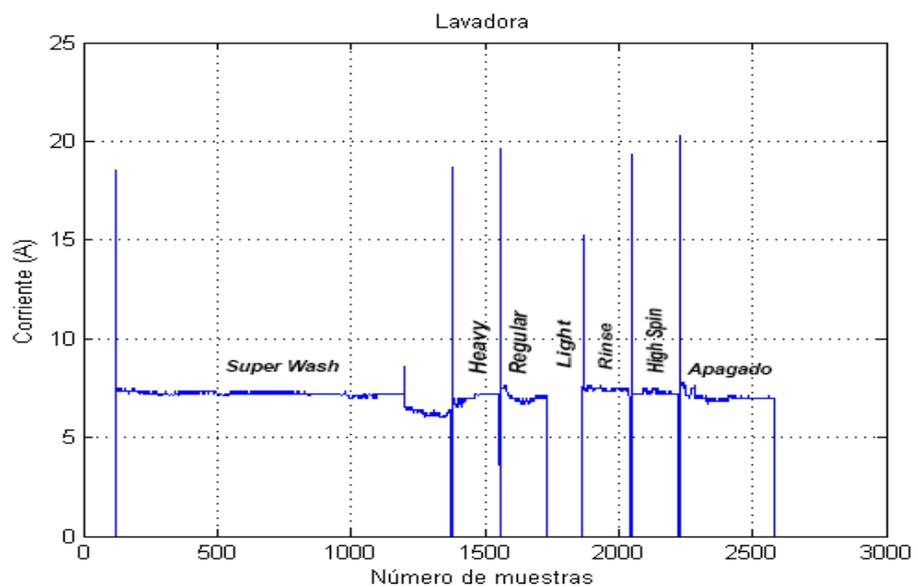


Ilustración 43 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando a media capacidad de carga.

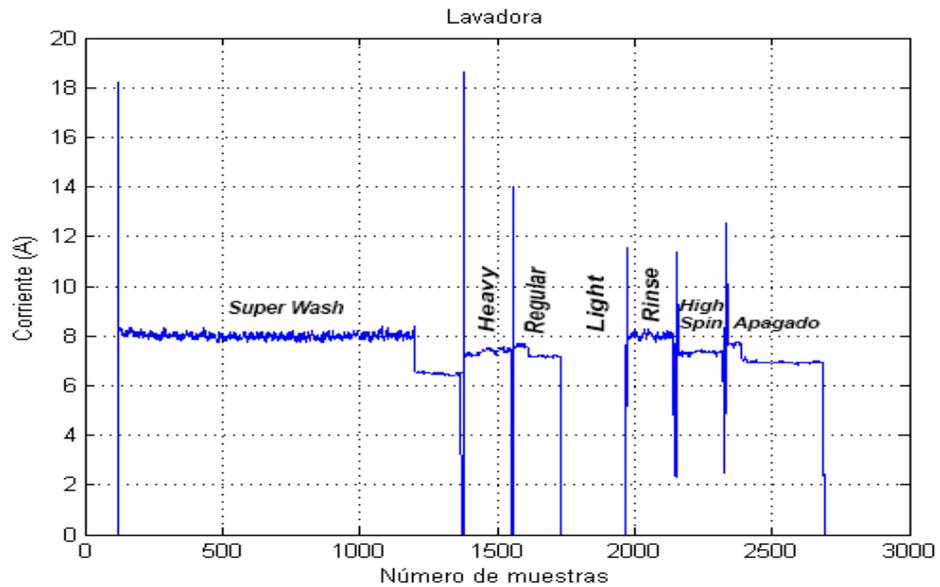


Ilustración 44 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool WLA8444 funcionando a full capacidad de carga.

La corriente necesaria para su funcionamiento es de 8 A, pero para cada vez que comienza un subciclo alcanza una corriente de alrededor 18 A, el tiempo de duración de un ciclo “Normal” es de 40 a 45 minutos. La forma de onda es similar en las tres gráficas por lo que nos permite caracterizar este electrodoméstico.

## 5.2.2 Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2

### 5.2.2.1 Curva Característica

Al igual que la lavadora del apartado 5.2.1 la curva característica obtenida es a partir de en un ciclo “Normal” de lavado, la cual está funcionando al 0%, 50% y 100 % de su capacidad de carga. Como se observa la Ilustración 45, 46, 47 estas tres gráficas comparten similitudes en cuanto a su forma de onda característica que permite caracterizar este electrodoméstico.

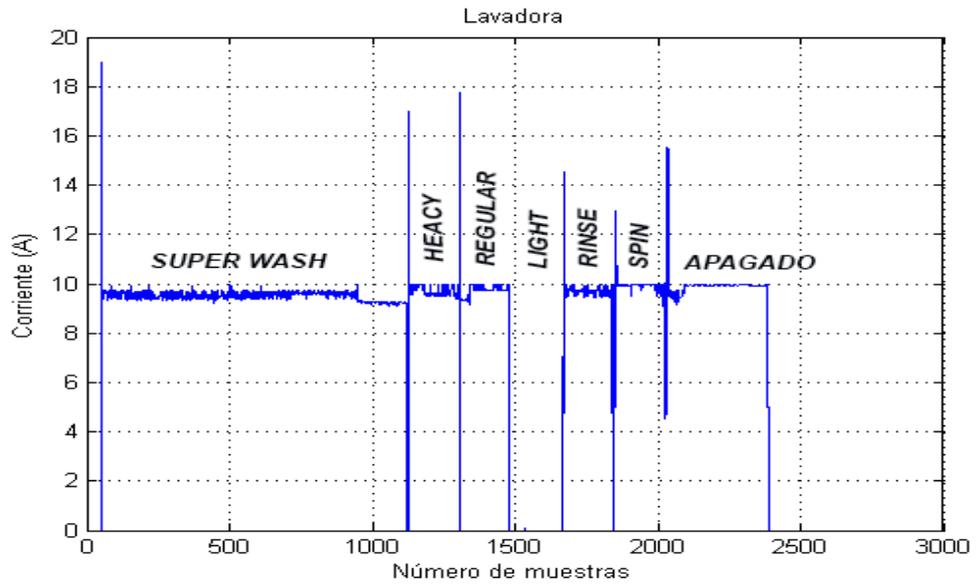


Ilustración 45 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando a baja capacidad de carga.

La diferencia con la lavadora del apartado 5.2.1 es el consumo de corriente que tiene la lavadora que es mayor a la lavadora anterior. El consumo de corriente para el funcionamiento de esta es de 10 A y cada vez que comienza un subciclo alcanza una corriente de alrededor 18 A esto se debe a que tiene una mayor capacidad de carga y consume mayor potencia en cada ciclo de lavado.

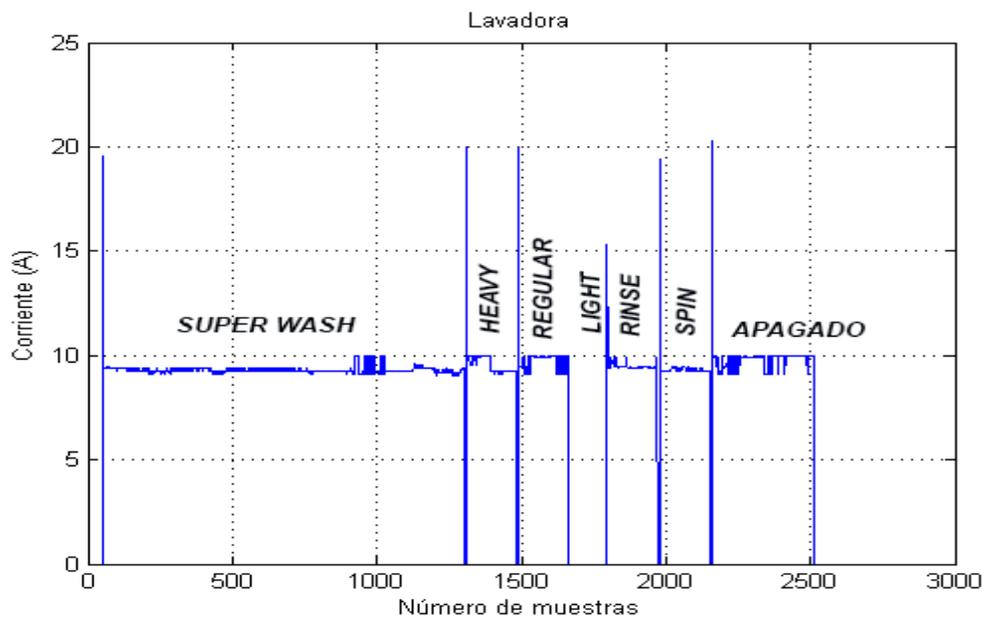


Ilustración 46 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando a media capacidad de carga.

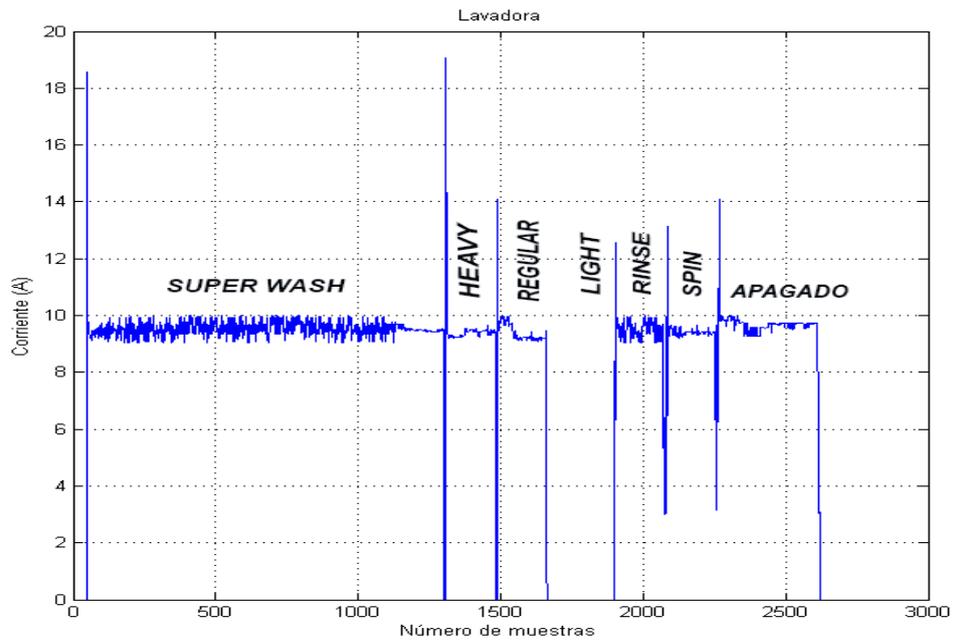


Ilustración 47 Curva característica Lavadora Eléctrica Whirlpool LSR7133PQ2 funcionando a full capacidad de carga.

Existe una gran similitud en la forma de onda con la lavadora anterior lo que permite caracterizar una cura de este electrodoméstico.

### 5.3 Secadora Eléctrica

#### 5.3.1 Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM

##### 5.3.1.1 Curva Característica

En la ilustración 48 se observa la curva característica de la secadora a bajo funcionamiento de su capacidad de carga la cual se diferencia del funcionamiento a media y a full capacidad debido a el número de veces que el sistema de control activa las niquelinas para producir calor para poder secar la ropa, a baja capacidad de carga se enciende 4 veces las niquelinas alcanzando una corriente alrededor de los 7,5 A la corriente de funcionamiento es de 5 A.

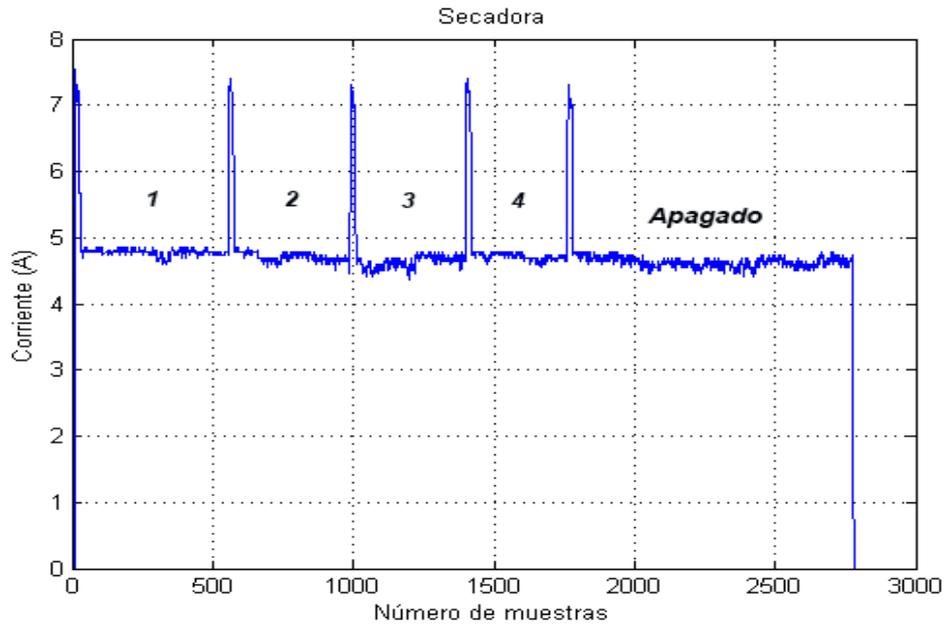


Ilustración 48 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM funcionando a baja capacidad de carga.

En la ilustración 49 se observa la curva característica de la secadora a medio capacidad de carga, en donde se enciende 7 veces las niquelinas para secar la ropa y en la Ilustración 50 se observa la curva característica de la secadora a full capacidad de carga donde se enciende 11 veces las niquelinas cada 250 muestras que representa unos 4 minutos. El número de muestras total es de aproximadamente 2800 que representa un tiempo de 45 minutos.

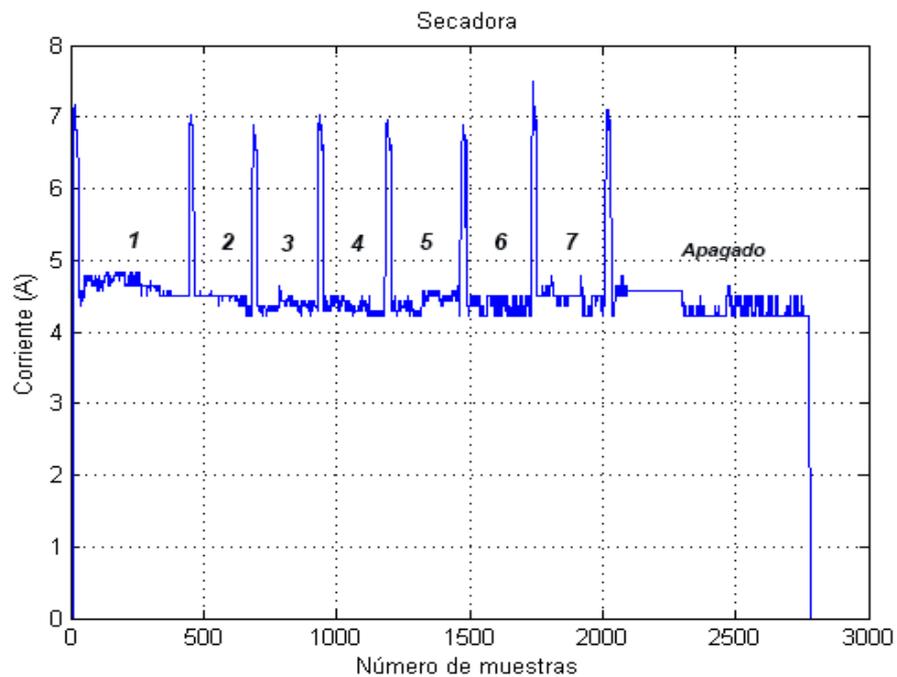


Ilustración 49 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM funcionando a media capacidad de carga.

Se enciende un mayor número de veces la niquelina debido a que la ropa absorbe calor por unidad de volumen, por lo que mayor volumen mayor cantidad de calor necesario para secar la ropa.

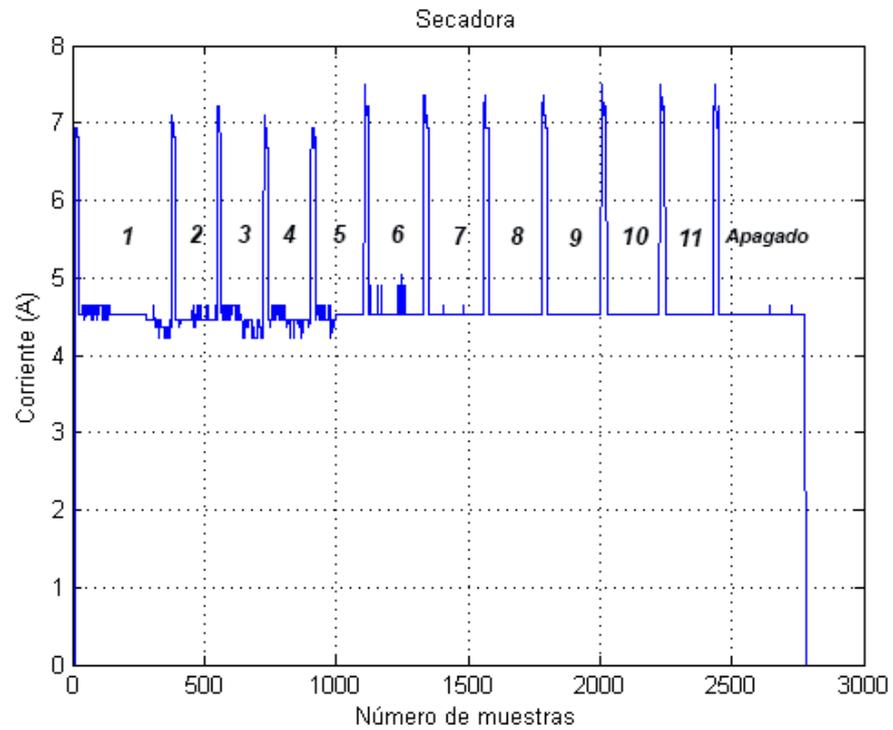


Ilustración 50 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool 7MWED1600BM funcionando a full capacidad de carga.

### 5.3.2 Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0

#### 5.3.2.1 Curva Característica

En la ilustración 51 se observa la curva característica de la secadora a bajo capacidad de carga, la cual enciende 4 veces las niquelinas alcanzando una corriente alrededor de los 14,5 A la corriente de funcionamiento es de 10 A, en esta secadora interviene una característica más que es bifásica por eso existe un mayor consumo de energía.

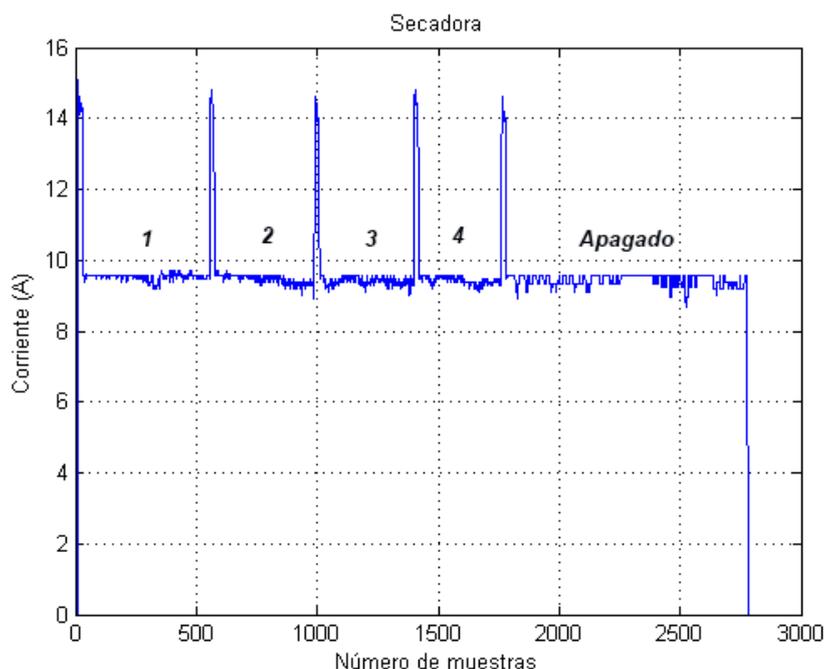


Ilustración 51 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando a baja capacidad de carga.

En la ilustración 52 se observa la curva característica a media capacidad de carga, en donde se enciende 7 veces las niquelinas y en la Ilustración 53 se observa la curva característica de la secadora a full capacidad de carga donde se enciende 11 veces las niquelinas esta es una similitud con la secadora del apartado 5.3.1.

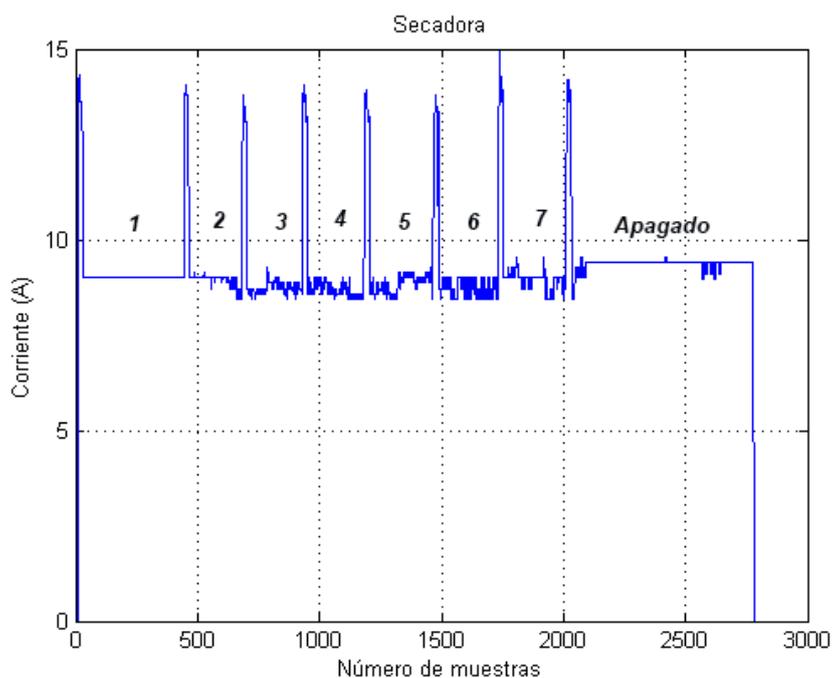


Ilustración 52 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando a media capacidad de carga.

Como se observa en las curvas obtenidas de esta lavadora con las del apartado 5.3.1 su forma de onda es similar por lo que permite caracterizar este tipo de electrodomésticos.

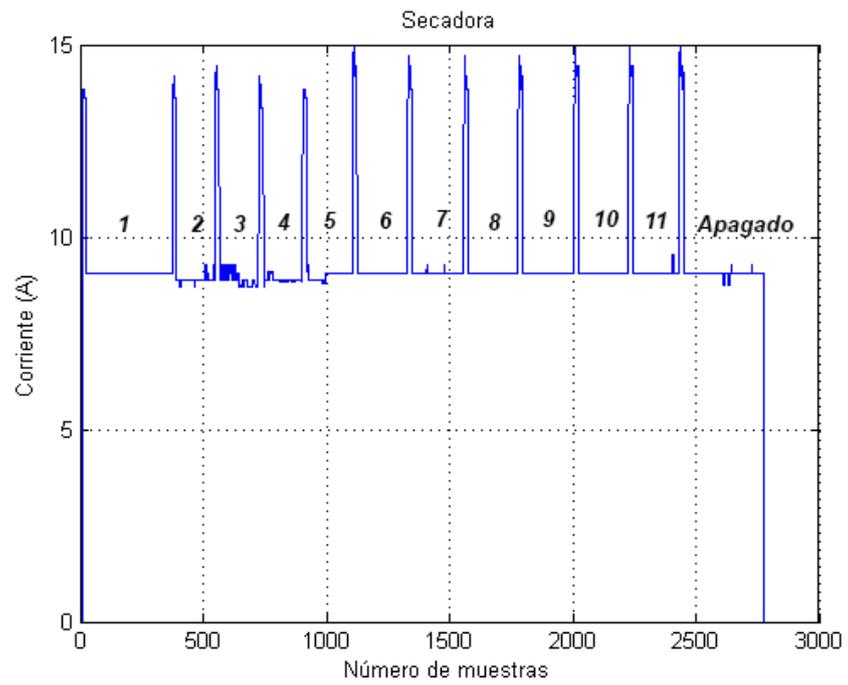


Ilustración 53 Curva característica Secadora Eléctrica Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0 funcionando a full capacidad de carga.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la obtención de datos para lograr una caracterización de los electrodomésticos se usó el equipo FLUKE 1735, debido a que este equipo permite tener un registro de datos cada segundo en comparación con el equipo FLUKE 435 que tiene un tiempo de registro de datos a cada minuto, lo que hace que exista mayor pérdida de información durante el registro de datos cuando está en funcionamiento el electrodoméstico.

El uso correcto de las sondas de voltaje y de corriente del equipo FLUKE 1735, como la correcta configuración del equipo garantiza un registro de datos adecuado según la medición que se esté realizando.

El equipo Fluke 1735 realiza un registro de datos cada segundo de voltaje, corriente, armónicos, frecuencia todas estas mediciones fueron analizadas siendo los datos de corriente los ideales para caracterizar una curva que represente al electrodoméstico, debido a que existe consumo de corriente cuando el electrodoméstico empieza a funcionar por lo que caracteriza como se da el funcionamiento de ese aparato, además que en estos datos no existe ruidos que alteren la señal como es el caso de los datos de voltaje, en los cuales existe una gran cantidad de ruido debido a interferencias que se producen por el propio funcionamiento el aparato o por cargas externas que están conectadas a la red y los datos de armónicos no se usó debido a que se registra hasta el 25° armónico y en una muestra tendríamos 25 imágenes que de las cuales no se puede obtener el espectro característico.

Las cocina de inducción y una de las secadoras tienen un tipo de conexión bifásica (2 fases + GND), por lo que se tiene datos de dos líneas L1 y L2, el momento de analizar los datos de corriente de estas dos líneas se comprobó que son los mismos datos y generan una curva característica similar por lo que la elección del análisis se hizo en una de las líneas.

El uso de las secadoras eléctricas no es muy común debido al consumo energético que estas representan y que generan un elevado precio en la planilla eléctrica.

Las cocinas de fabricación china carecen de sistemas de control eficiente, regulador de potencia y de filtros necesarios para evitar que se produzcan interferencias que

pueden contaminar la red del hogar, como se observa en la Ilustración 23 y 24 no se pudo obtener una curva característica a comparación de las cocinas de fabricación nacional las cuales si cumplen con estándares de calidad.

El número de muestras representa el tiempo de funcionamiento de cada uno de los electrodomésticos siendo este entre 40 y 45 minutos según el electrodoméstico.

Como se observa en las Ilustraciones 53 y 50 que representan las curvas de la secadora eléctrica, en las Ilustraciones 47 y 44 que representan las curvas de la lavadora eléctrica y las Ilustraciones 39 y 37 que representan las curvas de la cocina de inducción, se pueden caracterizar distintos electrodomésticos mediante su forma de onda, usando los datos de corriente promediado entre todas las muestras realizadas y así poder diferenciarlos cuando se implemente estas curvas en sistemas inteligentes que optimizan el consumo de energía en el hogar.

Para validar el proceso se usó el método de componentes principales, el cual nos permitió evaluar todos los datos obtenidos en cada prueba, y de esta forma no se deja de lado información que representa a cada electrodoméstico. Este método nos permite tener múltiples variables que representen un electrodoméstico y obtener una matriz de menor tamaño que contenga el mayor número de datos comunes de estas variables.

En las Ilustraciones 31 y 30 representan la dispersión de un conjunto de datos usando el método de componentes principales (PCA) aplicados en pruebas individuales de la secadora, en las Ilustraciones 25 y 24 igualmente representan un conjunto de datos obtenidos de la lavadora y en las Ilustraciones 21 y 20 representan a la cocina de inducción con el mismo procedimiento antes mencionado, existe una dispersión de los datos comunes obtenidos en la matriz común del PCA que son similares para electrodomésticos del mismo tipo y se existe una dispersión distinta entre electrodomésticos que no cumplen la misma función.

Las redes de backpropagation nos permiten entrenar un patrón de datos, en nuestro caso la matriz obtenido por el análisis de componentes principales, y que nos devuelva que tipo de electrodoméstico se está analizando. Los datos necesarios para el correcto funcionamiento de la red son los de voltaje y corriente de cada electrodoméstico.

El uso de los datos de corriente para obtener las curvas características se debe a que existe mayor varianza de información con respecto a la media.

## **TRABAJO FUTURO**

Con los datos medidos y con las curvas características obtenidas de los electrodomésticos de alto consumo como son la cocina de inducción, lavadora eléctrica y la secadora eléctrica, luego del proceso de análisis, el trabajo a continuar es el de obtener una expresión matemática que represente a cada curva o cada electrodoméstico para poder aplicar esto a sistemas inteligentes o redes neuronales que controlen a estos aparatos en una vivienda inteligente aportando de esta manera a la reducción del consumo energético.

Se puede implementar estas redes neuronales en sistemas autónomos como son arduino o raspberry pi, que permiten programar e implementar estas redes de una forma real.

Además se puede usar otro tipo de artefactos para obtener los datos de los electrodomésticos para hacer comparaciones con los datos ya obtenidos y de esta forma reducir al máximo el error que se pueda presentar al momento de implementar una red neuronal.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Caracterizar:** Determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás [37].

**Conmutador:** Dispositivo de los aparatos eléctricos que sirve para que una corriente cambie de un conductor [38].

**Centrifugado:** Aprovechar la fuerza centrífuga para secar ciertas sustancias o para separar los componentes de una masa o mezcla según sus distintas densidades [39].

**Domótica:** Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda [40].

**Efecto Joule:** Es el fenómeno irreversible por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo [41].

**Inducción:** Producción de electricidad en un conductor por influencia de un campo magnético [42].

**Optimizar:** Buscar la mejor manera de realizar una actividad [43].

**Vidrio vitrocerámica:** Dicho de una material o de un producto: Obtenido a partir de una mezcla de mineral de hierro y otros componentes con propiedades semejantes a las del vidrio, y que tiene una gran estabilidad y resistencia térmica [44].

## Bibliografía

- [1] R. Morales, «Domótica e Inmotica,» de *Viviendas y edificios inteligentes*, Alfaomega, 2011.
- [2] L. Casas Fernández, «Características de las cargas del sector residencial en Cuba,» *Ingeniería Energética*, vol. 29, nº 1, 2008.
- [3] D. Argota Pupo, «Estudio de las principales cargas eléctricas del sector residencial en Cuba,» *Ciencia & Futuro*, vol. 3, nº 3, 2013.
- [4] A. Sanchez, «ProconIngenieros,» Programación y Control Automático S.L. - Sistemas Avanzados de Control, 13 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://proconingenieros.com/consumo-electrico-de-una-lavadora/>. [Último acceso: 18 12 2015].
- [5] J. S. P. Brehm y R. Ammerman, «Residential electric power systems: implications for distributed generation,» *Proceedings of the 37th Annual North American, Power Symposium*, 2005.
- [6] M. R. Maqueda y L. Sánchez, «Curvas de demanda de energía eléctrica en el sector doméstico de dos regiones de México,» de *Smart Metering Weast Coast*, Seattle, Washington,, 2008.
- [7] APIEM, «La Domótica como Solución de Futuro,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/la-domotica-como-solucion-de-futuro-fenercom.pdf>. [Último acceso: 10 Diciembre 2015].
- [8] A. A. d. l. Energía., «Ahorrar energía con la domótica,» Junta de Andaluzia, [En línea]. Available: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/administracion/ahorro/edificios-publicos/medidas-ahorro/domotica>. [Último acceso: 31 Enero 2016].
- [9] e. d. d. c. EROSKI CONSUMER, «Domótica para ahorrar energía,» Fundación EROSKI, 2009. [En línea]. Available: <http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/electricidad/2009/02/05/183192.php>. [Último acceso: 30 Enero 2016].
- [10] Hipertextual, «Cómo ahorrar en electricidad con la domótica,» MAXCON, 2014. [En línea]. Available: <http://hipertextual.com/archivo/2014/11/domotica/>. [Último acceso: 31 Enero 2016].
- [11] W. González Hidalgo, «IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COCCIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. EN LA CIUDAD DE LOJA,» de *Tesis, Dept. Elect. Universidad de Cuenca*, Cuenca, Ecuador, 2014.
- [12] D. Tello Urgilés, «ANÁLISIS TÉCNICO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO Y LA DEMANDA ELÉCTRICA EN VIVIENDAS TÍPICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA,

DEBIDO A LA INCORPORACIÓN DE LA COCINA DE INDUCCIÓN Y SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA ACS.,» de *Tesis, Dept. Elect. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, Cuenca, Ecuador, 2015.

- [13] A. Tapia y M. Vilcacundo, «ESTUDIO DE LA PROYECCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA POR TIPO DE USUARIO, CON LA INCLUSIÓN DE LA COCINA DE INDUCCIÓN, EN EL ALIMENTADOR PICAIHUA A 13,8 KV DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE, PERTENECIENTE A LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL NO,» de *Tesis, Dept. Elect. Universidad Técnica de Cotopaxi*, Latacunga, Ecuador, 2014.
- [14] S. Chudjuarjeen, A. Sangswang y C. Koopai, «An improved LLC resonant inverter for induction-heating applications with asymmetrical control,» *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 58, nº 7, p. 2915–2925, July 2011.
- [15] Ó. Lucía, J. Acero, C. Carretero y J. Burdío, «Induction Heating Appliances: Toward More Flexible Cooking Surfaces,» *IEEE Industrial Electronics magazine*, September 2013.
- [16] A. Thompson Salinas, «Mejora de diseño de suspensión de lavadora automática de carga vertical,» *MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM 23 al 25 DE SEPTIEMBRE*, 2009.
- [17] J. Hernández, «Electrónica,» 12 Febrero 2011. [En línea]. Available: <http://smdelectronicayalgomas.blogspot.com/2011/02/reparacion-de-lavadoras-todos-los-tipos.html#.VsyLgPLhDIV>. [Último acceso: 28 12 2015].
- [18] L. A. Ruiz, «Modelo teórico para cuantificar la eficiencia térmica del calentador eléctrico en una secadora doméstica de ropa,» *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, nº 12, Mayo – Septiembre 2015.
- [19] Festo, «Analizador trifásico de alimentación de redes y de corriente Fluke 434,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.festo-didactic.com/mx-es/learning-systems/equipos-de-practicas/accesorios/electrotecnia-electronica/analizador-trifasico-de-alimentacion-de-redes-y-de-corriente-fluke-434.htm?fbid=bXguZXMuNTY0LjE0LjE4LjEyNDIuNzQxMA>. [Último acceso: 4 Enero 2016].
- [20] TestWorld, «Fluke 434/435 Three-Phase Power Quality Analyzers,» TestWorld Inc., 2015. [En línea]. Available: <https://testworld.com/used-electronic-test-equipment/manufacturers/fluke/fluke-434-435-three-phase-power-quality-analyzers/>. [Último acceso: 2016 Enero 10].
- [21] FLUKE, «Analizador de energía eléctrica 434 Serie II Fluke,» Fluke Corporation, 1995 - 2016. [En línea]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/eces/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/logging-power-meters/fluke-434-series-ii-energy-analyzer.htm?pid=73937>. [Último acceso: 2016 Enero 18].
- [22] Fluke, «Fluke 434II/435II/437II: Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica,» Fluke Corporation, Enero 2012. [En línea]. Available:

- [http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke\\_434II-435II\\_user\\_manual.pdf](http://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke_434II-435II_user_manual.pdf). [Último acceso: 20 Enero 2016].
- [23] Fluke, «Registrador Trifásico Fluke 1735,» Fluke Corporation, 1995 - 2016. [En línea]. Available: <http://www.fluke.com/Fluke/eces/Medidores-de-Calidad-de-la-Energia-ElectricaLogging-Power-MetersFluke-1735.htm?PID=56028>. [Último acceso: Enero 24 2016].
- [24] CEDE, «Analizadores de Calidad de la Energía Eléctrica (Potencia) Fluke,» CEDE S.A. de C.V, 21 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.cedesa.com.mx/fluke/analizadores/calidad-energia/1735/>. [Último acceso: 30 Enero 2016].
- [25] Fluke, «1735 POWER LOGGER,» Fluke Corporation, 2006. [En línea]. Available: [http://www.tme.eu/es/Document/ecadfadd2416637162490a796827e2c5/1735\\_\\_\\_umsa0200.pdf](http://www.tme.eu/es/Document/ecadfadd2416637162490a796827e2c5/1735___umsa0200.pdf). [Último acceso: 30 Enero 2016].
- [26] Fluke, «Power Log: PC Application Software,» Fluke Corporation, Mayo 2007-2013. [En línea]. Available: [http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/101261-an-01-es-PC\\_APPLICATION\\_FLUKE\\_1735\\_USB.pdf](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/101261-an-01-es-PC_APPLICATION_FLUKE_1735_USB.pdf). [Último acceso: 30 Enero 2016].
- [27] E. Part-Enander, A. Sjoberg y B. Melin, The MATLAB Handbook, New York: Addison-Wesley, 1996.
- [28] P. P. Cruz, INTELIGENCIA ARTIFICIAL CON APLICACIONES A LA INGENIERIA, Primera ed., MEXICO: Alfaomega Grupo Editor, 2010.
- [29] J. Galbiati, «COMPONENTES PRINCIPALES,» 2012. [En línea]. Available: [http://www.jorgegalbiati.cl/mayo\\_06/Componentes.pdf](http://www.jorgegalbiati.cl/mayo_06/Componentes.pdf). [Último acceso: 15 Abril 2016].
- [30] ECASA, «COCINAS,» ECASA, 2010. [En línea]. Available: <http://www.ecasa-la.com/cocinas.htm>. [Último acceso: 2 Febrero 2016].
- [31] F. Acero, «ECOLINE: COCINAS, COCINETAS, COMPLEMENTARIOS, CILINDROS DE GAS,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.ecoline.com.ec/es/>. [Último acceso: 18 Marzo 2016].
- [32] W. Computers, «Cocina de Induccion HAIER Nueva Línea,» 2016. [En línea]. Available: <http://computadoresibarra.com/index.php/cocina-de-induccion-haier-nueva-linea-incluido-i-v-a.html>. [Último acceso: 19 Marzo 2016].
- [33] Whirlpool, «LAVADORAS AUTOMÁTICAS,» Whirlpool, [En línea]. Available: [https://www.whirlpool.com/digitalassets/MLPDF/Use%20and%20Care%20Guide%20-%203969801%20\(SP\).pdf](https://www.whirlpool.com/digitalassets/MLPDF/Use%20and%20Care%20Guide%20-%203969801%20(SP).pdf). [Último acceso: 2 Febrero 2016].
- [34] S. Y. WAY, «WHIRLPOOL Residential Washers Manual,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.shopyourway.com/manuals/7396>. [Último acceso: 28 Diciembre 2015].

- [35] L. Curacao, «WHIRLPOOL SECADORA / 7MWED1600BM,» GRUPO UNICOMER, 2016. [En línea]. Available: <http://www.lacuracaonline.com/guatemala/productos/lavadoras-y-secadoras/whirlpool-secadora-7mwed1600bm-33-lbs>. [Último acceso: 2 Febrero 2016].
- [36] manualsbase.com, «Manual de instrucciones de Whirlpool Thin Twin 3LTE5243BN0,» [En línea]. Available: [http://www.manualsbase.com/es/manual/632343/washer\\_dryer/whirlpool/thin\\_twin\\_3lte5243bn0/](http://www.manualsbase.com/es/manual/632343/washer_dryer/whirlpool/thin_twin_3lte5243bn0/). [Último acceso: 20 Marzo 2016].
- [37] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=7OpEEFy>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].
- [38] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=AMC7i2D>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].
- [39] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=8GFoG89>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].
- [40] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=E7W0v9b>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].
- [41] Santamaría, Germán, EDITEX, S.A. p. 31. ISBN 9788497715362., 2009.
- [42] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=LRR8pBH>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].
- [43] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=R7YxPPp>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].
- [44] R. A. ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=bx9apzz>. [Último acceso: 23 Marzo 2016].

## ANEXO A

```
%%
%%UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
%%CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LAS CARGAS DE ALTO CONSUMO
%%REALIZADO POR: PAUL CHACON
%%COCINA DE INDUCCION, LAVADORA ELECTRICA, SECADORA ELECTRICA
clc
clear all
close all
%%LAVADORA 1
%%lavadora baja
x=xlsread('labaja1promedio.xlsx');
num=(1:1:2780);
graf=x(:,2);
figure(1)
plot(num,graf)
grid on
title('Lavadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Lavadora media
y=xlsread('lamedia1promedio.xlsx');
graf2=y(:,2);
figure(2)
plot(num,graf2)
grid on
title('Lavadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Lavadora full
z=xlsread('lafull1promedio.xlsx');
graf3=z(:,2);
figure(3)
plot(num,graf3)
grid on
title('Lavadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%LAVADORA 2
%%lavadora baja
x2=xlsread('labaja2promedio.xlsx');
graf4=x2(:,2);
figure(4)
plot(num,graf4)
grid on
title('Lavadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Lavadora media
y2=xlsread('lamedia2promedio.xlsx');
graf5=y2(:,2);
figure(5)
plot(num,graf5)
grid on
title('Lavadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Lavadora full
z2=xlsread('lafull2promedio.xlsx');
graf6=z2(:,2);
figure(6)
```

```

plot(num,graf6)
grid on
title('Lavadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%SECADORA 1
%%Secadora baja
o=xlsread('sebajalpromedio.xlsx');
graf7=o(:,149);
figure(7)
plot(num,graf7)
grid on
title('Secadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Secadora media
p=xlsread('semedialpromedio.xlsx');
graf8=p(:,149);
figure(8)
plot(num,graf8)
grid on
title('Secadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Secadora Full
q=xlsread('sefull1promedio.xlsx');
graf9=q(:,149);
figure(9)
plot(num,graf9)
grid on
title('Secadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%SECADORA 2
%%Secadora baja
o1=xlsread('sebaja2promedio.xlsx');
graf10=o1(:,149);
figure(10)
plot(num,graf10)
grid on
title('Secadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Secadora media
p1=xlsread('semedia2promedio.xlsx');
graf11=p1(:,149);
figure(11)
plot(num,graf11)
grid on
title('Secadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Secadora Full
q1=xlsread('sefull2promedio.xlsx');
graf12=q1(:,149);
figure(12)
plot(num,graf12)
grid on
title('Secadora')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')

```

```

%%Cocina 1
%%Cocina Full
r=xlsread('cofull1promedio.xlsx');
graf13=r(:,149);
figure(13)
plot(num,graf13)
grid on
title('Cocina')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Cocina media
s=xlsread('comedialpromedio.xlsx');
graf14=s(:,149);
figure(14)
plot(num,graf14)
grid on
title('Cocina')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Cocina 2
%%Cocina Full
r1=xlsread('cofull2promedio.xlsx');
graf15=r1(:,149);
figure(15)
plot(num,graf15)
grid on
title('Cocina')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Cocina media
s1=xlsread('comedia2promedio.xlsx');
graf16=s1(:,149);
figure(16)
plot(num,graf16)
grid on
title('Cocina')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Cocina China
%%Prueba FULL
chi=xlsread('cocichina.xlsx');
china=chi(:,2);
figure(17)
plot(num,china)
grid on
title('Cocina')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%Prueba Media
chin=chi(:,1);
figure(18)
plot(num,chin)
grid on
title('Cocina')
xlabel('Número de muestras')
ylabel('Corriente (A)')
%%

```

## ANEXO B

```
%%UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
%%COMPONENTES PRINCIPALES
%%REALIZADO POR: PAUL CHACON
%%Lavadora 1
p=xlsread('pca1');
a=pca(p);
a1=[a(:)];
%%Lavadora 2
q=xlsread('pca2');
b=pca(q);
b1=[b(:)];
%%Secadora 1
r=xlsread('pca3');
c=pca(r);
c1=[c(:)];
%%Secadora2
s=xlsread('pca4');
d=pca(s);
d1=[d(:)];
%%Cocina 1
t=xlsread('pca5');
e=pca(t);
e1=[e(:)];
%%Cocina 2
u=xlsread('pca6');
f=pca(u);
f1=[f(:)];
```

## ANEXO C

```
%%UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
%%ENTRENAMIENTO RED NEURONAL
%%REALIZADO POR: PAUL CHACON
P=[a1 b1 c1 d1 e1 f1] %% VARIABLES DE ENTRADA
T=[0 0 1 1 1 1; 0 0 0 0 1 1] %% VARIABLES DESEADAS

%%Red Neuronal
net = newff(P, T, [8 5 5 5
1], {'tansig', 'tansig', 'tansig', 'tansig', 'logsig'});
net.trainParam.max_fail = 3000; %% VALIDACION CRUZADA
net.trainParam.min_grad=1e-8; %% GRADIENTE
net.trainParam.lr=0.001;
net.trainParam.epochs=3000; %%EPOCAS
net.trainParam.goal=1e-10; %%PERFORMANCE
net.trainParam.mu_max=1e100;

net = train(net,P,T); %%APRENDIZAJE
ouputs = round(net(P)) %%SALIDA
```

```

%%UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
%%FUNCION PARA ESTIMAR ELECTRODOMESTICO
%%REALIZADO POR: PAUL CHACON
function [y] = estimador(Volt,Corr);
load net.mat %%RED
a=pca([Volt Corr]);
a1=[a(:)];
x=round(net(a1));
z=sum(x);
if z==0
    y='Lavadora';
end
if z==1
    y='Secadora';
end
if z==2
    y='Cocina';
end
if z>2
    y='NO SE RECONOCE';
end
end

%%UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
%%PRUEBA ESTIMADOR
%%REALIZADO POR: PAUL CHACON
Volt=xlsread('volt1');
Corr=xlsread('corr1');

```

```
Electrodomesticos = estimador(Volt,Corr)
```

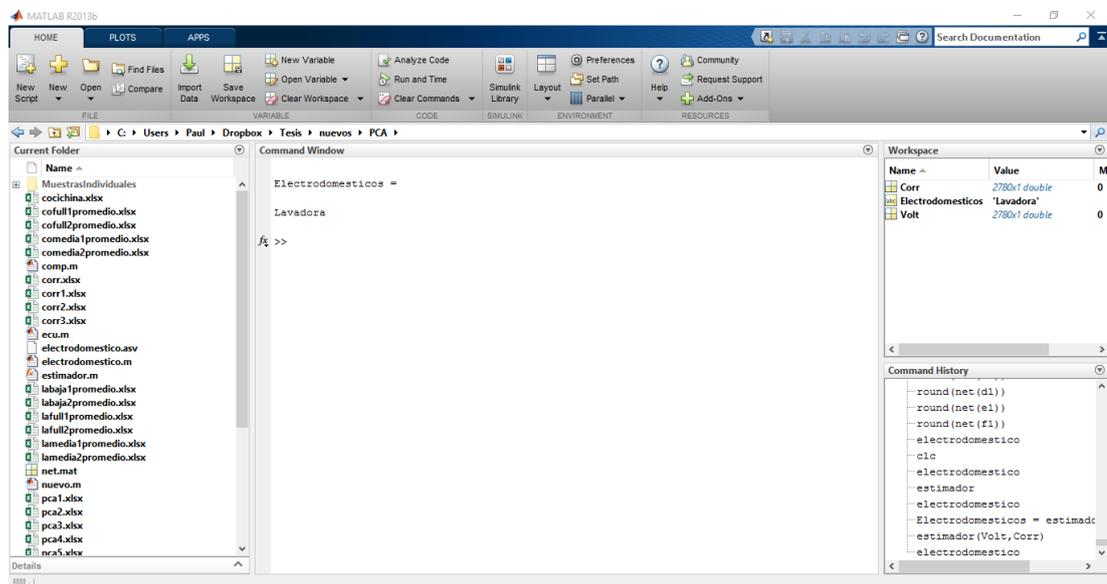


Ilustración 54 Estimador lavadora.

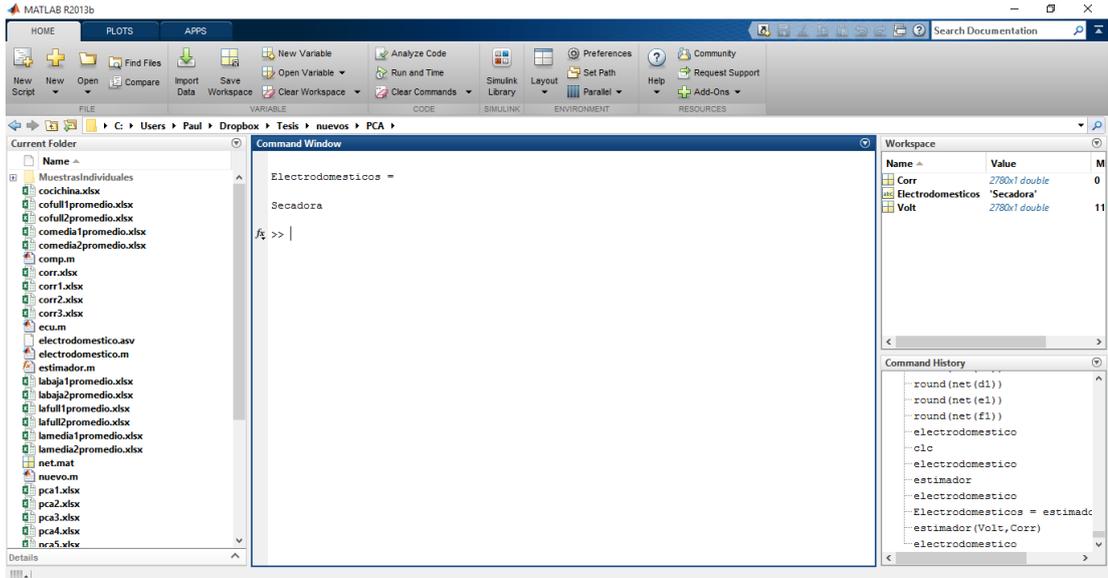


Ilustración 55 Estimador Secadora.

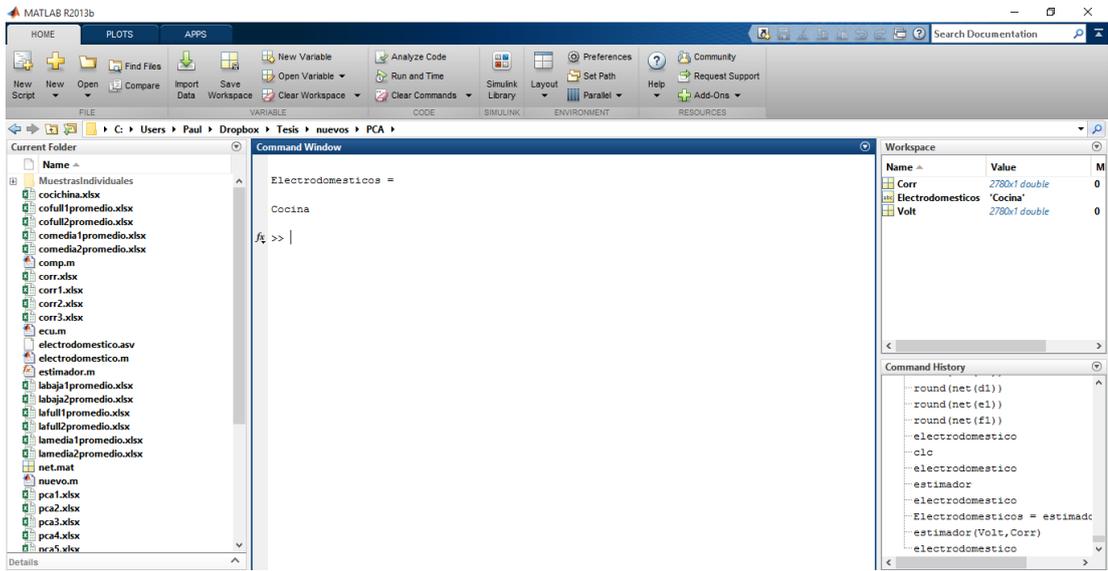


Ilustración 56 Estimador Cocina.