



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ANÁLISIS DE LA TASA DE FALLOS DEL CONTROL
ELECTRÓNICO DE SECADORAS DE ROPA INDUSTRIAL EN
CONDICIONES DE OPERACIÓN VARIABLES

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

AUTOR: CESAR SANTIAGO ULLOA GALINDO

DIRECTOR: ING. DIEGO EFRAIN VERDUGO ORMAZA

AZOGUES - ECUADOR

2020

*Yo me gradúe en los
50 años de La Cato!*

©Derechos de autor Santiago Ulloa G
Todos los derechos reservados

Dedicatoria

A Dios

Por bendecirme con la salud y la sabiduría para alcanzar esta meta.

A mis padres y hermanos

Por su apoyo absoluto, amor, paciencia y sacrificios realizados para mi superación personal y profesional. Les amo mucho.

A mi esposa y mis hijos

Por su amor, paciencia y comprensión que me tuvieron este tiempo para la culminación de mis estudios, ellos son el motor más grande que Dios me pudo regalar. Les amo.

Agradecimientos

Primeramente quiero agradecer a Dios por la vida y los dones del espíritu santo que me regalo para concluir la meta anhelada.

A mis padres por ser quienes con su amor, consejos, motivación y trabajo hicieron posible lograr este objetivo.

A mi director de tesis Ing. Diego Verdugo, quien con sus conocimientos, experiencia ha logrado guiarme para la culminación de la tesis con éxito.

Resumen

Este documento presenta una propuesta de investigación de las causas más probables de falla en condiciones de operación, nominales y variables, a las que están expuestas las tarjetas de control de las secadoras industriales (*Speed Queen*, STD32DG). Con esta propuesta se espera mejorar y alargar la vida útil de las secadoras de la lavandería fresh ubicada en la ciudad de Cuenca. Factores económicos de tiempo y de operación hacen que el estudio de las tasas de fallas de las tarjetas sea obligatorio. Presumiblemente, el calor, la humedad excesivas y la corriente, provocan que las tarjetas se estropeen con facilidad creando al propietario de la lavandería angustia, pérdida de dinero y tiempo. Cuando alguna de las tarjetas controladoras falla, el tiempo de paro de la máquina secadora es típicamente indefinido. Este estudio permitirá conocer las causas más probables de falla de las tarjetas de control de las máquinas secadoras a través de datos tomados por los sensores y realizar un análisis mediante gráficas para determinar los posibles fallos. Mediante el sensor DHT 11 se obtendrá los datos de humedad y temperatura de la tarjeta de control, con el sensor de corriente SCT-013-30A se obtendrá los datos de corriente en las tarjetas de control y con el módulo micro SD se procedió a guardar los datos obtenidos durante un tiempo. Se tomó datos en la entrada de las tarjetas de control tanto en la tarjeta con menor incidente y la tarjeta con mayor incidente de falla, los datos obtenidos son temperatura, humedad y corriente, de igual forma se tomó datos a la salida de la tarjeta de control, se obtuvo datos de corriente al vacío y con diferentes tipos de ropa (liviana, jean, toallas), peso (5, 10,20libras). Se realizaron las comparaciones respectivas de temperatura, humedad, corriente y se determinó que no existía ninguna anomalía en la tarjeta de control, debido a que los picos que se presentaban eran en los arranques de la máquina y estaba dentro de los parámetros establecidos. Lo que se recomienda al dueño de la lavandería es la colocación de un banco de condensadores debido a la penalización por el factor de potencia existente.

Palabras clave: Tarjetas de control, análisis de datos, medidor de datos

ABSTRACT

This research is presented to investigate the most likely causes of failure in operating conditions, nominal and variable, to which the control cards of the speed queen industrial dryers, std32dg, are exposed. It proposes to improve and extend the service life of the fresh laundry located in Cuenca City. Economic factors of time and operation make the study of mainboard failure be mandatory. Presumably, the heat excessive humidity and the flow, has as effect that the boards get damaged easily, and it causes, waste of money and time. When any of the controller boards fails, the downtime of the dryer is typically indefinite. This study will allow to know the most probable causes of failure of the control boards of the drying machines through data taken by the sensors and to carry out an analysis by means of graphs to determine the possible failures.

Using the dht 11 sensor, the humidity and temperature data of the control board will be gotten, with the current sensor sct-013-30a, the current data will be obtained on the control boards and with the micro sd module we backed up the information. Data was gotten at the input of the control board both on the card without failure vs the card with failure, the data obtained are temperature, humidity and flow, in the same way data was gotten at the output of the control card, it was obtained data of vacuum current and with different types of clothes (light, jean, towels), weight (5, 10, 20lbs). The comparisons of temperature, humidity, flow were made and it was determined that there was no anomaly in the control card, because the peaks that were presented were at the start of the machine and was within the established parameters. It is recommended to the owner of the laundry the placement of a capacitor bank due to the penalty because of the existing power factor.

KEYWORD: CONTROL CARDS, DATA ANALYSIS, DATA METER

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Descripción del problema	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Hipótesis	2
1.5. Metodología	2
1.6. Plan de trabajo	3
2. Marco teórico	4
2.1. Secadoras aplicadas marca <i>Speed Queen</i>	4
2.2. Arduino	6
2.2.1. Arduino Mega 2560	6
2.3. Sensores	9
2.3.1. Sensor DHT 11	11
2.4. Módulo micro SD	12
2.5. Memoria micro SD	13
2.5.1. Memoria micro SD card 16GB Kingston	14
2.6. Módulo RTC DS1302	15
2.7. Sensor de corriente SCT-013-30A	16
2.8. Reguladores de corriente	17
2.9. Situación actual de las tarjetas	18
3. Metodología	19
3.1. Diseño de Hardware	19
3.2. Circuito de acondicionamiento para la señal del sensor	20
3.3. Programa en Arduino	22
3.4. Circuito	24
3.5. Recolección de datos	25
4. Análisis de resultados	28
4.1. Análisis de datos	28

5. Conclusiones	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	57
Referencias	59
A. Código Arduino	61
B. Código MATLAB	65
B.1. Código para PCA	65
B.2. Código para análisis de dispersión	69
B.3. Código para análisis de espacio de estados	70
C. Especificaciones de la hoja de datos del sensor de corriente SCT-013-030	73
C.1. Hoja de datos del sensor de corriente	73
D. Construcción del prototipo	74
D.1. Construcción de la caja	74
D.2. Montaje y construcción de la tarjeta del equipo de adquisición de datos	74
D.3. Colocación del circuito en la caja	75
D.4. Caja terminada	76
E. Medición y funcionamiento del prototipo	77
E.1. Medición del sensor de corriente en la tarjeta	77
E.2. Medición del multímetro en la corriente de la tarjeta	77
E.3. Medición del multímetro en la corriente pico	78
F. Valores de la planilla de luz	79
F.1. Planilla de consumo de la empresa eléctrica	79
G. Valores obtenidos por los sensores	80
G.1. muestra los valores, fecha y hora del comportamiento de los sensores en las tarjetas de control.	80

Índice de cuadros

1.1. Cronograma de actividades	3
2.1. Especificaciones secadoras industriales	6
2.2. Características técnicas del Arduino Mega 2560	7
2.3. Especificaciones sensores	10
2.4. Características técnicas del sensor DHT 11	11
2.5. Características técnicas del módulo micro SD	12
2.6. Características técnicas de la micro SD	14
2.7. Características técnicas módulo RTC DS1302	15
2.8. Características técnicas módulo corriente SCT-013-30A	16
4.1. Estadística descriptiva	29
4.2. Los datos escogidos para comparar	29
4.3. Comparación ciclos parecidos días 24 - 14 de enero	31
4.4. Comparación ciclos parecidos días 25 - 18 de enero	32
4.5. Comparación ciclos parecidos días 21 - 16 de enero	33
4.6. Comparación ciclos parecidos días 22 - 15 de enero	34
4.7. Comparación ciclos parecidos días 23 - 17 de enero	35
4.8. Comparación muestra 1	37
4.9. Comparación muestra 2	38
4.10. Comparación muestra 3	39
4.11. Comparación muestra 4	40
4.12. Comparación muestra 5	41
4.13. Comparación muestra 6	42
4.14. Comparación muestra 7	43
4.15. Comparación muestra 8	44
4.16. Comparación muestra 9	45
4.17. Comparación muestra 10	46
4.18. Comparación muestra 11	47
4.19. Comparación muestra 12	48
4.20. Comparación muestra 13	49
4.21. Estadística descriptiva de temperatura	50
4.22. Estadística descriptiva de humedad	51
4.23. Estadística descriptiva de corriente	51

Índice de figuras

2.1. Secadoras aplicadas	4
2.2. Arduino Mega 2560	9
2.3. Sensor DHT 11	12
2.4. Módulo micro SD	13
2.5. Tipos de memorias	14
2.6. Memoria micro SD card 16GB Kingston	15
2.7. Módulo RTC DS1302	16
2.8. Sensor de corriente SCT 013 030	17
3.1. Interconexión con los dispositivos	20
3.2. Circuito de resistencia de carga	21
3.3. Circuito de acondicionamiento para la señal del sensor	22
3.4. Diagrama de flujo	23
3.5. Circuito terminado	24
3.6. Sensor DHT 11	26
3.7. Sensor SCT-013-30A	26
3.8. Datos de los sensores	27
4.1. Datos del 24 - 14 de enero	30
4.2. Datos del 25 - 18 de enero	32
4.3. Datos del 21 - 16 de enero	33
4.4. Datos del 22 - 15 de enero	34
4.5. Datos del 23 - 17 de enero	35
4.6. Diagrama de bloques	36
4.7. Muestra 1	37
4.8. Muestra 2	38
4.9. Muestra 3	39
4.10. Muestra 4	40
4.11. Muestra 5	41
4.12. Muestra 6	42
4.13. Muestra 7	43
4.14. Muestra 8	44
4.15. Muestra 9	45
4.16. Muestra 10	46

4.17. Muestra 11	47
4.18. Muestra 12	48
4.19. Muestra 13	49
4.20. Muestra 13	50
4.21. Histograma de temperatura	52
4.22. Histograma de humedad	53
4.23. Histograma de corriente	53
4.24. Espacio de estados tarjeta con menor incidente de falla	54
4.25. Espacio de estados tarjeta con menor incidente de falla	55
4.26. Análisis de dispersión	56
C.1. Especificaciones del sensor de corriente SCT'013-030	73
D.1. Armado de la caja	74
D.2. Montaje de materiales	75
D.3. Montaje de materiales	75
D.4. Montaje sensor DHT11	76
D.5. Prototipo terminado	76
E.1. Medición del sensor	77
E.2. Medición del multímetro cuando la máquina esta en funcionamiento	77
E.3. Medición del multímetro en arranque	78
F.1. Valor de la planilla	79

Capítulo 1

Introducción

Las máquinas secadoras marca *Speed Queen* son máquinas de doble tambor con un número de serie DTCK9703036298. Las máquinas tienen procedencia de los Estados Unidos en los años 2000, para la lavandería fresh ubicada en la ciudad de Cuenca. Las máquinas secadoras tienen, actualmente, un tiempo de vida aproximado de 19 años y operan típicamente entre 8 a 10 horas diarias. Las tarjetas de las secadoras suelen dañarse cada año, presumiblemente por factores de calor, humedad y variación de voltaje. La ubicación actual de las tarjetas provoca que el sistema esté sometido a una ventilación limitada, por ello los cables y sócalos que pasan sometidos al calor y la humedad suelen calentarse. La lavandería fresh no tiene un manejo adecuado de inventario de las tarjetas de control; por este motivo, cuando existen averías existe el riesgo de paros indefinidos. Este trabajo de investigación propone el estudio de las causas más probables de fallas de las tarjetas de control electrónico de las máquinas de secado.

1.1. Motivación

Este proyecto de investigación fue motivado porque existe un gran problema en las tarjetas de control de las secadoras industriales de la lavandería fresh ubicada en la ciudad de Cuenca. La tasa de fallas en las tarjetas de control electrónico de las secadoras industriales presumiblemente, el calor, la humedad excesiva, falta de ventilación y las variaciones de voltaje hacen que este estudio sea necesario para alargar la vida útil de las tarjetas de control. Muchas de las veces cuando una tarjeta deja de funcionar, el tiempo de paro típicamente es indefinido. Debido a que la lavandería fresh no tiene un manejo adecuado de inventario presumiblemente por el precio de las tarjetas y que las tarjetas solo se lo consigue en los Estados Unidos.

1.2. Descripción del problema

Las tarjetas de las secadoras se averían en promedio una vez cada año. Los motivos habituales de falla son, intuitivamente, exceso de temperatura en el lugar de operación, alta humedad y variaciones de voltaje.

Existen varios trabajos relacionados a la monitorización y análisis de variables de operación de dispositivos, en general. Por ejemplo, los autores, (Li, Li, y Zhang, 2018), utilizan el microcontrolador STC89C52 para cumplir con el almacenamiento de la información y la adquisición de datos analógicos, utilizan GSM para transferir la información, y el módulo para recopilar los datos. Adicionalmente, existen otras alternativas de adquisición de datos. Por ejemplo

(David, Chima, Ugochukwu, y Obinna, 2015), presentan un proyecto de bajo costo, control flexible y un sistema de monitoreo ambiental. Se emplea un micro incorporado-servidor web en *Arduino Mega 2560* microcontrolador, conectividad IP para el acceso y el control de dispositivos y aparatos de forma remota. Estos dispositivos pueden ser controlados a través de una aplicación web o mediante una aplicación *Bluetooth* para *Smart phone* Android. El sistema propuesto no requiere un PC servidor dedicado con respecto a sistemas similares y ofrece un novedoso protocolo de comunicación para monitorear y controlar el entorno.

La lavandería fresh ubicadas en la ciudad de Cuenca cuenta con máquinas secadoras industriales de marca *Speed Queen* modelo STD32DG, serie DTCK9703036298, con está propuesta se espera mejorar y alargar la vida útil de estas máquinas, a través de un sistema de bajo costo basado en un microcontrolador que cumplirá con el almacenamiento de la información de datos proporcionados por sensores de humedad y temperatura. El módulo cumplirá con el almacenamiento de estos datos para el análisis de la tasa de fallas más probables en condiciones de operación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las causas más probables que ocasionan daños en las tarjetas de las secadoras de ropa de la lavandería fresh, Marca *Speed Queen* modelo STD32DG serie DTCK9703036398.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de las tarjetas de la lavandería fresh.
- Diseñar y construir un prototipo capaz de captar la variación de los factores ambientales (temperatura y humedad) en las tarjetas de control.
- Determinar rangos de variables que afecten negativamente la operación de las máquinas.
- Obtener los resultados del estudio de las tarjetas y exponerlos mediante conclusiones y recomendaciones.

1.4. Hipótesis

La mayoría de fallas de las tarjetas de control de las máquinas secadoras son atribuibles a factores ambientales y variaciones de voltaje.

¿Qué consecuencias tienen los factores ambientales en el funcionamiento o el deterioro temprano de las tarjetas y cuál será su estrategia de mitigación?

1.5. Metodología

1. Esta investigación de las tasas de fallas de las tarjetas iniciará con la revisión del estado del arte.

2. Continuará con una investigación de campo, basada en la observación de la tasa de fallas y el diagnóstico actual de las tarjetas.
3. Luego se realizará el diseño e implementación del sistema de monitoreo para determinar los rangos de variables que estén afectando negativamente la operación de las tarjetas.
4. Finalmente se desarrollará un análisis de resultados tanto técnicos como económicos para definir la factibilidad del estudio y alargar la vida útil de las máquinas.

1.6. Plan de trabajo

El cuadro 1.1 muestra el plan de trabajo dispuesto para este proyecto.

Cuadro 1.1: Cronograma de actividades

Actividades	Inicio	Fin
Recopilación de la información.	Agosto 2019	Septiembre 2019
Revisión teórica capítulo I por el tutor.	Septiembre 2019	Septiembre 2019
Diagnosticar la situación actual de las tarjetas.	Octubre 2019	Noviembre 2019
Revisión capítulo II por el tutor.	Noviembre 2019	Noviembre 2019
Analizar resultados obtenidos.	Diciembre 2019	Enero 2020
Revisión capítulo III por el tutor.	Febrero 2020	Febrero 2020
Análisis de resultados.	Febrero 2020	Mayo 2020
Revisión capítulo IV por el tutor.	Mayo 2020	Mayo 2020
Elaboración de las conclusiones y recomendaciones.	Junio 2020	Junio 2020
Revisión capítulo V por el tutor.	Junio 2020	Junio 2020

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Secadoras aplicadas marca *Speed Queen*

La figura 2.1 muestra brevemente la secadora industrial de la lavandería fresh marca *Speed Queen* modelo STD32DG serie DTCK9703036398, que va a ser analizadas en el estudio de fallas, a continuación se observa también las partes principales de estas máquinas.



Figura 2.1: Secadoras aplicadas

Partes de las secadoras industriales aplicadas de la lavandería fresh

1. Tarjeta de control de la secadora de columna de la parte inferior.
2. Secadora de la parte superior.
3. Filtro de pelusas de la secadora de la parte superior.
4. Tarjeta de control de la secadora de columna de la parte superior.
5. Secadora de la parte inferior.
6. Filtro de pelusas de la secadora de la parte inferior.

Características de las secadoras industriales marca *Speed Queen*

- Cámara del calentador de altas prestaciones: sirve para aumentar la eficiencia energética, disminuir el tiempo de secado y proporcionar un entorno de trabajo más confortable.
- Perforaciones ovales patentadas del tambor: estas ayudan a evitar los daños causados a las sábanas de barrido de la secadora por los objetos olvidados en los bolsillos de los clientes.
- Tambor con movimiento de inversión: ayuda a impedir que se enreden las prendas grandes, lo cual produce un secado uniforme y facilita la extracción de las cargas cuando finaliza el ciclo.
- Capacidades de 23 kg (50 lb).
- Posee menor cantidad de piezas móviles, lo cuál, implica menos problemas de mantenimiento y menos desgaste.
- Emplea una únicas toma de gas, electricidad y escape con la finalidad de simplificar la instalación y disminuir el costo. (Alliance Laundry Systems LLC@2019, s.f.).

Especificaciones de las máquinas industriales marca *Speed Queen* modelo STD32DG serie DTCK9703036398

El cuadro 2.1 muestra las especificaciones de las máquinas secadoras que van hacer analizadas.

Cuadro 2.1: Especificaciones secadoras industriales

Especificaciones	Dimensiones
Acabado del gabinete	poliéster termoendurecible aplicada electrostáticamente
Tamaño del cilindro	(76,2 x 63,5 cm) perforada de acero galvanizado con tres deflectores
Salida de aire	6 in (15,24 cm)
Peso total en seco capacidad	60 lbs. (27,2 kg) ambos cilindros
Ancho	31-5 / 8 pulgadas (80,3 cm)
Profundidad	46-1 / 2 en (118 cm)
Altura.	72-1 / 4 pulgadas (183,5 cm)
Motor	1/2 HP, tiempo de vida lubricado, sobrecarga interna protegida
Especificaciones eléctricas	(17,3 Amp) sistema de puesta a tierra (Línea 1, gnd y tierra)
Datos de energía	63.000 BTU por hora (por bolsillo - 15.876 kcal)
Tipos de gas	Gas Natural (6 1/2 pulgadas de presión de la línea)
Conexión de gas	Media en la línea de 1,27 cm reduce a 0,95 cm de conexión NPT
Flujo de aire	375 CFM (177 litros / seg.)
Aprox. Peso neto	722 Libras (310.5 kg)

2.2. Arduino

Arduino es una placa de hardware libre de código abierto que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembras las cuales están unidas internamente a las plantillas E/S del microcontrolador que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores, actuadores y módulos con fácil conexión a la placa Arduino. Las placas pueden ser alimentadas a través de conexión USB o con un suministro de energía externa (Torrente Artero, s.f.).

La placa Arduino al ser la más económica del mercado, cuenta con un microcontrolador de la marca Atmel, interfaces de datos en serie, 2KB RAM (memoria de trabajo), 32KB Flash memoria (Croquis), 1KB de EEPROM (no volátil), CPU y puertos de entrada como de salida (Enríquez Herrador, 2009).

Arduino cuenta con varios tipos de placas, cada una con características específicas. Para este trabajo de grado se utilizará Arduino Mega 2560 por lo cuál es importante conocer alguna de sus características.

2.2.1. Arduino Mega 2560

Es una tarjeta de desarrollo de hardware libre construida con el microcontrolador Atmega 2560 de 8 bits, es por ello su nombre. Esta placa es una de las más poderosas de la familia de Arduino ya que cuenta con puertos de E/S digitales y analógicos, tiene pines designados para funciones específicas. Esta tarjeta es programable mediante un entorno de lenguaje llamado Processing/Wiring. Posee un microcontrolador de 16Mhz y tiene una memoria flash de 256K, 8KB de SRAM Y 4KB de EEPROM.

La comunicación entre el Arduino Mega y la computadora se produce a través de puerto serie. Posee un convertidor usb-serie, por lo que solo se necesita conectar el dispositivo a la computadora (Veloso Cristian, 2018).

Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560

El cuadro 2.2 muestra las especificaciones de la placa Arduino Mega 2560 que vamos a utilizar.

Cuadro 2.2: Características técnicas del Arduino Mega 2560

Especificaciones	Valor
Microcontrolador.	ATmega 2560
Voltaje operativo.	5V
Voltaje de entrada.	7 a 12V
Voltaje de entrada (limites).	20 V
Pines digitales de entrada/salida.	54 (15 proporcionan salida PWN)
Pines de entrada analógica.	16
DC Corriente por pin entrada/salida.	20mA
DC Corriente por pin 3.3V.	50mA
Memoria flash.	256KB de los cuales 8KB se usan para el bootloader
SRAM.	8KB
EEPROM.	4KB
Velocidad de reloj.	16Mhz

A continuación, se detalla algunas características de los pines designados para funciones específicas en la placa Arduino Mega.

Cuenta con 4 puertos seriales UARTs:

- Serial 0: 0 (RX) Y 1 (TX); Los pines 0 y 1 también están conectados a los pines correspondientes del chip convertidor USB a TTL.
- Serial 1: 19 (RX) y 18 (TX)
- Serial 2: 17(RX) y 16 (TX)
- Serial 3: 15(RX) y 14 (TX)

Interrupciones en los pines

- Pin 2: interrupción 0

- Pin 3: interrupción 1
- Pin 18: interrupción 5
- Pin 19: interrupción 4
- Pin 20: interrupción 3
- Pin 21: interrupción 2

14 pines de PWM

- Pines 2 al 13: proporciona salidas PWM de 8bits
- Pines 44 al 46: proporciona salidas PWM de 8bits

Pines de comunicación SPI

- Pin 50: MISO
- Pin 51: MOSI
- Pin 52: SCK
- Pin 53: SS

Puertos para la comunicación I2C

- Pin 20: SDA
- Pin 21: SCL

Para la realización de este trabajo de grado utilizaremos el Arduino Mega debido a que este en comparación con el Arduino Uno tiene mayor número de pines de entrada y salida. Cabe recordar también que tiene mayor número de pines de alimentación de 5 V que necesitamos para la colocación de los sensores que funcionaran en nuestro proyecto. Además, tiene una memoria de mayor capacidad lo que permitirá utilizarlo para códigos muy grandes, que requieran de una gran cantidad de variables.

La figura 2.2 muestra brevemente la placa Arduino Mega que vamos a utilizar

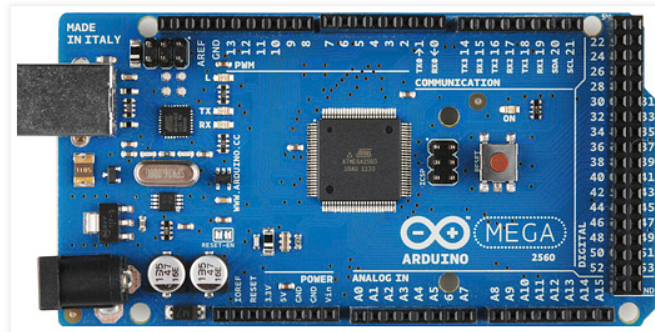


Figura 2.2: Arduino Mega 2560

2.3. Sensores

Los sensores imitan la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello es cada vez más usual encontrarlos incorporados a cualquier área tecnológica. Debido a estas características de imitar la percepción humana, podemos encontrar sensores relacionados con los diferentes sentidos: vista, oído, tacto, es decir, que reaccionan a la luz, el sonido, el contacto, etc. De igual manera que nuestro cerebro reacciona a la información que recibe de nuestros sentidos, los dispositivos que incorporan sensores reaccionarán a la información que recibe de ellos. Los sensores son por tanto dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el entorno, de forma que nos proporcionan información de ciertas variables que nos rodean para poder procesarlas y así generar órdenes o activar procesos (Serna Ruiz, Ros García, y Rico Noguera, 2010).

Un sensor que también se conoce como entrada o input es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos y responder en consecuencia. Es decir nos permiten captar la información del medio físico, químico que nos rodea. Se encarga de medir las magnitudes físicas, químicas y transformarlas en señales eléctricas capaces de ser entendidas por un microcontrolador capaz de detectar magnitudes químicas o físicas y transformarlas en señales eléctricas.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en un detector de temperatura), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad o un sensor capacitivo), una corriente eléctrica (como en un transistor sensible a la luz) (Paola Guimerans, 2018).

Características

Para elegir un sensor según sea la necesidad o la aplicación, es necesario tener en cuenta algunos aspectos para obtener un mejor rendimiento de dicho sensor los cuáles son:

- Rapidez en la respuesta.
- Situación donde van a ser utilizados.
- Radio de acción.

- Fiabilidad en el funcionamiento.
- Tensiones de alimentación.
- Consumo de corriente..
- Márgenes de temperatura de funcionamiento.
- Posibles interferencias por agentes externos.
- Resistencia a la acción de agentes externos.
- Relación calidad-precio.

Es necesario tomar en cuenta determinadas características técnicas que nos ayuda mucho en la información sobre la calidad del sensor:

- Resolución es la mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Sensibilidad es la relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Error es la desviación de la medida proporcionada por el sensor respecto de la real. Se suele expresar en ' %' .
- Precisión es el error de medida máxima esperado.
- Repetibilidad es el error esperado al repetir varias veces la misma medida (Serna Ruiz y cols., 2010).

Especificaciones del tipo de sensores más utilizados habitualmente

El cuadro 2.3 muestra el tipo de sensores que habitualmente más se utiliza en función de la aplicación.

Cuadro 2.3: Especificaciones sensores

Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotorresistivos (LDR), fotoeléctricos
Temperatura	Termistores (PCT, NTC, semiconductores)
Humedad	Resistivos, capacitivos
Posición/inclinación	Mecánicos, resistivos, acelerómetros, magnéticos
Presencia	Magnéticos, infrarrojos, ultrasonidos
Distancia	Infrarrojos, ultrasonidos
Presión	Piezoeléctricos, resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, magnetorresistivos
Frío/calor	Células termoeléctricas (peltier)
Químicos	Detectores de gas y humo

2.3.1. Sensor DHT 11

El DHT11 es un modelo de sensor que permite realizar la medición simultánea de temperatura y humedad. Usa un sensor de capacidad para medir la humedad y un termistor para medir la temperatura que lo rodea. Está diseñado para medir temperaturas entre 0 a 50°C con una precisión de 2°C y para medir la humedad entre 20 % y 80 % con una precisión de 5 % con periodos de muestra de 1 segundo. Este sensor trabaja con una tensión de 3.3 a 5V.

Este sensor envía señales digitales calibradas lo que asegura una alta calidad y fiabilidad en sus mediciones a largo tiempo. Tiene una detección resistiva de componentes tanto para la humedad y de temperatura (NTC), conectados a un microcontrolador de 8 bits. Los datos que permiten mantener calibrado el sensor se guardan en una memoria OTP (Programable una sola vez), que es empleado para el proceso interno de la señal del sensor.

La transmisión de información de este sensor se ejecuta por medio de una serie de instrucciones sobre un hilo llamado protocolo wire donde un bus maestro y algunos esclavos transmiten la información sobre una sola línea de comunicación, permitiendo la eliminación de conexiones complejas. El diseño de este sensor permite una sencilla adaptación e implementación de cualquier hardware abierto, adicionalmente hace que las integraciones de este dispositivo en los proyectos sean rápidas, presentan un tamaño reducido, un bajo consumo de energía y una excelente capacidad de transmitir la señal en distancias cortas y largas (del Valle Hernández, 2017).

Especificaciones técnicas del sensor DHT 11

El cuadro 2.4 muestra las especificaciones técnicas del sensor de humedad y temperatura DHT 11.

Cuadro 2.4: Características técnicas del sensor DHT 11

Especificaciones	Valor
Modelo.	DHT 11
Voltaje operativo.	3 a 5.5 DC
Rango de medición de temperatura.	0 a 50°C
Precisión de temperatura.	2.0°C
Resolución de temperatura.	0.1°C
Rango de medición de humedad.	20 % a 90 % RH
Precisión de humedad.	5 %RH
Resolución humedad.	1 % RH
Tiempo de sensado	1 Seg
Interface digital.	Single-bus(bidireccional)

A continuación, se detalla las conexiones de los pines del sensor DHT 11.

- Pin (VCC): 5V
- Pin (E/S): DATA

- Pin (GND): 0V

Utilizamos el sensor DHT11 porque tiene doble función mide la temperatura y humedad, por otro lado su valor en el mercado es muy económico con respecto a otros sensores, los valores de medición son los adecuados para las tarjetas de control de las máquinas y finalmente cabe recordar que este sensor ya viene calibrado de fábrica.

La figura 2.3 muestra brevemente el sensor DHT 11 que vamos a utilizar

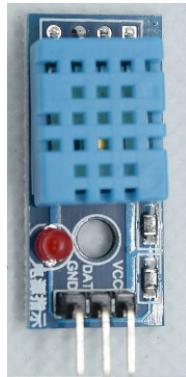


Figura 2.3: Sensor DHT 11

2.4. Módulo micro SD

Se trata de un módulo micro SD compatible con las tarjetas SD (comúnmente utilizadas en teléfonos móviles), son las tarjetas más pequeñas que existen en el mercado. Este módulo es muy aplicado para proyectos que requieren el registro de datos de sensores, audio, video y gráficos. Este módulo junto a una memoria MicroSD aumentará la capacidad de memoria del Arduino.

El mismo cuenta con el protocolo de comunicación SPI y una alimentación de 5V que lo hace compatible con Arduino Uno Y Mega, soporta tarjetas micro SD y micro SDHC (Dopico, 2019).

Especificaciones técnicas del módulo micro SD

El cuadro 2.5 muestra las especificaciones técnicas del módulo micro SD.

Cuadro 2.5: Características técnicas del módulo micro SD

Especificaciones	Valor
Modelo.	Módulo SD
Voltaje operativo.	3 a 5.5 DC

A continuación, se detalla las conexiones de los pines del módulo micro SD con la placa de Arduino.

- Pin (VCC): 5V
- Pin (GND): 0V
- Pin53 (comunicación): SS
- Pin52 (comunicación): SCK
- Pin 51 (Comunicación): MOSI
- Pin 50 (comunicación): MISO

La figura 2.4 muestra brevemente el módulo de la micro SD

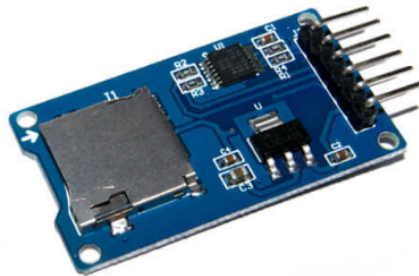


Figura 2.4: Módulo micro SD

2.5. Memoria micro SD

Las memorias SD son las más utilizadas por dispositivos portátiles, debido a la capacidad y su reducido tamaño, estas nos dan una excelente alternativa de almacenamiento de datos para usar con Arduino, sobre todo cuando necesitamos guardar gran cantidad de información.

En el mercado actual estas memorias las conseguimos en tres tamaños, SD estándar, Mini SD y Micro SD, siendo la última la más utilizada o común, las tres cumplen la misma función, pudiéndose usar diferentes tipos de adaptadores para utilizarlos en socketes de diferentes tamaños.

La comunicación de las interfaces son por SPI pero estas trabajan con 3.3 Voltios de corriente directa, para utilizar dichas memorias con Arduino necesitamos módulos externos que permiten conectar directamente los socket y los componentes necesarios para adaptar directamente los voltajes TTL e igualmente poder conectar sencillamente al Arduino (Naylamp, 2016a).

La figura 2.5 muestra brevemente los tipos de memorias micro SD

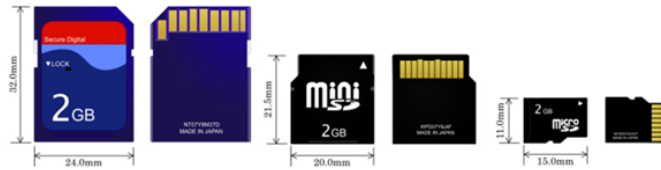


Figura 2.5: Tipos de memorias

2.5.1. Memoria micro SD card 16GB Kingston

Las memorias micro SDHC de Kingston están diseñadas para ser muy confiables, su diseño es ideal para el almacenamiento de datos, imágenes, videos, música, juegos, etc. Esta marca de tarjeta es compatible con Raspberry Pi, Arduino y demás plataformas de desarrollo. Esta tarjeta pertenece a la clase 4 que tiene una velocidad mínima de transferencia de datos de 4MB/Seg. La micro SD UHS-I es muy utilizada para la industria porque tiene una temperatura de operación en un rango de -40 a 80°C, por lo que resulta muy apropiada para la realización de este trabajo. Su alto rango de inserción es ideal para la aplicación en las cuales la tarjeta será insertada y removida de los dispositivos (Kingston, 2019).

Especificaciones técnicas de la micro SD

El cuadro 2.6 muestra las especificaciones técnicas de la tarjeta micro.

Cuadro 2.6: Características técnicas de la micro SD

Especificaciones	Valor
Modelo.	Memoria micro SD card
Voltaje de entrada.	3.3V
Capacidad.	16GB
Rendimiento.	90MB/Seg(lectura),45MB/Seg(escritura)
Formato.	FAT32(microSDHC)
Temperatura.	-40 a 85°C

La micro SD que vamos a utilizar para guardar datos es una de 8Gb que es suficiente memoria para guardar los datos extraídos diariamente por los sensores.

La figura 2.6 muestra brevemente la memoria micro SD card de marca kingston



Figura 2.6: Memoria micro SD card 16GB Kingston

2.6. Módulo RTC DS1302

El módulo RTC (Real Time Clock) o “Reloj de tiempo real” tiene un circuito integrado alimentado por una pila extraíble el cual, registra la fecha, el día de la semana y la hora al igual que un reloj digital convencional. El chip de este módulo tiene 32 bytes de RAM estática. Se comunica mediante un microprocesador a través de una interfaz serial simple. El reloj funciona en formatos de 24 horas o de 12 horas y opera con un voltaje de 2 a 5.5V.

La interfaz del módulo DS1302 se comunica en serie síncrona y solo es necesario tres cables para la comunicación con el reloj/RAM: CLK, DATA, RST. Los datos se transfieren hacia la RAM a una velocidad de 1byte o 31 bytes de una sola vez. Este módulo solo funciona con el Arduino Uno y el Arduino Mega. Nosotros utilizamos este módulo porque necesitamos tener en todo momento la fecha y la hora de los sensores actualizadas (Bolanos, 2017).

Especificaciones técnicas del módulo RTC DS1302

El cuadro 2.7 muestra las especificaciones técnicas del MÓDULO RTC DS1302.

Cuadro 2.7: Características técnicas módulo RTC DS1302

Especificaciones	Valor
Modelo.	DS1302
Voltaje operativo.	3 a 5.5 DC
Corriente requerida.	3.2 mA
Operación Temperatura.	0 a 70°C

A continuación, se detalla las conexiones de los pines del módulo de reloj.

- Pin (VCC): 5V
- Pin (GND): 0V
- Pin6 (E/S): CLK

- Pin7 (E/S): DATA
- Pin8 (E/S): RTS

La figura 2.7 muestra brevemente el módulo RTC DS1302



Figura 2.7: Módulo RTC DS1302

2.7. Sensor de corriente SCT-013-30A

El sensor utilizado para medir la corriente en las tarjetas de control pertenece a la familia SCT-013-30A de los no invasivos, para medir la corriente con este sensor lo único que debemos hacer es abrir el circuito al igual que una pinza amperométrica ya que utilizan el mismo mecanismo de medición. Estos sensores son transformadores de corriente, que funcionan por inducción electromagnética. La corriente que circula por el devanado primario y secundario representan la medida de corriente que circula por el cable. Es decir, la señal de salida del sensor es proporcional a la intensidad medida.

Existen diferentes modelos de sensores SCT-013-30A, la diferencia depende de la cantidad de espiras entre corriente que circula por el cable, esta relación es la que diferencia los modelos de sensores SCT-013-30A. Para este proyecto se utilizó el modelo SCT-013-30A que entrega una salida de voltaje entre +/-1V. Características del sensor de corriente (Luis del Valle, 2018; Naylamp, 2016b).

Especificaciones técnicas del módulo de corriente

El cuadro 2.8 muestra las especificaciones técnicas del sensor de corriente SCT-013-30A.

Cuadro 2.8: Características técnicas módulo corriente SCT-013-30A

Especificaciones	Valor
Modelo.	SCT-013-30A
Voltaje de salida.	+/- 1V
Temperatura de trabajo.	-25 a 70°C
Resistencia de muestreo.	62Ω
No linealidad.	1 %

Se escogió este sensor con respecto a otros sensores porque tiene una ventaja muy grande que no es necesario interrumpir (cortar o desempalmar) el cable donde se realizara la medición, trabaja en forma similar a una pinza amperimétrica por contar con un núcleo partido, a diferencia que para utilizar otros sensores como el ACS712 es necesario abrir el circuito para realizar las mediciones pretendidas.

En cuanto a su capacidad de medición de amperaje, se optó por la utilización de sensor SCT-013-30A, que brinda una capacidad de medición de hasta 30A que son suficientes para la aplicación del presente trabajo.

La figura 3.7 muestra brevemente el sensor de corriente SCT-013-30A



Figura 2.8: Sensor de corriente SCT 013 030

2.8. Reguladores de corriente

Son dispositivos encargados de mantener el nivel de corriente de manera constante en todo prototipo de dispositivos electrónicos. El objetivo de estos prototipos es estabilizar eficientemente las variaciones de voltaje que pudieran generar daño considerable o irreversible a los dispositivos electrónicos (Cosmos, s.f.; Cristina Camargo, s.f.).

Tipos de reguladores de corriente

Dependiendo de las características y aplicaciones particulares de los reguladores de corriente se clasifican en:

- Reguladores de corriente monofásicos: Este tipo de dispositivos de una sola fase son ideales para aplicaciones en equipos con capacidades pequeñas de corriente eléctrica, como electrodomésticos.
- Reguladores de corriente bifásicos: Los dispositivos de dos fases están diseñados en capacidades ideales para aplicaciones más robustas que las de los dispositivos monofásicos.
- Reguladores de corriente trifásicos: Estos dispositivos poseen capacidades grandes, siendo ideales para cubrir aplicaciones extensas, ya sea tanto de sectores comerciales como industriales.

Ventajas de los reguladores de corriente

Estos equipos representan una inversión importante para la protección de los equipos electrónicos, entre los beneficios que implican contar con estos equipos son:

- Son una solución a la medida a los requerimientos de cada área, ya sea doméstica, comercial o industrial.
- Reducen considerablemente los índices de baja calidad en la energía.
- Garantizan la seguridad y resguardo de equipos eléctricos.
- Generan ahorros importantes en reparaciones(Cosmos, s.f.).

2.9. Situación actual de las tarjetas

La lavandería fresh cuenta con 10 tarjetas de control de las cuales 5 están en funcionamiento, 2 están corto circuitadas debido a variaciones de voltaje y 3 funcionan solo 3 minutos y tiene un error.

Estas máquinas funcionan con voltaje de 110V, frecuencia de 60 Hertz y corriente de 17.3 A.

Para que estas tarjetas entre en funcionamiento el usuario de las máquinas tiene que colocar una moneda de \$ 0.25 centavos que tiene un tiempo de duración de 15 minutos de secado.

Presumiblemente los daños en las tarjetas de control se deben a factores externos como la temperatura, humedad y variaciones de corriente. La ubicación actual de las tarjetas conlleva que las tarjetas estén sometidas a una ventilación limitada, por ello los cables, sócalos que pasan sometidos al calor y la humedad suelen estar calientes.

Debido a estos factores lo que se realizará en las tarjetas de control es colocar un sensor de corriente para censar las variaciones de corriente en las máquinas, también se colocará un sensor de humedad y temperatura debido a que los cables, sócalos pasan sometidos al calor y humedad que las máquinas producen en su afán de secar la ropa.

Con la ayuda de Arduino se pretende realizar un programa para que cense los datos proporcionados por el sensor de corriente, sensor de humedad y temperatura, cada cierto tiempo estos datos obtenidos guardarlos en una memoria micro SD. Con este sistema se determinarán los rangos de variables que afecta negativamente la operación de las máquinas.

Capítulo 3

Metodología

En este capítulo, se detalla las propiedades y funcionamiento de los elementos que componen el prototipo capaz de medir las variaciones de los factores ambientales, de la misma manera, se establece la conexión de dichos dispositivos. También, se menciona la funcionalidad de los procesos de interacción entre los elementos del prototipo.

El sistema de análisis está compuesto por un dispositivo capaz de medir y monitorear en tiempo real los factores ambientales de las tarjetas analizadas, además dispone de un led que facilita al usuario ver en tiempo real si los datos se están guardando.

La información obtenida por los sensores se obtiene con Arduino y a su vez es guardada en una memoria micro SD, estos datos obtenidos por los sensores en tiempo real se pueden ver en el monitor serial del Arduino.

Los datos receptados por los sensores serán obtenidos por día, el prototipo estará funcionando desde el 13 de enero hasta el 04 de febrero del 2020; los datos guardados serán graficados y se hará el análisis de los factores ambientales que causan el daño en la tarjetas.

3.1. Diseño de Hardware

El sistema para el análisis de la tasa de fallas del control electrónico de secadoras de ropa, está compuesto por distintos componentes electrónicos, entre los más destacados se tiene: Arduino Mega 2560, sensor de corriente, sensor de humedad y temperatura, módulo micro SD, módulo RTC y una micro SD que sirve para guardar la información de las máquinas secadoras.

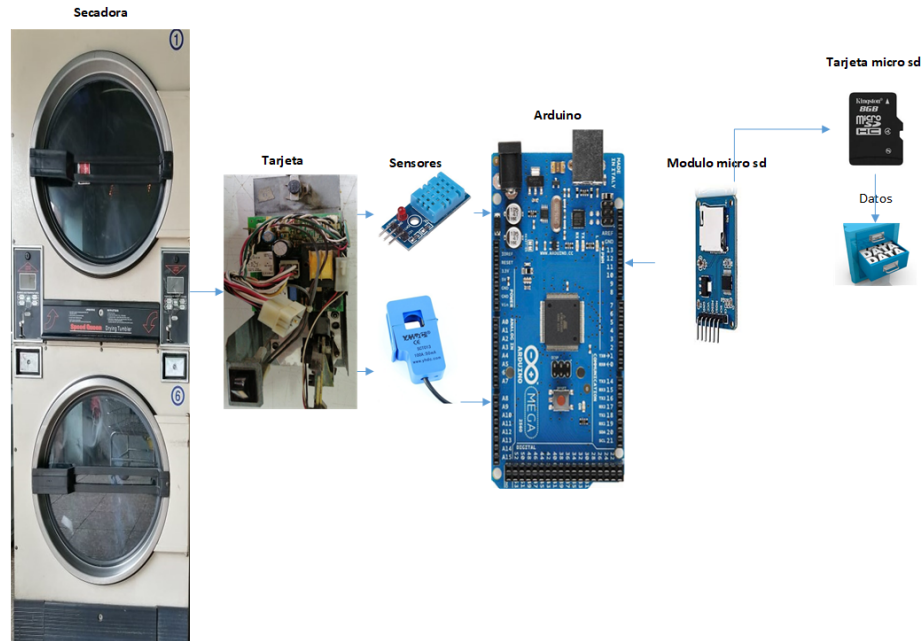


Figura 3.1: Interconexión con los dispositivos

3.2. Circuito de acondicionamiento para la señal del sensor

Calcular resistencia de carga

La señal de corriente debe ser convertida en una señal de voltaje porque el sensor SCT-013-030 tiene salida de corriente. El sensor es calibrado, para medir un máximo de 30AC RMS así que primero tenemos que conocer la corriente pico actual: (Luis del Valle, 2018; Gwil, Glin, Trystan, Kate, Claire, s.f.).

$$I_{MEDIDA} = \sqrt{2} * I_{RMS}$$

$$I_{MEDIDA} = \sqrt{2} * 30$$

$$I_{MEDIDA} = 42,43A$$

La corriente de salida se la define por el número de vueltas que en este caso es 1800 debido al apéndice C.1:

$$I_{SENSOR} = \frac{I_{MEDIDA}}{NVUELTAS}$$

$$I_{SENSOR} = \frac{42,43}{1800}$$

$$I_{SENSOR} = 0,02357A$$

Para maximizar la resolución de la medición, a medida que la corriente esta alternando alrededor de 0; el voltaje máximo en la resistencia de carga debe ser la mitad de lo máximo dado por la tarjeta Arduino = $2.5V_{dc}$

Calcula del valor de resistencia

$$R_{CARGA} = \frac{2,5}{I_{SENSOR}}$$

$$R_{CARGA} = \frac{2,5}{0,02357}$$

$$R_{CARGA} = 106,06\Omega$$

Para una mejor calibración utilizaremos un potenciómetro de $1k\Omega$ para poder tener mejores resultados en la medición.

La figura 3.2 muestra brevemente el circuito de acondicionamiento para obtener la resistencia de carga del sensor

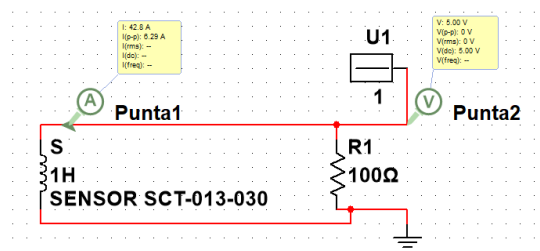


Figura 3.2: Circuito de resistencia de carga

Arduino no puede medir tensión negativa, por lo que necesitamos tener $V_{sensor} = 2.5V_{dc}$ para tener una tensión medible entre 0-5 Vdc. Para eso añadimos a nuestro circuito los siguientes elementos:

- 2 resistencias para el divisor de voltaje $R_a = R_b = 10k\Omega$ es bueno para evitar demasiado consumo de energía.
- 1 condensador electrolítico $C1 = 10\mu F$ que tiene una baja reactancia, unos pocos cientos de ohmios y proporciona un camino alternativo para la corriente alterna y eludir la resistencia.

La figura 3.3 muestra brevemente el circuito de acondicionamiento para obtener la señal del sensor de corriente

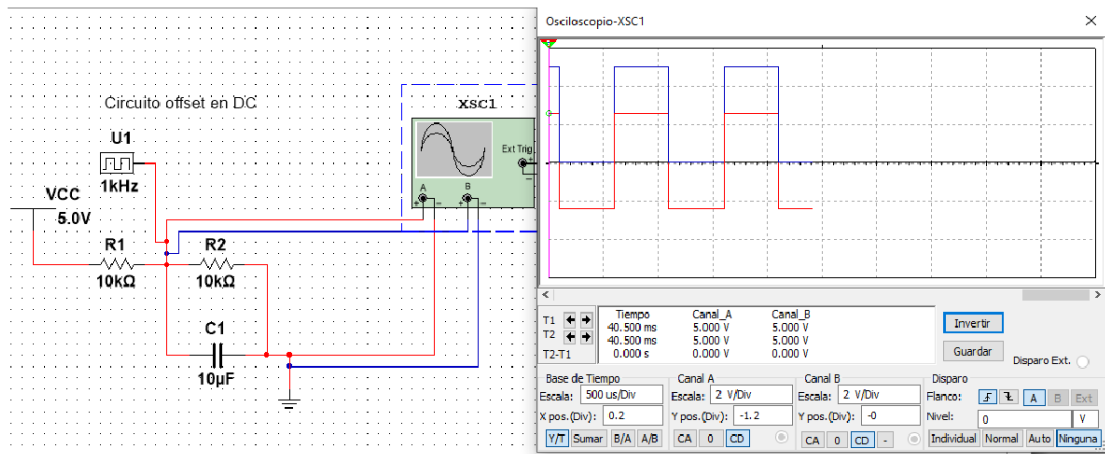


Figura 3.3: Circuito de acondicionamiento para la señal del sensor

El valor a colocar en la función `Energy.currente(pin_analogico, calibración)`, de la librería "EmonLib.h" correspondiente a la calibración y es calculado de la siguiente manera:

$$S_{CALIBRA} = \frac{N_{VUELTAS}}{R_{CARGA}}$$

$$S_{CALIBRA} = \frac{1800}{106,6}$$

$$S_{CALIBRA} = 18$$

3.3. Programa en Arduino

El programa que se realizó en este trabajo de sustentación se basa en la recepción de datos como: la temperatura, humedad, tiempo, fecha, corriente, con la finalidad de determinar el motivo por el cual se dañan las tarjetas. El mismo fue realizado en Arduino con la tarjeta MEGA.

Al inicio del programa se incluye las librerías para la interfaz SPI, SD, RTC, DHT, DHT_U, Emon lib. Estas contienen subrutinas que pueden ser llamadas para determinadas acciones dentro del programa. Conjuntamente, se declaran algunas variables para guardar los datos en la memoria micro SD y también tener siempre la hora y fecha exacta de cada dato guardado.

En la función `setup()`, se declaran los parámetros de la comunicación serial, se llama a los puertos de sensores, módulos y se establece la conexión con la tarjeta micro SD. Cabe mencionar que antes de ejecutar el programa se debe ajustar la fecha y hora en el módulo reloj. Esta función tiene un tiempo de duración de ocho horas, a través de la sentencia `for`, la cual determina el tiempo de trabajo de la tarjeta.

Se fija un procedimiento de adquisición de datos de los sensores, tanto sensores de temperatura, humedad y corriente, para ello se debe habilitar las entradas analógicas y consecuentemente se ejecutan las sentencias para calcular los datos de los sensores en tiempo real, dicha información es recopilada en un archivo llamado datos.txt y mostrado en tiempo real en el Monitor Serial de Arduino.

Esta secuencia se repetirá constantemente todos los días durante el tiempo que quiera guardar la información de la tarjeta de la máquina secadora.

La figura 3.4 muestra el diagrama de flujo del programa realizado en Arduino

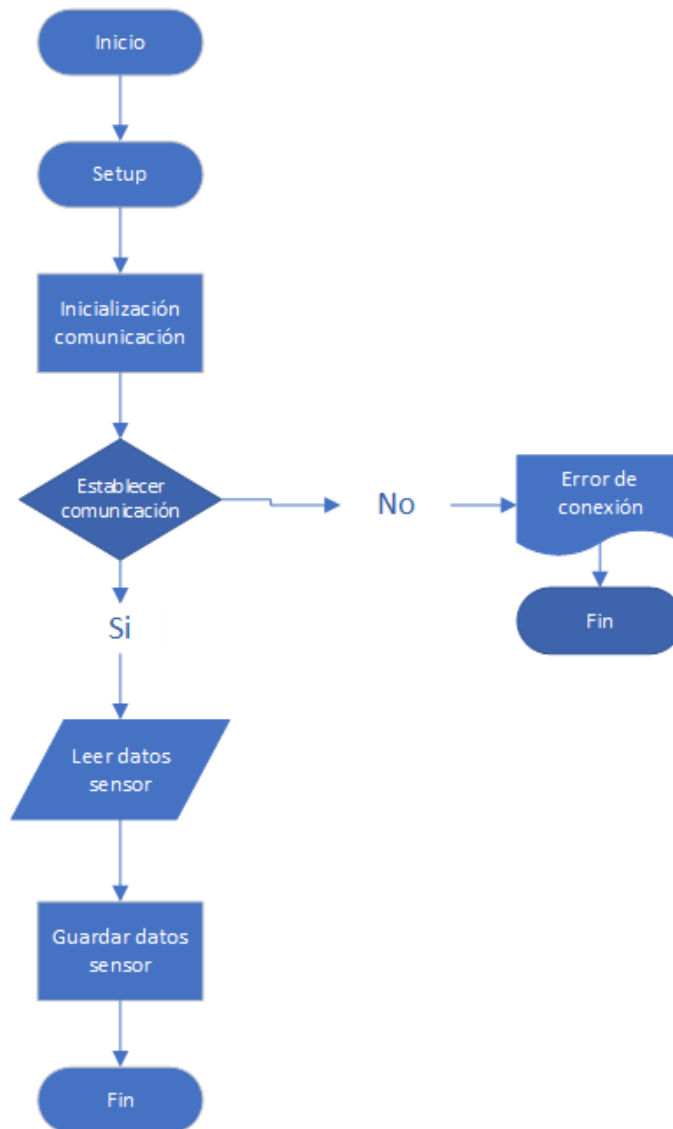


Figura 3.4: Diagrama de flujo

3.4. Circuito

La figura 3.5 muestra el circuito utilizado para recolectar los datos de los sensores

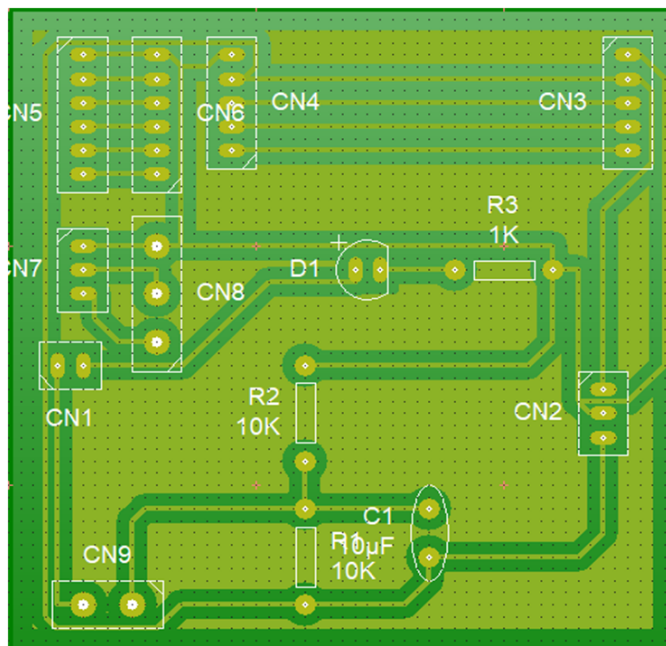


Figura 3.5: Circuito terminado

A continuación, se detalla las conexiones de los pines de los sensores y módulos utilizados en la placa Arduino Mega.

Conexión de pines sensor DHT 11

- VCC: 5V
- DATA: Pin 4
- GND: 0V

Módulo micro SD

- SS: Pin 53
- SCK: Pin 52
- MOSI: Pin 51
- MISO: Pin 50

- VCC: 5V
- GND: 0V

Módulo RTC DS1302

- VCC: 5V
- GND: 0V
- CLK: Pin 6
- DAT: Pin 7
- RST: Pin 8

Sensor de corriente SCT-013-30A

- Pin 1: Pin A0
- Pin 2: Circuito de resistencia

3.5. Recolección de datos

Para este proceso de la recolección de datos de las tarjetas secadoras de la lavandería fresh utilizamos dos máquinas diferentes la primera que vamos a utilizar es la que menos problemas en operación ha tenido, mientras que la segunda es la que más se ha dañado y problemas en operación ha tenido.

Por este motivo recolectaremos los datos de las máquinas para tener una información más clara de los problemas que tienen las tarjetas de dichas maquinas.

Los datos se recolectaran durante una semana en cada una de la máquina, una semana en la máquina que menos daños ha tenido y la siguiente semana en la que más daños tiene en las tarjetas.

Cabe recordar que estas máquinas funcionan durante 15 minutos seguidos, desde el momento en que el usuario haya insertado una moneda.

La figura 3.6 muestra la ubicación del sensor DHT 11 cerca de la tarjeta de control

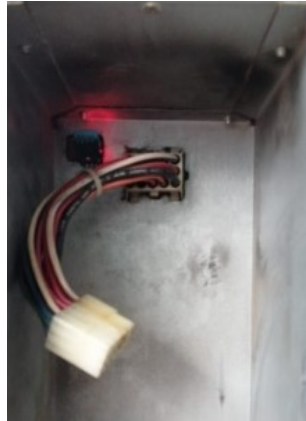


Figura 3.6: Sensor DHT 11

La figura 3.7 muestra brevemente la ubicación del sensor de corriente SCT-013-30A al ingreso de la tarjeta de control de la máquina secadora



Figura 3.7: Sensor SCT-013-30A

Los datos obtenidos por los sensores tanto de corriente como de temperatura y humedad están en formato .txt(bloc de notas).

La figura 3.8 muestra los datos obtenidos por los sensores

DATOS.TXT: Bloc de notes

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:51:43		
Temperatura:	42.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:52:44		
Temperatura:	42.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.12	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:53:44		
Temperatura:	42.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:54:44		
Temperatura:	42.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:55:45		
Temperatura:	42.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:56:45		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:57:45		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:58:46		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	16:59:46		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:0:46		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:1:47		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.09	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:2:47		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.09	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:3:47		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.08	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:4:48		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.09	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:5:48		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.09	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:6:48		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 26.00,	Irms: 0.09	
Fecha y hora actual:	14/1/2020	17:7:49		
Temperatura:	41.00,	Humedad: 25.00,	Irms: 0.09	

Figura 3.8: Datos de los sensores

Capítulo 4

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos por el prototipo creado, serán analizados en este capítulo con la finalidad de, determinar el factor que causa el daño a las tarjetas de las secadoras.

Cabe recalcar que el sistema funciona solo en el día debido a que el dueño de la lavandería después de haber terminado la jornada laboral procedía a apagar los breakers. Por este motivo es que se implementó un sistema que guarde la información durante 8 horas. Que son las horas laborables de las maquinas.

4.1. Análisis de datos

El prototipo creado para las maquinas secadoras obtuvo los datos durante 1 minuto por 8 horas de trabajo diario, desde el 14 de enero hasta el 29 de enero del 2020, para los datos de entrada de la tarjeta, los datos conseguidos eran de corriente, temperatura y humedad. Mientras que los datos guardados del 30 de enero al 4 de febrero del 2020, son datos de la salida de la tarjeta y entrada del motor; los datos que se utilizaron para este análisis fueron solo datos de corriente.

Para el análisis de datos que se realiza a continuación, se procedió a guardar datos de tarjeta que menos incidencia de falla en su funcionamiento ha tenido y datos de la tarjeta que mayor incidente de falla ha tenido en su funcionamiento.

Para el análisis se obtuvo los resultados del sensores durante 6 días continuos.

Análisis de datos mediante estadística descriptiva

Después de obtener los datos con el prototipo realizado para las máquinas secadoras, aplicamos estadística descriptiva, con el objetivo de detallar las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen, tablas o gráficos.

Para la selección de los datos más cercanos se procede a encontrar el promedio de temperatura de la máquina buena, la desviación estándar de temperatura y los valores máximos y mínimos de temperatura, este mismos paso

se siguieron para la máquina con falla. Cabe acotar que el tiempo de duración es relativo.

El cuadro 4.1 muestra los datos obtenidos por el análisis de estadística descriptiva que van hacer analizadas.

Cuadro 4.1: Estadística descriptiva

Análisis	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Promedio o medida de tendencia central (T)	38,29	34,31
Promedio o medida de tendencia central (H)	26,92	29,00
Rango (T)	18 - 55	19 - 43
Rango (H)	19 - 38	24 - 37
Desviación estándar (T)	8,20	5,54
Varianza (T)	67,31	30,36
Valores máximos y mínimos	30 - 46	28 - 40

Con estos nuevos datos de temperatura, obtenidos en la máquina sin falla con respecto a la máquina con falla, procedemos a buscar ciclos de operación y tiempos de duración parecidos tanto en temperatura como en corriente y humedad. Los datos que aparentemente tienen duración similar, los alineamos sin importar el tiempo y los comparamos igual en una misma gráfica de tiempo.

El cuadro 4.2 muestra los días escogidos para comparar.

Cuadro 4.2: Los datos escogidos para comparar

Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Día 24 de enero del 2020	Día 14 de enero del 2020
Día 25 de enero del 2020	Día 18 de enero del 2020
Día 21 de enero del 2020	Día 16 de enero del 2020
Día 22 de enero del 2020	Día 15 de enero del 2020
Día 23 de enero del 2020	Día 17 de enero del 2020

La figura 4.1 muestra el comportamiento de datos del 24 - 14 de enero.

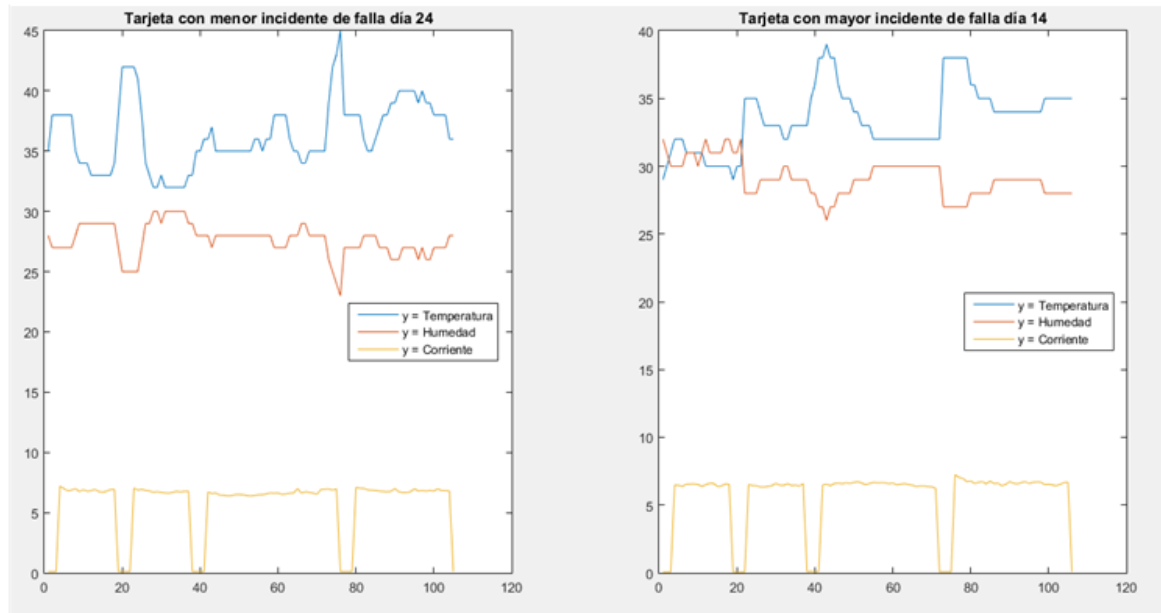


Figura 4.1: Datos del 24 - 14 de enero

Como podemos observar en la figura 4.1 el día 24 pertenece a la tarjeta con menor incidente de falla mientras que el día 14 pertenece a la tarjeta con mayor incidente de falla.

Las corrientes que son de color amarillo vemos que contienen cuatro ciclos consecutivos, tiene el mismo tiempo de duración.

Las líneas de color azul pertenecen a las temperaturas mientras que las líneas de color rojo a la humedad.

Determinamos:

- Rangos de temperatura, humedad y corriente.
- Correlaciones entre (I-T), (I-H) y (T-H).
- Valor promedio de temperatura, humedad y corriente.
- Desviación estándar de temperatura, humedad y corriente.
- Varianzas de temperatura, humedad y corriente.

El cuadro 4.3 muestra los datos obtenidos por el análisis de estadística descriptiva de los ciclos parecidos en tiempo de funcionamiento de las tarjetas.

Cuadro 4.3: Comparación ciclos parecidos días 24 - 14 de enero

Análisis	Día 24 de enero	Día 14 de enero
Rango (T)	32 - 45	29 - 39
Rango (H)	23 - 30	26 - 32
Rango (I)	0,10 - 7,20	0,70 - 7,24
Correlación (I-T)	- 0,29	0,02
Correlación (I-H)	0,28	- 0,02
Correlación (T-H)	- 0,97	- 0,97
Valor promedio (I)	5,63	5,58
Valor promedio (T)	36,49	33,53
Valor promedio (H)	27,61	29,12
Desviación estándar (I)	2,49	2,32
Desviación estándar (T)	2,88	2,34
Desviación estándar (H)	1,34	1,34
Varianza (I)	6,25	5,46
Varianza (T)	8,35	5,55
Varianza (H)	1,83	1,80

Como observamos, al aplicar estadística descriptiva en el cuadro 4.3, no se muestra diferencias notables entre los datos obtenidos de la tarjeta con mayor incidencia de falla y la tarjeta con menor incidencia de falla.

A continuación se realiza, el mismo procedimiento para los días: 25-18, 21-16, 22-15 y 23-17.

La figura 4.2 muestra el de comportamiento de datos del 25 - 18 de enero.

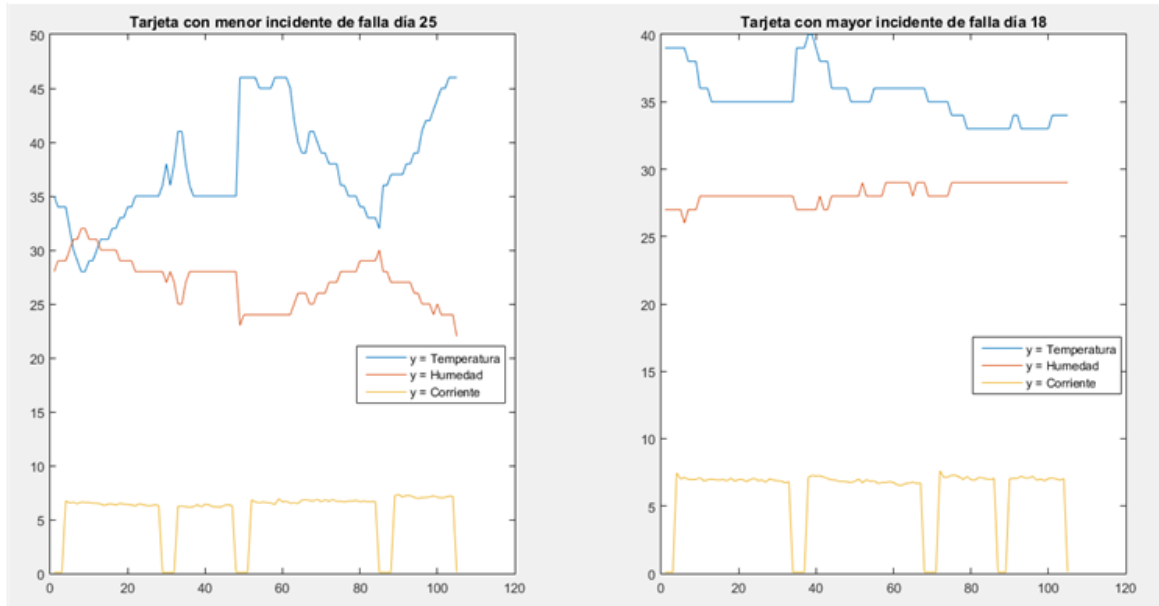


Figura 4.2: Datos del 25 - 18 de enero

El cuadro 4.4 muestra los datos obtenidos por el análisis de estadística descriptiva de los ciclos parecidos en tiempo de funcionamiento de las tarjetas.

Cuadro 4.4: Comparación ciclos parecidos días 25 - 18 de enero

Análisis	Día 25 de enero	Día 18 de enero
Rango (T)	28 - 46	33 - 40
Rango (H)	22 - 32	26 - 29
Rango (I)	0,10 - 7,33	0,09 - 7,61
Correlación (I-T)	0,04	- 0,18
Correlación (I-H)	- 0,04	0,15
Correlación (T-H)	- 0,99	- 0,83
Valor promedio (I)	5,71	5,99
Valor promedio (T)	37,94	35,37
Valor promedio (H)	26,95	28,23
Desviación estándar (I)	2,32	2,41
Desviación estándar (T)	5,20	1,86
Desviación estándar (H)	2,32	0,73
Varianza (I)	5,43	5,88
Varianza (T)	27,28	3,49
Varianza (H)	5,43	0,54

La figura 4.3 muestra el de comportamiento de datos del 21 - 16 de enero.

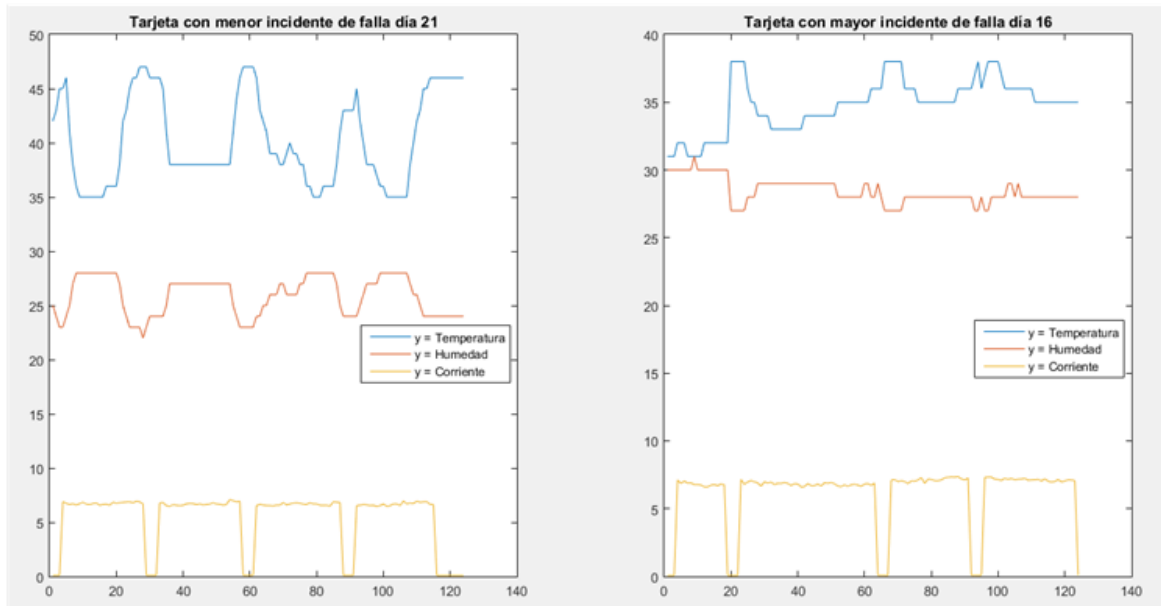


Figura 4.3: Datos del 21 - 16 de enero

El cuadro 4.5 muestra los datos obtenidos por el análisis de estadística descriptiva de los ciclos parecidos en tiempo de funcionamiento de las tarjetas.

Cuadro 4.5: Comparación ciclos parecidos días 21 - 16 de enero

Análisis	Día 21 de enero	Día 16 de enero
Rango (T)	35 - 47	31 - 38
Rango (H)	22 - 28	27 - 31
Rango (I)	0,10 - 7,09	0,07 - 7,36
Correlación (I-T)	-0,50	- 0,11
Correlación (I-H)	0,50	0,09
Correlación (T-H)	- 0,98	- 0,91
Valor promedio (I)	5,79	6,10
Valor promedio (T)	39,90	34,83
Valor promedio (H)	26,01	28,43
Desviación estándar (I)	2,27	2,30
Desviación estándar (T)	4,00	1,91
Desviación estándar (H)	1,79	0,90
Varianza (I)	5,22	5,35
Varianza (T)	16,03	3,66
Varianza (H)	3,24	0,82

La figura 4.4 muestra el de comportamiento de datos del 22 - 15 de enero.

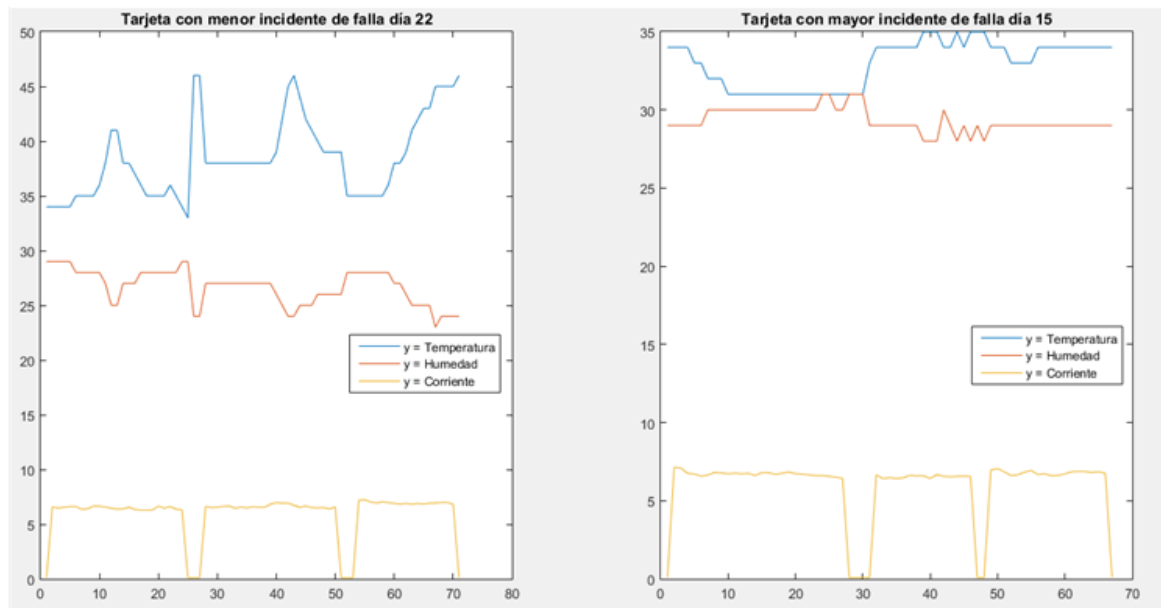


Figura 4.4: Datos del 22 - 15 de enero

El cuadro 4.6 muestra los datos obtenidos por el análisis de estadística descriptiva de los ciclos parecidos en tiempo de funcionamiento de las tarjetas.

Cuadro 4.6: Comparación ciclos parecidos días 22 - 15 de enero

Análisis	Día 22 de enero	Día 15 de enero
Rango (T)	33 - 46	31 - 38
Rango (H)	23 - 29	27 - 31
Rango (I)	0,10 - 7,24	0,08 - 7,14
Correlación (I-T)	-0,14	- 0,24
Correlación (I-H)	0,08	0,12
Correlación (T-H)	- 0,98	- 0,91
Valor promedio (I)	5,72	5,60
Valor promedio (T)	39,20	33,17
Valor promedio (H)	26,34	29,24
Desviación estándar (I)	2,30	2,47
Desviación estándar (T)	3,88	1,64
Desviación estándar (H)	1,65	0,84
Varianza (I)	5,35	6,19
Varianza (T)	15,25	2,72
Varianza (H)	2,76	0,71

La figura 4.5 muestra el de comportamiento de datos del 23 - 17 de enero.

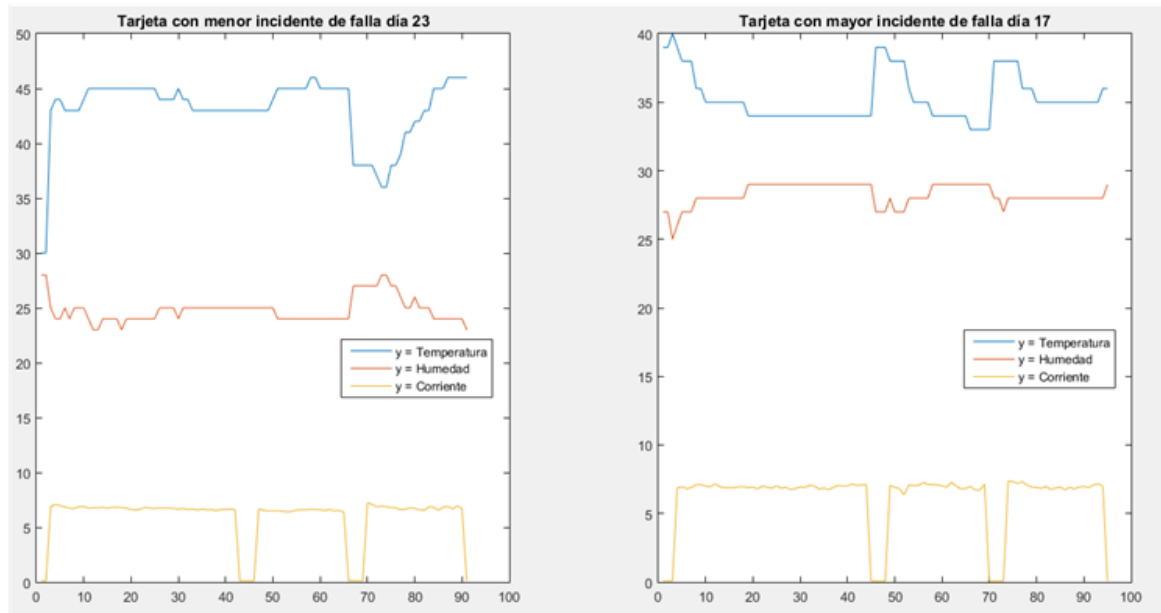


Figura 4.5: Datos del 23 - 17 de enero

El cuadro 4.7 muestra los datos obtenidos por el análisis de estadística descriptiva de los ciclos parecidos en tiempo de funcionamiento de las tarjetas.

Cuadro 4.7: Comparación ciclos parecidos días 23 - 17 de enero

Análisis	Día 23 de enero	Día 17 de enero
Rango (T)	30 - 46	33 - 40
Rango (H)	23 - 28	25 - 29
Rango (I)	0,10 - 7,24	0,08 - 7,37
Correlación (I-T)	0,30	- 0,57
Correlación (I-H)	- 0,19	0,46
Correlación (T-H)	- 0,93	- 0,08
Valor promedio (I)	5,78	6,05
Valor promedio (T)	43,13	35,39
Valor promedio (H)	24,77	28,18
Desviación estándar (I)	2,29	2,33
Desviación estándar (T)	3,10	1,78
Desviación estándar (H)	1,17	0,88
Varianza (I)	5,30	5,50
Varianza (T)	9,72	3,19
Varianza (H)	1,39	0,78

Al observar el resultado de todas estos cuadros 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 comparativas, podemos decir que visualmente, no hay parámetros de operación que potencialmente demuestren que algo está ocurriendo con estas variables.

Por lo tanto hemos decidido emparejar los experimentos, es decir, seleccionamos los datos cuyos ciclos de operación sean parecidos, a estos datos aplicamos PCA.

Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales (PCA) es un método estadístico que permite reducir la complejidad de espacios muestrales con diversas dimensiones a la vez que conserva la información. PCA permite por lo tanto concentrar la información contribuida por múltiples variables en pocas componentes.

La figura 4.6 muestra el diagrama de bloques del PCA.

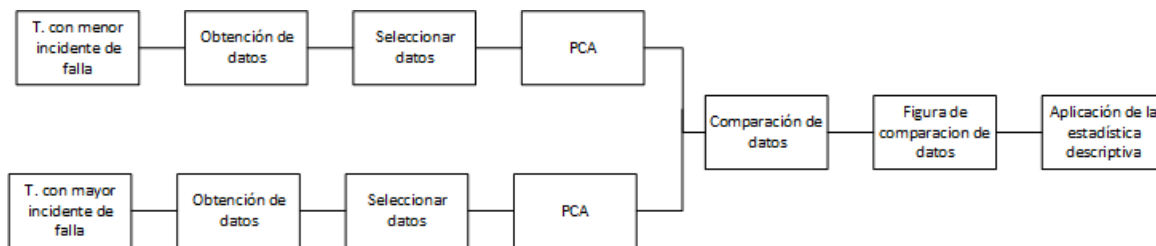


Figura 4.6: Diagrama de bloques

Vale recalcar que se emparejo los datos comparando ciclos de corriente y tiempo de funcionamiento similares, entre la tarjeta con menor y mayor incidencia de falla.

Los datos emparejados podemos observar en las siguientes tablas.

La figura 4.7 que vemos a continuación nos muestra el resultado de PCA del primer conjunto de datos, que cuenta con un ciclo parecido de 17 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta con menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta con mayor incidente de falla.

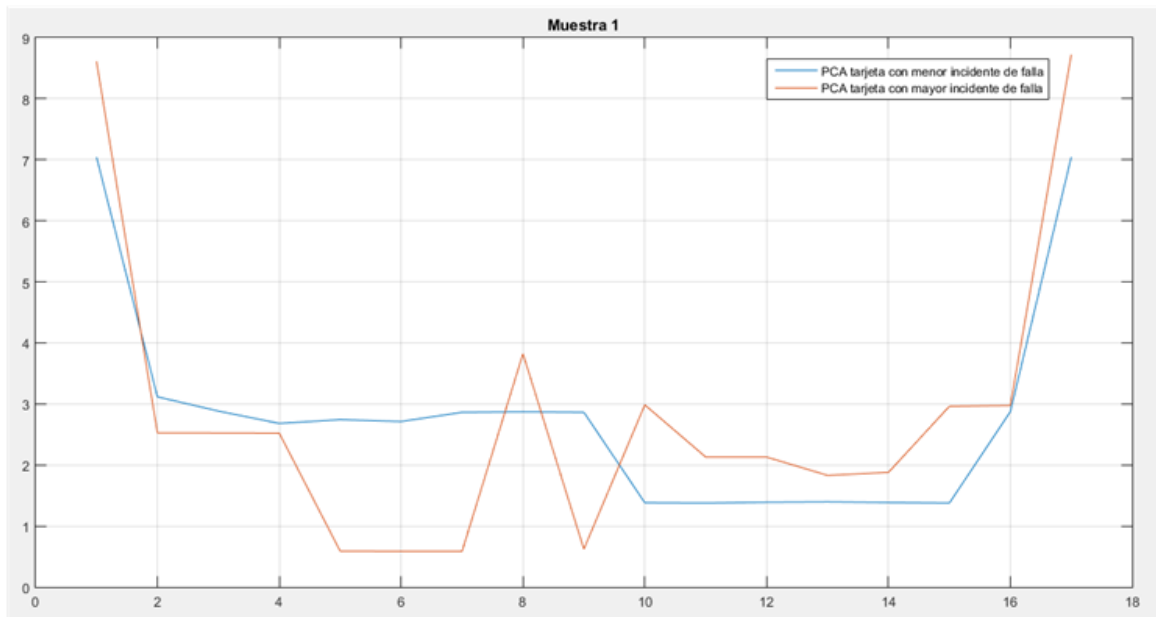


Figura 4.7: Muestra 1

Podemos observar en la figura 4.7, los puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. En los puntos 10 al 16 muestra diferencia en su funcionamiento, mientras que en los otros puntos se parecen.

Con estos puntos de divergencia aplicamos nuevamente estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

El cuadro 4.8 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 1.

Cuadro 4.8: Comparación muestra 1

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	17	17
Media	2,82352941	2,82352353
Mediana	2,7426	2,7216
Moda	7,0449	2,1295
Desviación estándar	1,7357	2,4026
Varianza	3,0128	3,0022
Rango	5,6684	8,1376

La figura 4.8 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 2 que cuenta con un ciclo parecido de 17 minutos como podemos observar. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta con menor

incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta con mayor incidente de falla. En los puntos 4 al 6 y del 10 al 13 vemos diferencia de operación mientras que en el resto de puntos son muy parecidos. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

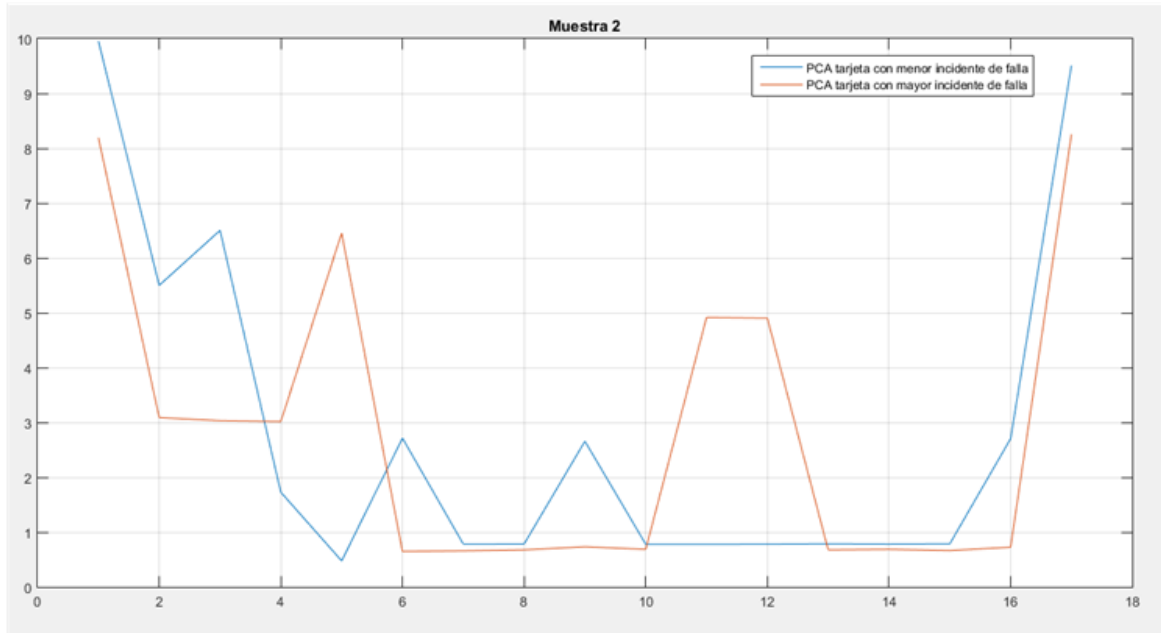


Figura 4.8: Muestra 2

El cuadro 4.9 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 2.

Cuadro 4.9: Comparación muestra 2

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	17	17
Media	2,82354118	2,82352353
Mediana	0,7860	0,7322
Moda	0,7806	0,6770
Desviación estándar	3,1268	2,7562
Varianza	9,7771	7,5969
Rango	9,4820	7,6061

La figura 4.9 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 3 que cuenta con un ciclo parecido de 32 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidente de falla. En los puntos 3 al 10 y del 11 al

14 vemos diferencia de operación mientras que en los otros puntos se parecen. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

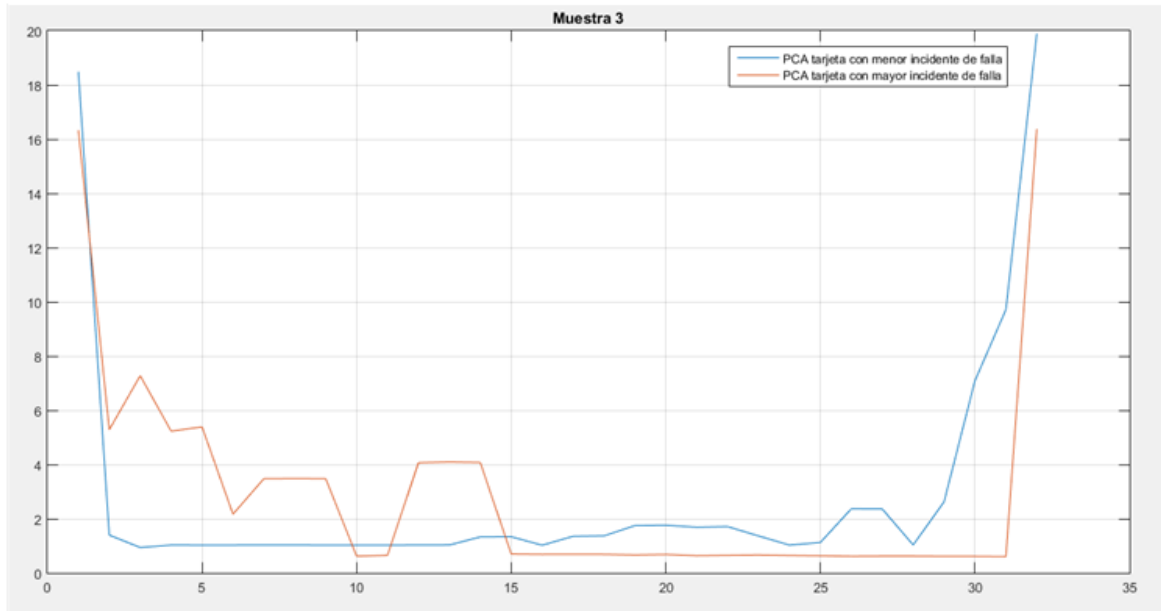


Figura 4.9: Muestra 3

El cuadro 4.10 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 3.

Cuadro 4.10: Comparación muestra 3

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	32	32
Media	2,90625313	2,90624688
Mediana	1,3326	0,6862
Moda	1,0279	0,6862
Desviación estándar	4,6444	4,0175
Varianza	21,5707	16,1408
Rango	18,9522	15,7694

La figura 4.10 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 4 que cuenta con un ciclo parecido de 27 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidente de falla. En los puntos 3 al 5 y del 8 al 11 vemos diferencia de operación en el resto de puntos se parecen. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia

de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

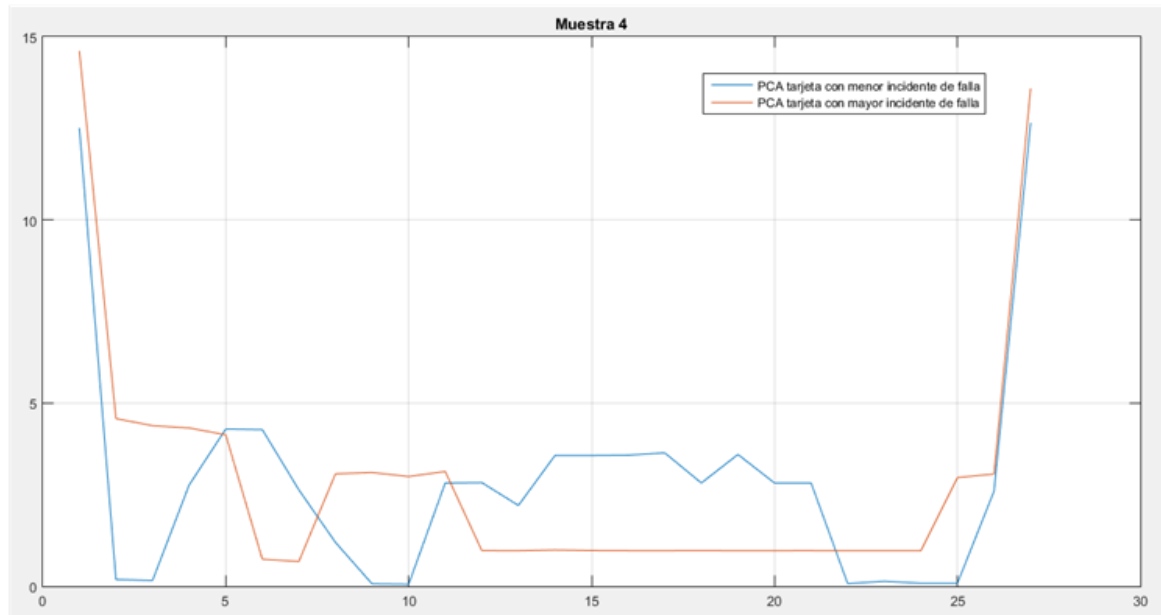


Figura 4.10: Muestra 4

El cuadro 4.11 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 4.

Cuadro 4.11: Comparación muestra 4

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	27	27
Media	2,88889	2,88889
Mediana	2,8182	0,9755
Moda	3,5704	0,9710
Desviación estándar	3,1607	3,4973
Varianza	9,9901	12,2313
Rango	12,5950	13,9346

La figura 4.11 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 5 que cuenta con un ciclo parecido de 16 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidentes de falla. En esta gráfica no existen puntos de diferencia de operación. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados

obtenidos son los siguientes.

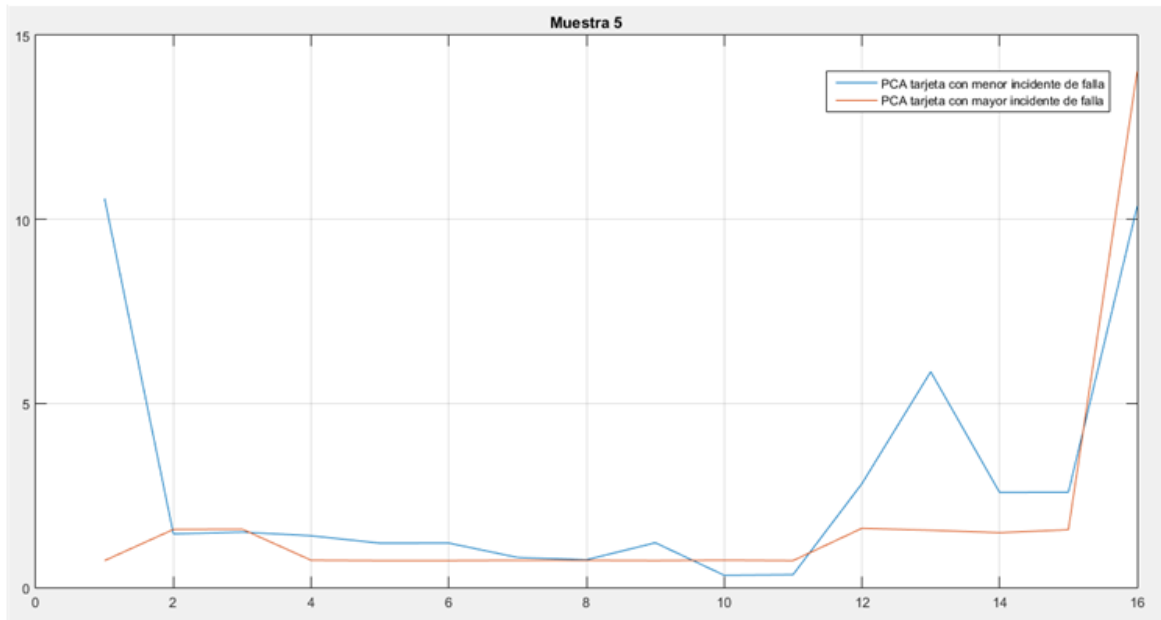


Figura 4.11: Muestra 5

El cuadro 4.12 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 5.

Cuadro 4.12: Comparación muestra 5

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	16	16
Media	2,8124875	2,8749937
Mediana	1,4295	0,74025
Moda	N/A	0,7292
Desviación estándar	3,2681	3,2650
Varianza	10,6807	10,6608
Rango	10,2380	13,2945

La figura 4.12 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 6 que cuenta con un ciclo parecido de 17 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidentes de falla. En los puntos del 6 al 16 vemos una clara diferencia de operación en el resto de puntos no vemos diferencia. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

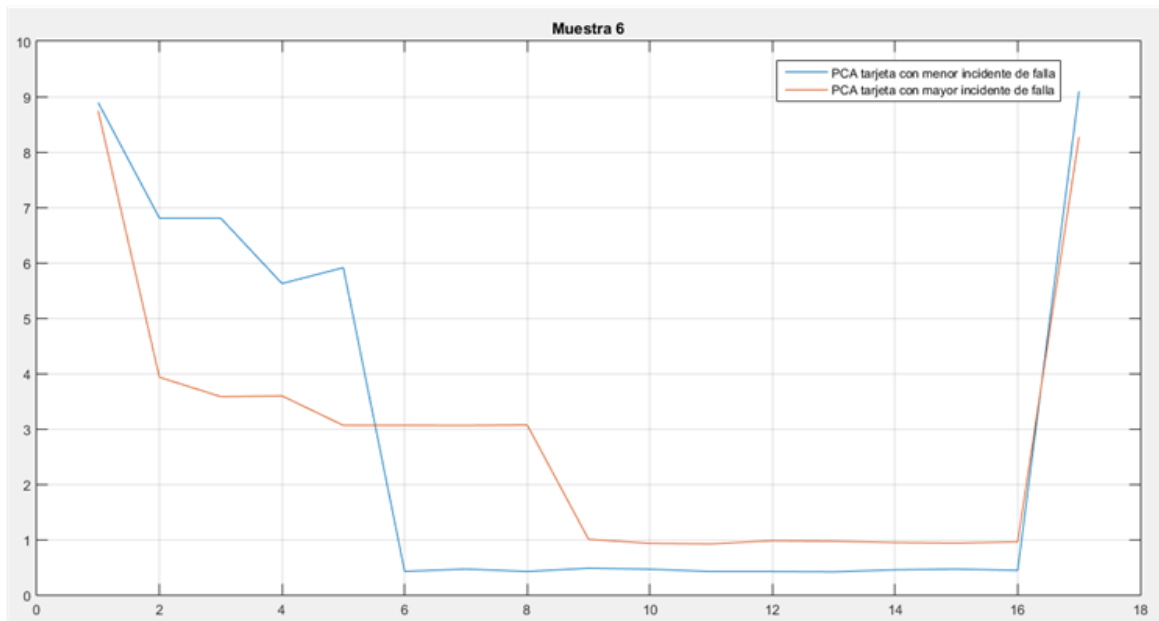


Figura 4.12: Muestra 6

El cuadro 4.13 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 6.

Cuadro 4.13: Comparación muestra 6

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	17	17
Media	2,82351765	2,82352353
Mediana	0,4654	3,0589
Moda	0,4210	N/A
Desviación estándar	3,4243	2,4410
Varianza	11,7263	5,9586
Rango	8,6814	7,8290

La figura 4.13 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 7 que cuenta con un ciclo parecido de 32 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidentes de falla. En los puntos 1 al 8 vemos una gran diferencia de operación en el resto de puntos no observamos diferencia. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

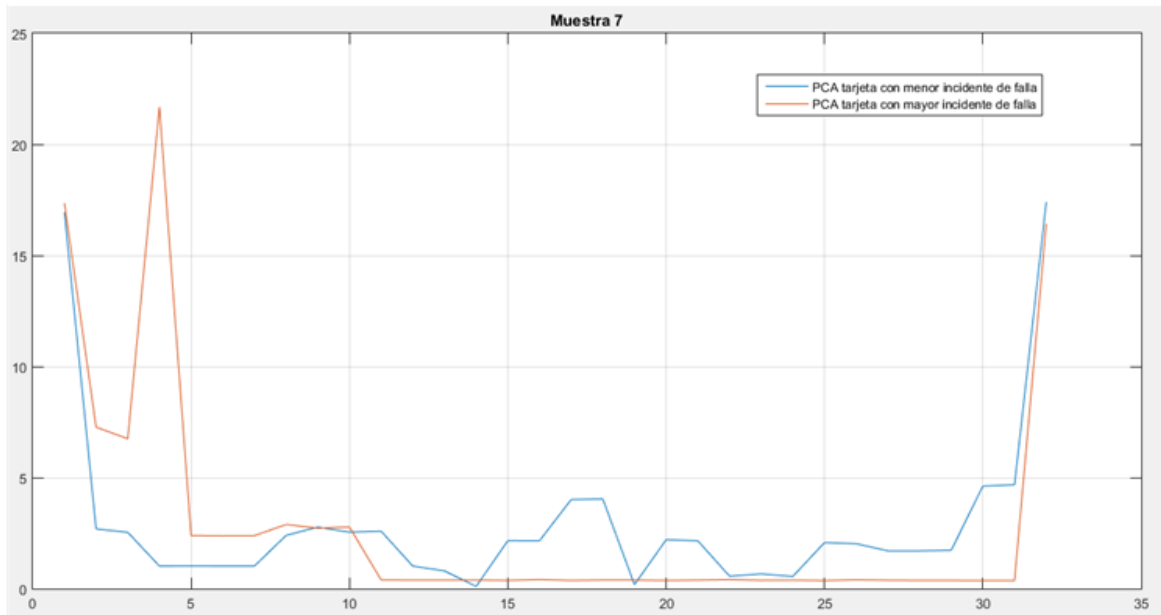


Figura 4.13: Muestra 7

El cuadro 4.14 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 7.

Cuadro 4.14: Comparación muestra 7

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	32	32
Media	2,90624375	2,90624688
Mediana	2,1124	0,3869
Moda	2,1518	0,3809
Desviación estándar	3,9259	5,4260
Varianza	15,4130	29,4421
Rango	17,2981	21,3167

La figura 4.14 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 8 que cuenta con un ciclo parecido de 28 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidentes de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidentes de falla. En los puntos 3 al 6 y del 8 al 12 vemos una gran diferencia de operación mientras que en los otros puntos no. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

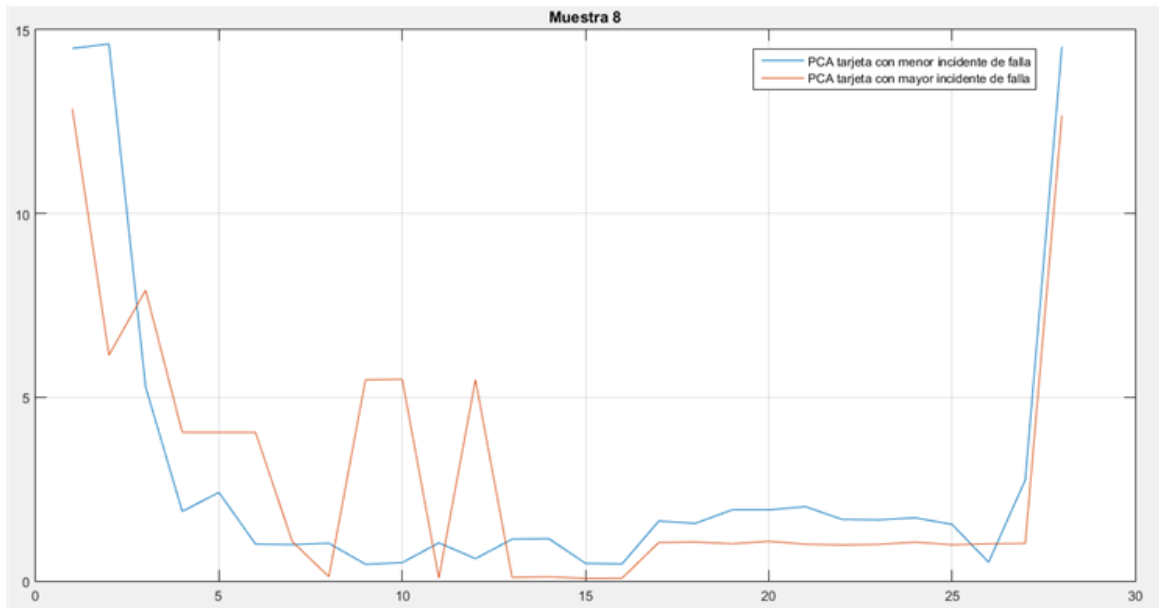


Figura 4.14: Muestra 8

El cuadro 4.15 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 8.

Cuadro 4.15: Comparación muestra 8

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	28	28
Media	2,89285714	2,89286429
Mediana	1,5981	1,0495
Moda	1,9338	1,0105
Desviación estándar	4,2220	3,5673
Varianza	17,8255	12,7258
Rango	14,1632	12,7839

La figura 4.15 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 9 que cuenta con un ciclo parecido de 26 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidentes de falla. En los puntos 6 al 10 existe diferencia de operación mientras que en el resto de puntos no existe. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

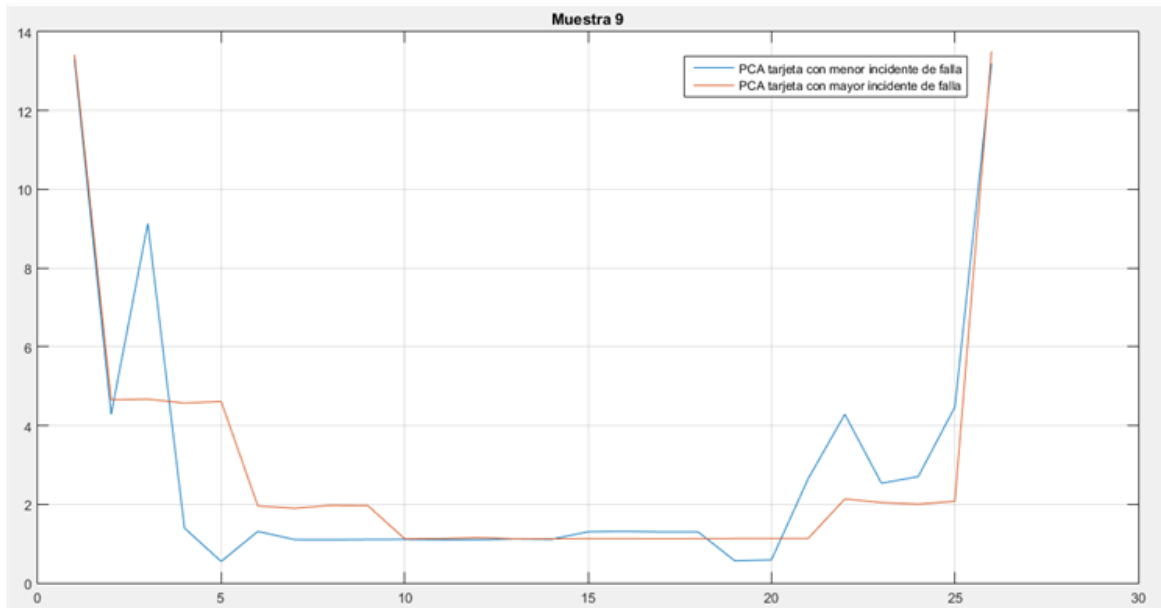


Figura 4.15: Muestra 9

El cuadro 4.16 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 9.

Cuadro 4.16: Comparación muestra 9

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	26	26
Media	2,88461538	2,88461154
Mediana	1,2988	1,9263
Moda	4,2841	1,1254
Desviación estándar	3,5597	3,3418
Varianza	12,6720	11,1679
Rango	14,7578	12,3839

La figura 4.16 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 10 que cuenta con un ciclo parecido de 19 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta que menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta que más incidente de falla. En los puntos 3 al 7 vemos diferencia de operación mientras que en el resto de datos no existe diferencia. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

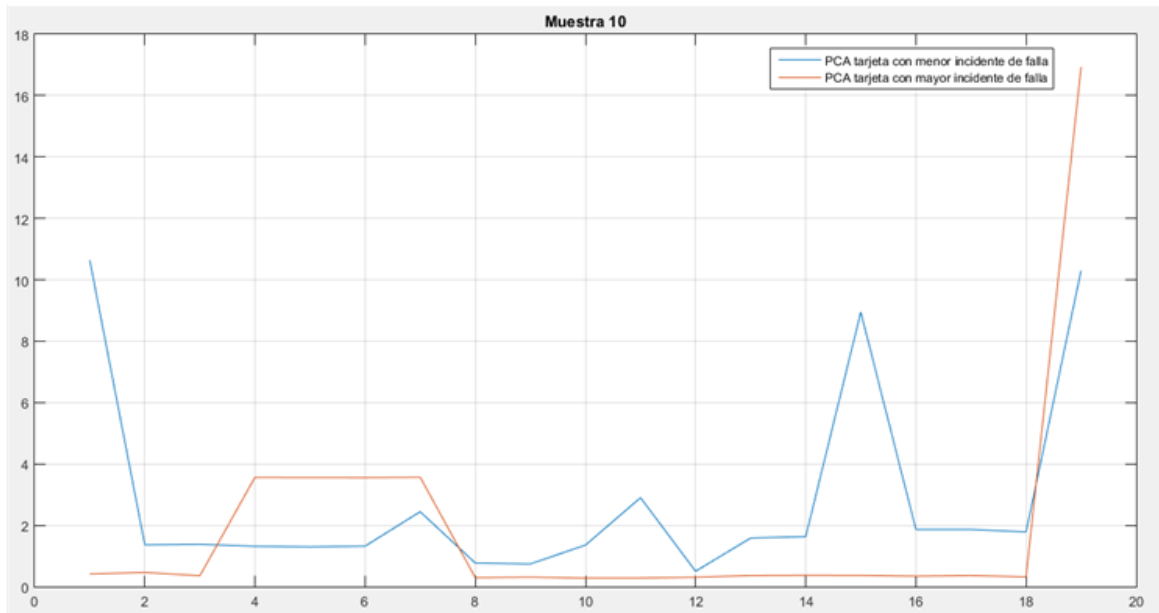


Figura 4.16: Muestra 10

El cuadro 4.17 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 10.

Cuadro 4.17: Comparación muestra 10

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	19	19
Media	2,8421	1,8942
Mediana	1,5842	0,3606
Moda	1,8642	0,3606
Desviación estándar	3,2301	3,8805
Varianza	10,4337	15,0589
Rango	10,1414	16,6596

La figura 4.17 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 11 que cuenta con un ciclo parecido de 25 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta con menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta con más incidente de falla. En los puntos del 1 al 10 vemos una diferencia de operación mientras que en los otros puntos no existe diferencia. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

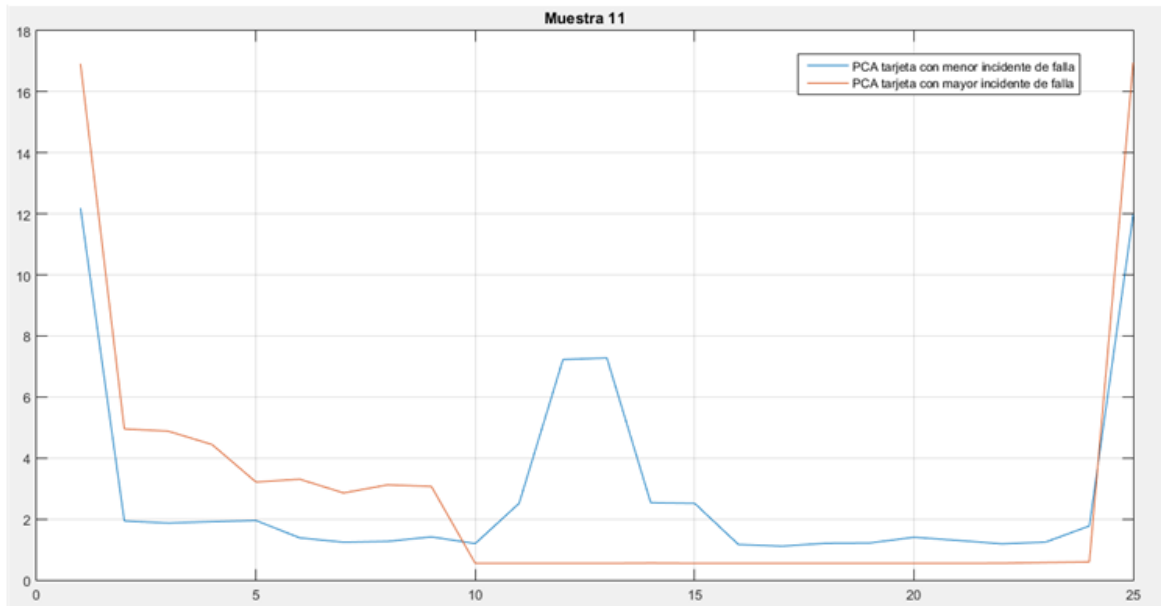


Figura 4.17: Muestra 11

El cuadro 4.18 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 11.

Cuadro 4.18: Comparación muestra 11

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	25	25
Media	2,87999600	2,87999600
Mediana	1,4151	0,5549
Moda	N/A	0,5465
Desviación estándar	3,2115	4,5076
Varianza	10,4337	20,3189
Rango	11,0807	16,4136

La figura 4.18 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 12 que cuenta con un ciclo parecido de 23. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta con menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta con más incidente de falla. En los puntos 1 al 4 vemos diferencia de operación mientras que en el resto de puntos no existe diferencia. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

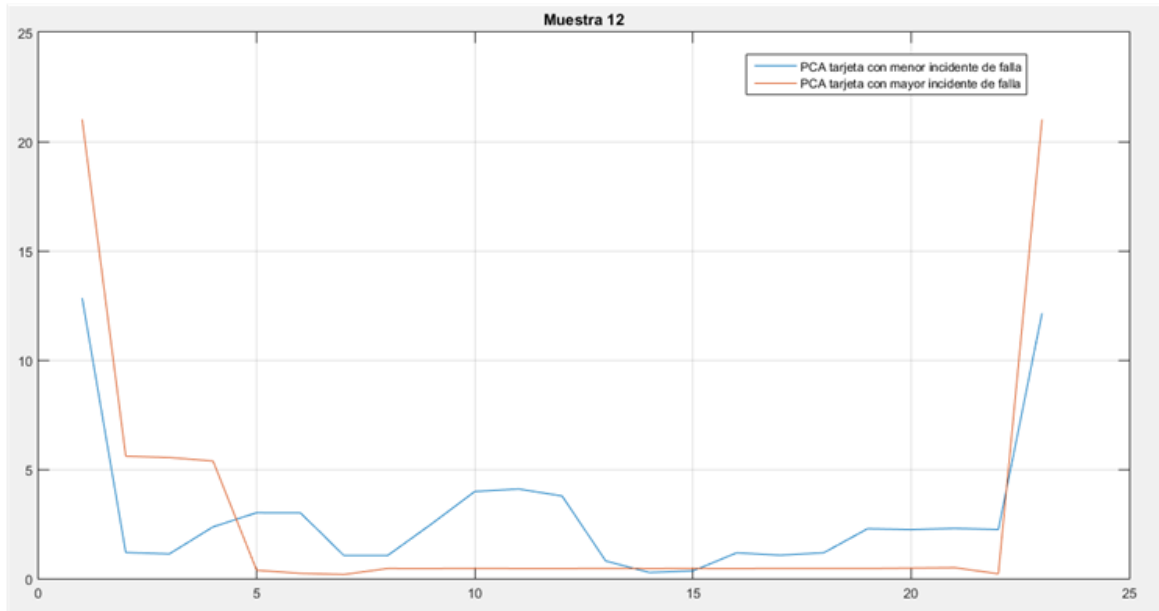


Figura 4.18: Muestra 12

El cuadro 4.19 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 12.

Cuadro 4.19: Comparación muestra 12

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	23	23
Media	2,86956087	2,86956957
Mediana	2,2402	0,4581
Moda	N/A	21,0104
Desviación estándar	3,2309	5,9833
Varianza	10,4392	35,8002
Rango	12,5672	20,8276

La figura 4.19 que vemos a continuación nos detalla el análisis de PCA de la muestra 13 que cuenta con un ciclo parecido de 21 minutos. La línea de color rojo pertenece al PCA de la tarjeta con menos incidente de falla, mientras que la línea de color azul pertenece al PCA de la tarjeta con más incidente de falla. En los puntos 6 al 12 y del 15 al 20 vemos diferencia de operación mientras que en el resto de puntos no vemos diferencia. Gracias a PCA podemos ver puntos de divergencia de operación entre las dos tarjetas. Para terminar con este análisis de comparación de datos procedimos a aplicar la estadística descriptiva y los resultados obtenidos son los siguientes.

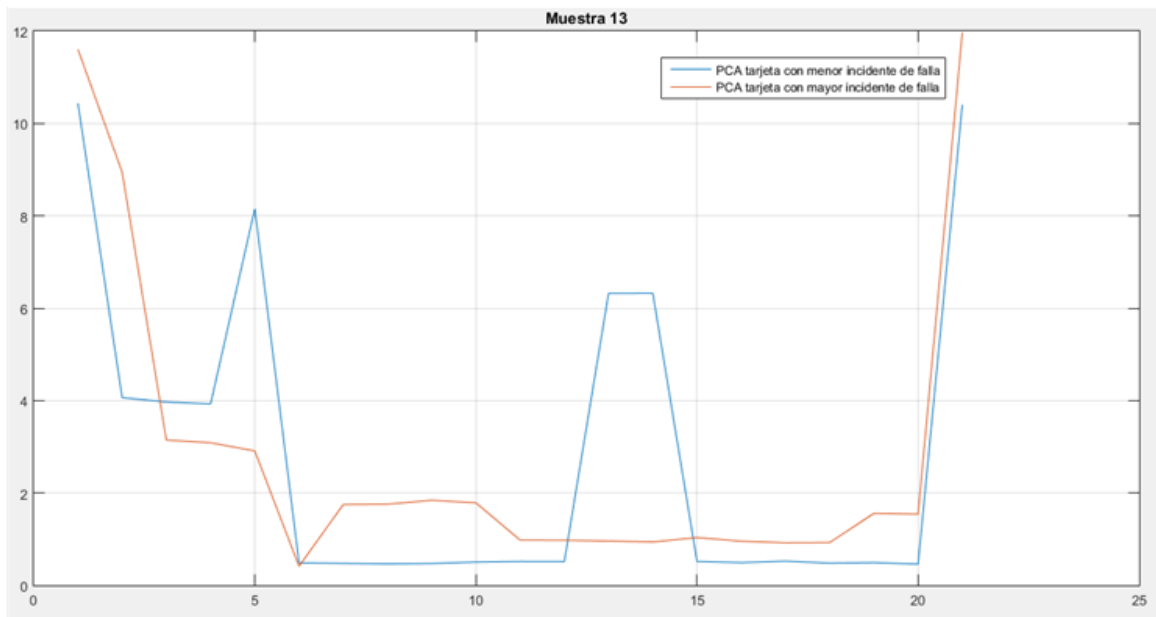


Figura 4.19: Muestra 13

El cuadro 4.20 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los datos emparejados de la muestra 13.

Cuadro 4.20: Comparación muestra 13

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Ciclos parecidos	21	21
Media	2,85714286	2,85714762
Mediana	0,5167	1,5575
Moda	0,5167	N/A
Desviación estándar	3,4862	3,4614
Varianza	12,1536	11,9815
Rango	9,9770	11,5639

Con los datos obtenidos en estas trece muestras, podemos decir que no existe mayor diferencia entre estos datos, que nos ayuden a determinar con precisión el factor de falla.

Con las gráficas analizadas de PCA, procedemos a obtener datos en donde existan variaciones de las tarjetas. Por ejemplo, en donde la línea de color rojo que pertenece a la tarjeta con más falla, sobrepase a la línea de color azul que pertenece a la tarjeta con menos falla.

La figura 4.20 que vemos a continuación nos va ayudar a poder notar los puntos de diferencia entre las tarjetas

de control.

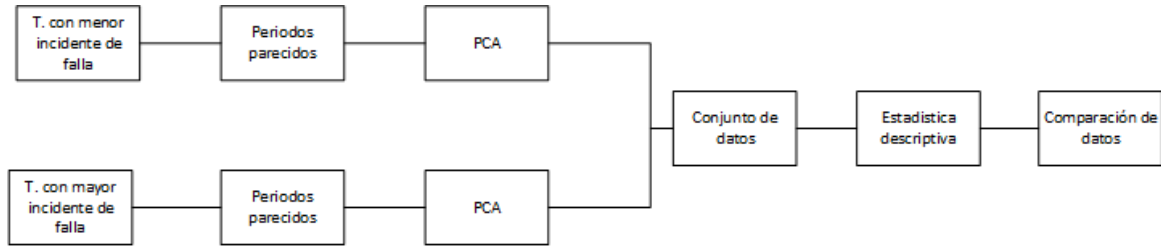


Figura 4.20: Muestra 13

Para la siguiente parte de este análisis procedemos a identificar eventos donde exista diferencia de operación de las muestras, es decir, formo un conjunto de datos donde muestra diferencia de operación y de este conjunto de datos que contiene datos de temperatura, humedad y corriente, procedemos a aplicar estadística descriptiva; la misma que no ayudará a comparar los datos. Los resultados son los siguientes:

Estadística descriptiva de temperatura

En el conjunto de datos de temperatura que observamos en la siguiente tabla podemos ver que los datos estadísticos de la tarjeta que menos falla son mayor que la tarjeta que más falla.

Podemos decir que existe muy poca diferencia entre las tarjetas comparadas.

El cuadro 4.21 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los conjuntos de datos de temperatura.

Cuadro 4.21: Estadística descriptiva de temperatura

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Media	37,7058	34,6862
Mediana	36	34
Moda	35	33
Desviación estándar	4,1663	2,3035
Varianza	17,3581	5,3065
Rango	14	9

Estadística descriptiva de humedad

En el conjunto de datos de humedad que observamos en la siguiente tabla al que en la tabla estadística de temperatura, existe muy poca diferencia en los datos.

El cuadro 4.22 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los conjuntos de datos de humedad.

Cuadro 4.22: Estadística descriptiva de humedad

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Media	27	28,5882
Mediana	28	29
Moda	28	29
Desviación estándar	1,7575	1,1111
Varianza	3,0891	1,2347
Rango	6	6

Estadística descriptiva de corriente

Finalmente, en este cuadro estadístico de corriente, observamos que también existe muy poca diferencia entre los datos.

El cuadro 4.23 muestra los resultados obtenidos de la aplicación de la estadística descriptiva de los conjuntos de datos de corriente.

Cuadro 4.23: Estadística descriptiva de corriente

Estadística descriptiva	Tarjeta con menor incidente de falla	Tarjeta con mayor incidente de falla
Media	6,6315	6,8593
Mediana	6,6050	6,850
Moda	6,48	7,09
Desviación estándar	0,2283	0,2751
Varianza	0,0521	0,0757
Rango	1,08	1,12

Con los datos obtenidos en la tabla, procedemos hacer una distribución de estos datos agrupados. Con la ayuda de histogramas podemos identificar alguna diferencia en el comportamiento de estos datos.

La figura 4.21 muestra el histograma de dispersión de temperatura de las tarjetas analizadas.

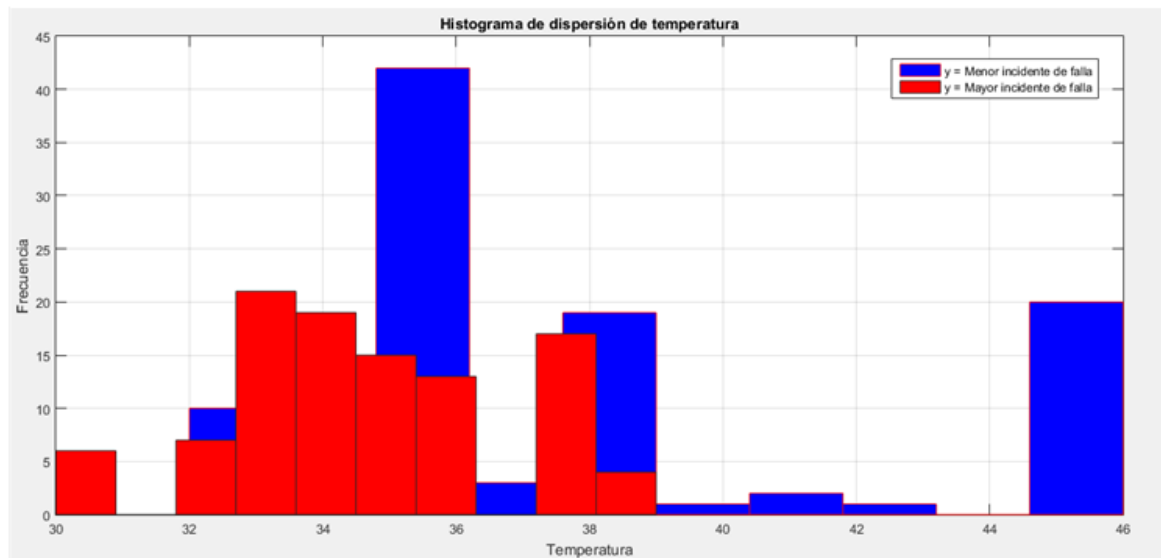


Figura 4.21: Histograma de temperatura

Como podemos notar la tarjeta con mayor incidente de falla que es la de color rojo, tiene condiciones menos bondadosas que la tarjeta con mayor incidente de falla que es la de color azul.

Se puede decir que la máquina con mayor incidente de falla es más consistente y trabaja alrededor de 33 a 37 grados la mayor parte de tiempo, mientras que la tarjeta con menor incidente de falla tiene un rango más grande de temperatura.

La figura 4.22 muestra el histograma de dispersión de humedad de las tarjetas analizadas.

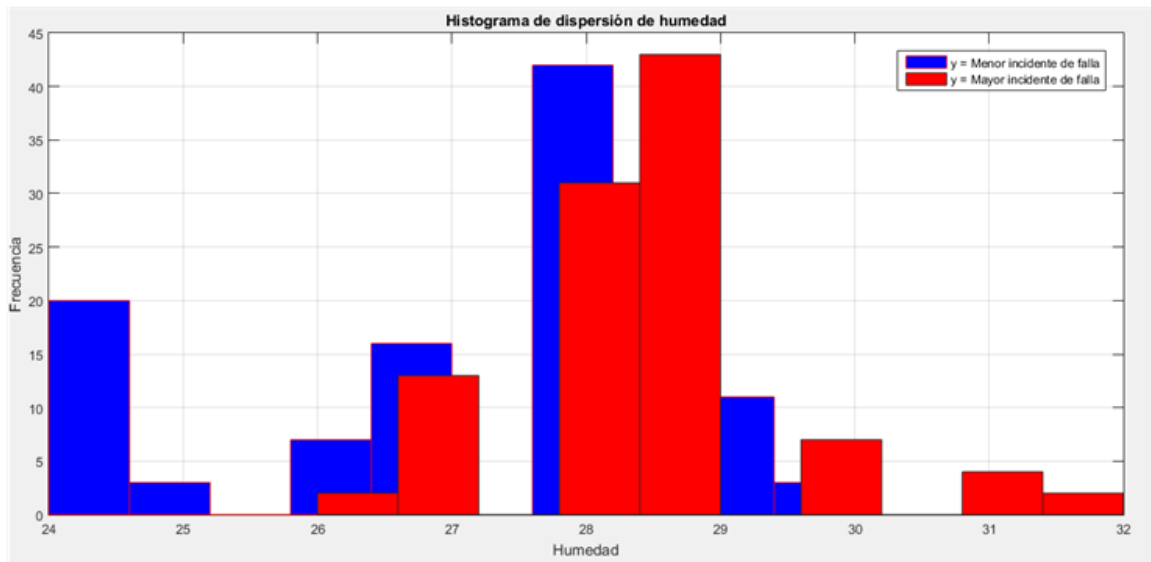


Figura 4.22: Histograma de humedad

Como podemos ver en el histograma de humedad, la tarjeta que más humedad tiene es la de menor incidente de falla, que es el histograma de color azul mientras que, el histograma de color rojo pertenece a la tarjeta con mayor incidente de falla. Así como muestra el histograma de humedad no tenemos ninguna evidencia de incidentes de falla.

La figura 4.23 muestra el histograma de dispersión de corriente de las tarjetas analizadas.

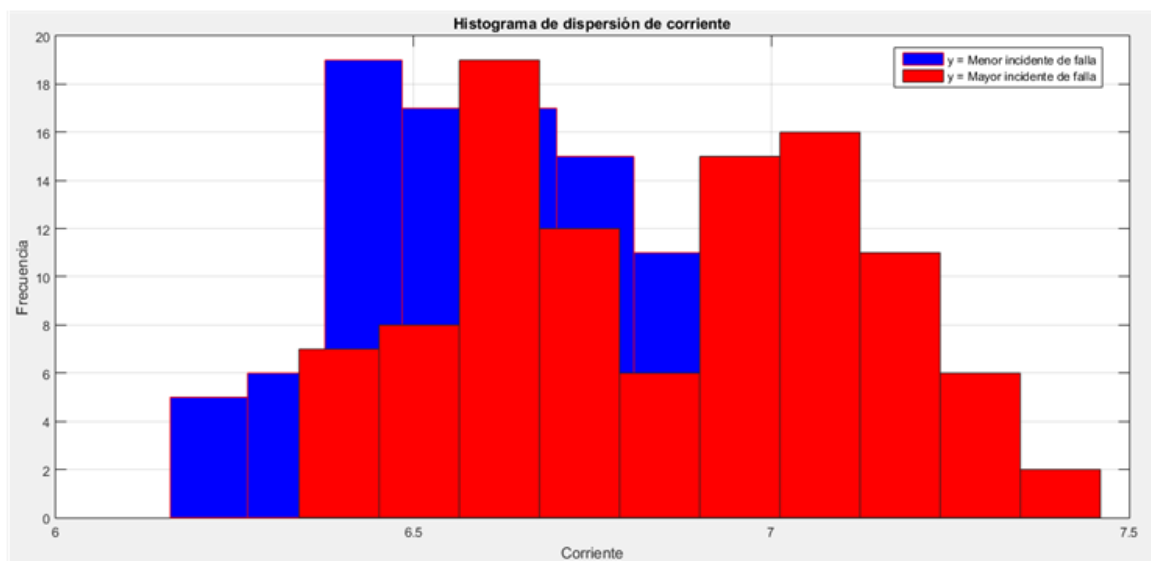


Figura 4.23: Histograma de corriente

En el histograma que pertenece a las corrientes de las tarjetas analizadas de igual manera no evidencia ningún tipo de falla, pese a que los datos analizados fueron los más diferentes en funcionamiento. El histograma de color azul pertenece a la tarjeta con menor incidente de falla, mientras que el histograma de color rojo pertenece a la tarjeta que mayor incidente de falla en operación de datos diferentes.

En este histograma podemos ver también que existe un consumo mayor de corriente en la tarjeta con mayor incidente de falla.

Sabiendo que se explotó los datos al punto más alto de análisis de fallas y no existió ningún tipo de evidencia de falla en operación es importante un último análisis conocido como espacios de estados.

Análisis de espacio de estados

La figura 4.24 muestra el análisis de estados de la tarjeta con menor incidente de falla.

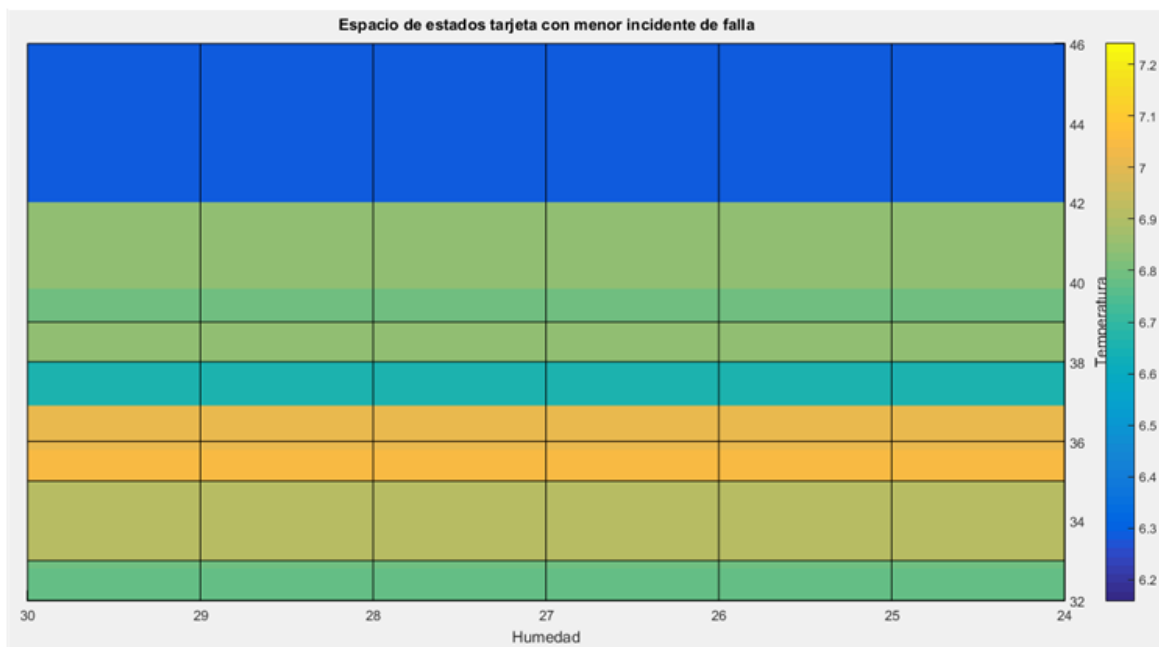


Figura 4.24: Espacio de estados tarjeta con menor incidente de falla

En la figura 4.24 de espacios de estado de la tarjeta con menor incidente de falla podemos decir que para temperaturas altas la corriente es baja, para temperaturas medias opera con corrientes altas y para temperaturas bajas opera con corrientes medias.

La figura 4.25 muestra el análisis de estados de la tarjeta con menor incidente de falla.

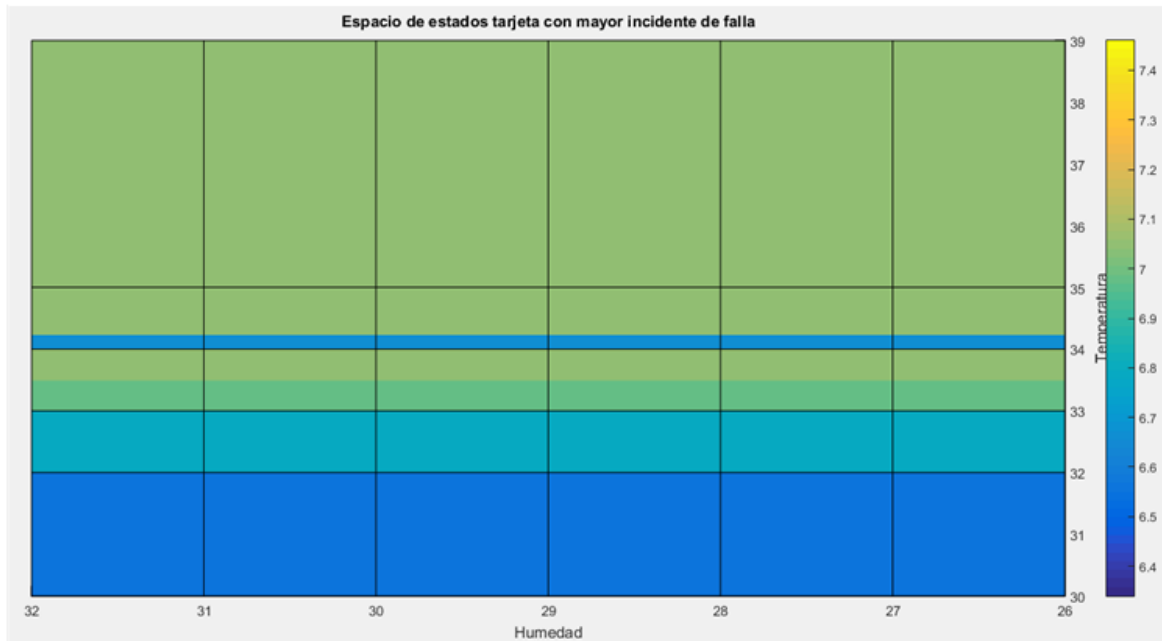


Figura 4.25: Espacio de estados tarjeta con menor incidente de falla

En la figura 4.25 de espacios de estado de la tarjeta con mayor incidente de falla podemos decir que para temperaturas altas, resulta que opera con corrientes altas, para temperaturas medias opera con corrientes intermedias y para temperaturas bajas opera con corrientes más bajas. Es diferente la curva de operación de esta tarjeta.

La figura 4.26 muestra el análisis de estados de la tarjeta con menor incidente de falla.

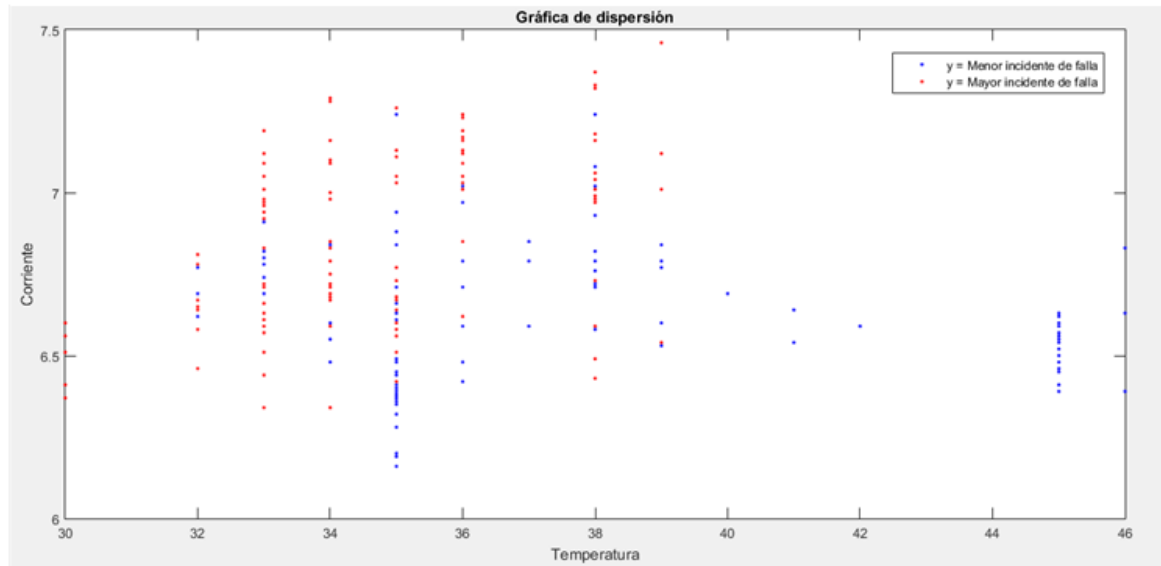


Figura 4.26: Análisis de dispersión

Como podemos ver en esta figura 4.26 de dispersión. Los puntos de color azul corresponden a la tarjeta con menor incidente de falla, mientras que los puntos de color rojo pertenecen a la tarjeta que mayor incidente de falla tiene. Con esta gráfica podemos corroborar lo sucedido en la gráfica de estados cuando la temperatura está alta, la corriente esta baja; mientras que cuando la temperatura esta baja la corriente opera en valores intermedios de corriente, mientras que cuando la temperatura opera en valores medios, la corriente opera en valores altos. Como podemos ver en los puntos de color rojo existe un cambio en la curva. Cuando la temperatura opera en valores altos la corriente opera en valores altos; mientras que cuando la temperatura opera en valores bajos, la corriente opera en valores bajos; mientras que cuando la temperatura opera en valores medios, la corriente opera en valores medios.

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones

- Los eventos comparados no fueron simultáneos porque no fue posible sincronizar por cuestiones operativas de las tarjetas, para que operen al mismo tiempo con la misma cantidad de ropa.
- Para este análisis tampoco se pudo sincronizar el tiempo debido a que las tarjetas de control funcionaban a diferentes horas y tiempos de secado diferentes.
- Podemos concluir diciendo que después del exhaustivo análisis PCA, que se realizó a los datos, no existe mayor diferencia que nos muestre cual es el factor de falla en las tarjetas, a pesar de que en el último análisis tomamos los valores con mayor diferencia en funcionamiento.
- No conformes con eso, hicimos un último análisis conocido como espacios de estados, el mismo que tampoco demostró gran diferencia que nos ayude a dar con el factor de falla.
- Finalmente quiero concluir con una hipótesis de falla, al instalar el prototipo en las maquinas, pude observar que había un incorrecto aterrizamiento de neutro a tierra; por lo tanto corregí el error antes de la obtención de datos. Entonces se puede suponer que las fallas que tuvo la máquina fue por mala conexión.

5.2. Recomendaciones

- Colocar a cada sensor o módulo una entrada directa de 5V del Arduino.
- Debido a las características de los módulos, especialmente al módulo RTC conectar a voltajes 5V, ya que si coloca a voltajes menores, el módulo no funciona.
- Para obtener los datos del prototipo lo primero que se debe hacer es sacar la memoria micro SD y después apagar nuestro prototipo.
- Evitar la manipulación del módulo micro SD ya que se puede desoldar los pines y la información de los sensores se podría perder.

- Para grabar nuevos datos no olvidarse que a la tarjeta micro SD debemos de formatearle, debido a que no guarda la nueva información.
- Como podemos observar en el apéndice F.1 el dueño de la lavandería paga una penalización por el bajo factor de potencia, debería instalar un banco de condensadores para evitar el factor de potencia.
- Revisar las conexiones del aterrizamiento de neutro a tierra ya que debido a la mala conexión de las tarjetas, puede provocar las fallas en las tarjetas.
- Implementar un mantenimiento, para la limpieza de pelusas y polvo que entran en las tarjetas de control y puede dañar el funcionamiento de las tarjetas de las secadoras de ropa.

Referencias

- Alliance Laundry Systems LLC@2019. (s.f.). *Secadora en columna*. Descargado 2019-05-15, de <http://www.speedqueencoinlaundry.com/vend/es-ww/products/stack-tumble-dryers.aspx>
- Amat Rodrigo, J. (2017). *Análisis de Componentes Principales (Análisis de Componentes Principales, PCA) y t-SNE*. Descargado 2020-06-24, de <https://www.cienciadedatos.net/documentos/35{principal}component{analysis}https://rpubs.com/Joaquin{AR}/287787>
- Bolanos. (2017). *Módulo RTC DS1302. Reloj de tiempo real (Inf. Téc.)*.
- Cosmos. (s.f.). *Reguladores de corriente*. Descargado 2020-01-14, de <https://reguladoresdecorriente.com/>
- Cristina Camargo. (s.f.). 4 reguladores de corriente para proteger tus electrodomésticos y electrónicos de los cambios de voltaje — La Opinión. , Sep–13.
- David, N., Chima, A., Ugochukwu, A., y Obinna, E. (2015). *Design-of-a-Home-Automation-System-Using-Arduino.doc*. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(6). Descargado de <http://www.ijser.org>
- del Valle Hernández, L. (2017). *Cómo utilizar el DHT11 para medir la temperatura y humedad con Arduino*. Descargado 2019-10-28, de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>
- Dopico, I. (2019). *Módulo SD para Arduino: ¿cómo usar tarjetas de memoria en Arduino?* Descargado 2020-01-09, de <https://www.tarjetasdememoria.info/guia-tarjeta-memoria-micro-sd-arduino/>
- Enríquez Herrador, R. (2009). *Guía de Usuario de Arduino (Inf. Téc.)*. Descargado de <http://electroship.com/documentos/Arduino{user}manual{es}.pdf>
- Gwil, Glin, Trystan, Kate, Claire, A. (s.f.). *Learn — OpenEnergyMonitor*. Descargado 2020-03-17, de <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/interface-with-arduino?redirected=true>
- Kingston. (2019). *Tarjeta MicroSDHC clase 4 con adaptador SD opcional*. Descargado 2020-01-09, de <https://www.kingston.com/es/memory-cards/microsdhc-card-class-4>
- Li, B., Li, Z., y Zhang, H. (2018, mar). Design of the control circuit of automatic dryer. En *Proceedings of the 2018 international conference on mechanical, electronic, control and automation engineering (mecaec 2018)*. Paris, France: Atlantis Press. Descargado de <http://www.atlantis-press.com/php/paper-details.php?id=25893773> doi: 10.2991/mecaec-18.2018.140
- Luis del Valle. (2018). *SCT-013 mide el consumo eléctrico en tu casa con Arduino*. Descargado 2020-01-10, de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sct-013-consumo-electrico>

- arduino/
- Naylamp. (2016a). *Tutorial Arduino y memoria SD y micro SD*. Descargado 2020-01-14, de <https://naylampmechatronics.com/blog/38{-}Tutorial-Arduino-y-memoria-SD-y-micro-SD-.html>
- Naylamp. (2016b). *Tutorial sensor de corriente AC no invasivo SCT-013*. Descargado 2020-01-10, de <https://naylampmechatronics.com/blog/51{-}tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html>
- Paola Guimerans. (2018). *¿Qué es un sensor? Tipos y diferencias – PrototipadoLAB*. Descargado 2019-07-16, de <http://paolaguimerans.com/openart/?p=1372>
- Serna Ruiz, A., Ros Garcia, F. A., y Rico Noguera, J. C. (2010). *Guía práctica de sensores*. Creaciones Copyright.
- Torrente Artero, Ó. (s.f.). *Arduino Curso Práctico de formación (Inf. Téc.)*. Descargado de www.FreeLibros.me
- Veloso Cristian. (2018). *ARDUINO MEGA 2560 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES*. Descargado 2019-05-28, de <https://www.electrontools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>

Apéndice A

Código Arduino

```
include <SPI.h> // incluye libreria interfaz SPI
include <SD.h> // incluye libreria para tarjetas SD
include <DHT.h> // incluye libreria DHT de Adafruit
include <DHT_U.h > // incluye libreria Adafruit Unified Sensor
include <virtuabotixRTC.h > // Libreria pararte

// Include Emon Library
include "EmonLib.h"
// Crear una instancia EnergyMonitor
EnergyMonitor energyMonitor;
// Voltaje de nuestra red eléctrica
float voltajeRed = 120.0;

define SENSOR 4 // constante SENSOR en pin digital 4 (senal de DHT11)
float TEMPERATURA; // variable para almacenar valor de temperatura
float HUMEDAD; // variable para almacenar valor de humedad

define SSpin 53 // Slave Select en pin digital 10

File archivo; // objeto archivo del tipo File
DHT dht(SENSOR, DHT11); // objeto dht del tipo DHT en pin 4 y modelo DHT11

virtuabotixRTC myRTC(6, 7, 8); // Si cambiamos los PIN de conexión, debemos cambiar aquí tambien

void setup()
// Inicializamos comunicación serie
Serial.begin(9600);
pinMode(13, OUTPUT);
// Comenzamos el sensor DHT
dht.begin();
```

```

// Para ajustar la fecha y hora, debemos utilizar el siguiente formato:
// segundos, minutos, horas, día de la semana, numero de día, mes y año
// myRTC.setDS1302Time(00, 00, 9, 7, 02, 02, 2020); // SS, MM, HH, DW, DD, MM, YYYY
/* después de ajustar la hora la línea de arriba se debe comentar o eliminar
* para que la fecha y hora quede grabada
// La configuración de fecha y hora ha sido ajustada

Serial.println("Inicializando tarjeta ..."); // texto en ventana de monitor
if (!SD.begin(SSpin)) // inicializacion de tarjeta SD
Serial.println("fallo en inicializacion !");// si falla se muestra texto correspondiente y
return; // se sale del setup() para finalizar el programa

Serial.println("inicializacion correcta"); // texto de inicializacion correcta
archivo = SD.open("datos.txt", FILE_WRITE); //apertura para lectura/escritura de archivos datos.txt

if (archivo)
for (int i=1; i <= 480; i++) // bucle repite 480
energyMonitor.current(0, 28);
double Irms = energyMonitor.calcIrms(1484);
// Calculamos la potencia aparente
double potencia = Irms * voltajeRed;
digitalWrite(13, HIGH);
TEMPERATURA = dht.readTemperature(); // almacena en variable valor leído de temperatura
HUMEDAD = dht.readHumidity(); // almacena en variable valor leído de humedad
if (isnan(HUMEDAD) || isnan(TEMPERATURA))
Serial.println("Error obteniendo los datos del sensor DHT11");
return;

// Calcular el índice de calor en grados centígrados
float hic = dht.computeHeatIndex(TEMPERATURA, HUMEDAD, false);

// Se imprime el resultado en el Monitor Serial

Serial.print("Fecha y hora actual: ");
Serial.print(myRTC.dayofmonth); // Se puede cambiar entre día y mes si se utiliza el sistema Americano
Serial.print("/");
Serial.print(myRTC.month); // Mes
Serial.print("/");
Serial.print(myRTC.year); // Año
Serial.print();
Serial.print(myRTC.hours); // Horas
Serial.print(":");
Serial.print(myRTC.minutes); // Minutos

```

```

Serial.print(":");
Serial.println(myRTC.seconds); // Segundos

    Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(TEMPERATURA); // escribe en monitor el valor de temperatura
Serial.print(", Humedad: "); // escribe en monitor una coma
Serial.print(HUMEDAD); // escribe en monitor el valor de humedad y salto de linea
Serial.print(", Irms: ");
Serial.println(Irms);
//Serial.print(";");
// Se imprime el resultado en el Monitor Serial
archivo.print("Fecha y hora actual: ");
archivo.print(myRTC.dayofmonth); // Se puede cambiar entre día y mes si se utiliza el sistema Americano
archivo.print("/");
archivo.print(myRTC.month); // Mes
archivo.print("/");
archivo.print(myRTC.year); // Año
archivo.print();
archivo.print(myRTC.hours); // Horas
archivo.print(":");
archivo.print(myRTC.minutes); // Minutos
archivo.print(":");
archivo.println(myRTC.seconds); // Segundos
archivo.print("Temperatura: ");
archivo.print(TEMPERATURA ); // escribe en tarjeta el valor de temperatura
archivo.print(", Humedad: "); // escribe en tarjeta una coma
archivo.print(HUMEDAD); // escribe en tarjeta el valor de humedad y salto de linea
archivo.print(", Irms: ");
archivo.println(Irms); // escribe en la tarjeta el valor dela corriente
myRTC.updateTime();
digitalWrite(13, LOW);
delay(60000); // demora de 5 segundo

archivo.close(); // cierre de archivo
Serial.println(.escritura correcta"); // texto de escritura correcta en monitor serie
else
Serial.println(.error en apertura de datos.txt"); // texto de falla en apertura de archivo

    void loop()
// Obtenemos el valor de la corriente eficaz
// Pasamos el número de muestras que queremos tomar

```

64

```
// Obtenemos el valor de la corriente eficaz  
// Pasamos el número de muestras que queremos tomar  
//delay(500);
```

Apéndice B

Código MATLAB

B.1. Código para PCA

```
clc; clear; close all;
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx', 'pru_1', 'A2 : J18', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw =
raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:], size(raw));
Fecha1 = datetime([dates:, 1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora1 = data(:, 1); Tem1 = data(:, 2); Hum1 = data(:, 3);
Cor1 = data(:, 4); Fecha2 = datetime([dates:, 2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora2 = data(:, 5); Tem2 = data(:, 6);
Hum2 = data(:, 7); Corri1 = data(:, 8);
clearvars data raw dates;
muestra11= [Tem1 Hum1 Cor1];muestra12= [Tem2 Hum2 Corri1];
[coeff11,newdata11,latend11,tsd11,variance11]=pca(muestra11); [coeff12,newdata12,latend12,tsd12,variance12]=pca(muestra12);
figure
plot(tsd11); hold on plot(tsd12); title('Muestra 1') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla', 'PCA tar-
jeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx', 'pru_2', 'A2 : J18', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw =
raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:], size(raw));
Fecha3 = datetime([dates:, 1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora3 = data(:, 1); Tem3 = data(:, 2); Hum3 = data(:, 3);
Cor2 = data(:, 4); Fecha4 = datetime([dates:, 2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora4 = data(:, 5); Tem4 = data(:, 6);
Hum4 = data(:, 7); Corri2 = data(:, 8);
clearvars data raw dates;
muestra21= [Tem3 Hum3 Cor2];muestra22= [Tem4 Hum4 Corri2];
[coeff21,newdata21,latend21,tsd21,variance21]=pca(muestra21); [coeff22,newdata22,latend22,tsd22,variance22]=pca(muestra22);
figure
plot(tsd21); hold on plot(tsd22); title('Muestra 2') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla', 'PCA tar-
jeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx', 'pru_3', 'A2 : J33', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw =
raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
```

```

data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha5 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora5 = data(:,1); Tem5 = data(:,2); Hum5 = data(:,3);
Cor3 = data(:,4); Fecha6 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora6 = data(:,5); Tem6 = data(:,6);
Hum6 = data(:,7); Corri3 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra31= [Tem5 Hum5 Cor3];muestra32= [Tem6 Hum6 Corri3];
[coeff31,newdata31,latend31,tsd31,variance31]=pca(muestra31); [coeff32,newdata32,latend32,tsd32,variance32]=pca(muestra32);
figure
plot(tsd31); hold on plot(tsd32); title('Muestra 3') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:\Chalco_santiago_odos.xlsx','pru4',' A2 : J29',',', @convertSpreadsheetExcelDates); raw = raw(, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
R = cellfun(@(x) isnumeric(x) islogical(x),raw); raw(R) = NaN; R = cellfun(@(x) isnumeric(x) islogical(x),dates); dates(R) = NaN;
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha7 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora7 = data(:,1); Tem7 = data(:,2); Hum7 = data(:,3);
Cor4 = data(:,4); Fecha8 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora8 = data(:,5); Tem8 = data(:,6);
Hum8 = data(:,7); Corri4 = data(:,8);
clearvars data raw dates R;
muestra41= [Tem7 Hum7 Cor4];muestra42= [Tem8 Hum8 Corri4];
[coeff41,newdata41,latend41,tsd41,variance41]=pca(muestra41); [coeff42,newdata42,latend42,tsd42,variance42]=pca(muestra42);
figure
plot(tsd41); hold on plot(tsd42); title('Muestra 4') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:\Chalco_santiago_odos.xlsx','pru5',' A2 : J17',',', @convertSpreadsheetExcelDates); raw = raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha9 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora9 = data(:,1); Tem9 = data(:,2); Hum9 = data(:,3);
Cor5 = data(:,4); Fecha10 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora10 = data(:,5); Tem10 = data(:,6);
Hum10 = data(:,7); Corri5 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra51= [Tem9 Hum9 Cor5];muestra52= [Tem10 Hum10 Corri5];
[coeff51,newdata51,latend51,tsd51,variance51]=pca(muestra51); [coeff52,newdata52,latend52,tsd52,variance52]=pca(muestra52);
figure
plot(tsd51); hold on plot(tsd52); title('Muestra 5') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:\Chalco_santiago_odos.xlsx','pru6',' A2 : J18',',', @convertSpreadsheetExcelDates); raw = raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha11 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora11 = data(:,1); Tem11 = data(:,2); Hum11 = data(:,3);
Cor6 = data(:,4); Fecha12 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora12 = data(:,5); Tem12 = data(:,6);
Hum12 = data(:,7); Corri6 = data(:,8);
clearvars data raw dates;

```

```

muestra61= [Tem11 Hum11 Cor6];muestra62= [Tem12 Hum12 Corri6];
[coeff61,newdata61,latend61,tsd61,variance61]=pca(muestra61); [coeff62,newdata62,latend62,tsd62,variance62]=pca(muestra62);
figure
plot(tsd61); hold on plot(tsd62); title('Muestra 6') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru7',' A2 : J33', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw = raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha13 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora13 = data(:,1); Tem13 = data(:,2); Hum13 = data(:,3); Cor7 = data(:,4); Fecha19 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora19 = data(:,5); Tem19 = data(:,6); Hum19 = data(:,7); Corri7 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra71= [Tem13 Hum13 Cor7];muestra72= [Tem19 Hum19 Corri7];
[coeff71,newdata71,latend71,tsd71,variance71]=pca(muestra71); [coeff72,newdata72,latend72,tsd72,variance72]=pca(muestra72);
figure
plot(tsd71); hold on plot(tsd72); title('Muestra 7') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru8',' A2 : J29', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw = raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha20 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora20 = data(:,1); Tem20 = data(:,2); Hum20 = data(:,3); Cor21 = data(:,4); Fecha26 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora26 = data(:,5); Tem26 = data(:,6); Hum26 = data(:,7); Corri8 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra81= [Tem20 Hum20 Cor21];muestra82= [Tem26 Hum26 Corri8];
[coeff81,newdata81,latend81,tsd81,variance81]=pca(muestra81); [coeff82,newdata82,latend82,tsd82,variance82]=pca(muestra82);
figure
plot(tsd81); hold on plot(tsd82); title('Muestra 8') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru9',' A2 : J27', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw = raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha27 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora27 = data(:,1); Tem27 = data(:,2); Hum27 = data(:,3); Cor8 = data(:,4); Fecha28 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora28 = data(:,5); Tem28 = data(:,6); Hum28 = data(:,7); Corri9 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra91= [Tem27 Hum27 Cor8];muestra92= [Tem28 Hum28 Corri9];
[coeff91,newdata91,latend91,tsd91,variance91]=pca(muestra91); [coeff92,newdata92,latend92,tsd92,variance92]=pca(muestra92);
figure
plot(tsd91); hold on plot(tsd92); title('Muestra 9') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru10',' A2 : J20', '@convertSpreadsheetExcelDates'); raw = raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);

```

```

data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha29 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora29 = data(:,1); Tem29 = data(:,2); Hum29 =
data(:,3); Cor9 = data(:,4); Fecha30 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora30 = data(:,5); Tem30 =
data(:,6); Hum30 = data(:,7); Corri10 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra101= [Tem29 Hum29 Cor9];muestra102= [Tem30 Hum30 Corri10];
[coeff101,newdata101,latend101,tsd101,variance101]=pca(muestra101); [coeff102,newdata102,latend102,tsd102,variance102]=p
figure
plot(tsd101); hold on plot(tsd102); title('Muestra 10') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA
tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru11',' A2 : J26',',', @convertSpreadsheetExcelDates); raw =
raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha31 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora31 = data(:,1); Tem31 = data(:,2); Hum31 =
data(:,3); Cor10 = data(:,4); Fecha32 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora32 = data(:,5); Tem32 =
data(:,6); Hum32 = data(:,7); Corri11 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra111= [Tem31 Hum31 Cor10];muestra112= [Tem32 Hum32 Corri11];
[coeff111,newdata111,latend111,tsd111,variance111]=pca(muestra111); [coeff112,newdata112,latend112,tsd112,variance112]=p
figure
plot(tsd111); hold on plot(tsd112); title('Muestra 11') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA
tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru12',' A2 : J24',',', @convertSpreadsheetExcelDates); raw =
raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha33 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora33 = data(:,1); Tem33 = data(:,2); Hum33 =
data(:,3); Cor11 = data(:,4); Fecha34 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora34 = data(:,5); Tem34 =
data(:,6); Hum34 = data(:,7); Corri12 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra121= [Tem33 Hum33 Cor11];muestra122= [Tem34 Hum34 Corri12];
[coeff121,newdata121,latend121,tsd121,variance121]=pca(muestra121); [coeff122,newdata122,latend122,tsd122,variance122]=p
figure
plot(tsd121); hold on plot(tsd122); title('Muestra 12') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA
tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off
[ , , raw, dates] = xlsread('C:-Chalco_santiago_todos.xlsx','pru14',' A2 : J22',',', @convertSpreadsheetExcelDates); raw =
raw(:, [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]); dates = dates(:, [1, 6]);
data = reshape([raw:],size(raw));
Fecha35 = datetime([dates:,1].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora35 = data(:,1); Tem35 = data(:,2); Hum35 =
data(:,3); Cor12 = data(:,4); Fecha36 = datetime([dates:,2].', 'ConvertFrom', 'Excel'); Hora36 = data(:,5); Tem36 =
data(:,6); Hum36 = data(:,7); Corri13 = data(:,8);
clearvars data raw dates;
muestra131= [Tem35 Hum35 Cor12];muestra132= [Tem36 Hum36 Corri13];
[coeff131,newdata131,latend131,tsd131,variance131]=pca(muestra131); [coeff132,newdata132,latend132,tsd132,variance132]=p

```

```

figure
plot(tsd131); hold on plot(tsd132); title('Muestra 13') legend('PCA tarjeta con menor incidente de falla','PCA
tarjeta con mayor incidente de falla') grid(); hold off

```

B.2. Código para análisis de dispersión

```

clc;
clear;
figure
a = [];
b = [];
hist(a(:,1))hold on
hist(b(:,1))title('Histograma de dispersión de temperatura')
xlabel('Temperatura')
ylabel('Frecuencia')
legend('y = Menor incidente de falla','y = Mayor incidente de falla','Location','southwest')
grid();
hold off
hist(a(:,2))hold on
hist(b(:,2))title('Histograma de dispersión de humedad')
xlabel('Humedad')
ylabel('Frecuencia')
legend('y = Menor incidente de falla','y = Mayor incidente de falla','Location','southwest')
grid();
hold off
hist(a(:,3))hold on
hist(b(:,3))title('Histograma de dispersión de corriente')
xlabel('Corriente')
ylabel('Frecuencia')
legend('y = Menor incidente de falla','y = Mayor incidente de falla','Location','southwest')
grid();
hold off
plot(a(:,1), a(:,3), 'r', b(:,1), b(:,3), 'b')
title('Gráfica de dispersión')
xlabel('Temperatura')
ylabel('Corriente')
legend('y = Menor incidente de falla','y = Mayor incidente de falla','Location','southwest')

```

B.3. Código para análisis de espacio de estados

```

[X Y] = meshgrid(a(:,1), a(:,2));
size(X)
size(Y)
size(a(:,3))
Z = meshgrid(a(:,3));
mesh(X, Y, Z)
surf(X, Y, Z)
c=[];
d=[];
e=[];
f=[];
g=[];
h=[];
i=[];
j=[];
k=[];
m=[];
figure
plot(c(:,1))
hold on
plot(c(:,2))
plot(c(:,3))
title('Gráfica tarjeta con menor incidente de falla día 24')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(d(:,1))
hold on
plot(d(:,2))
plot(d(:,3))
title('Gráfica tarjeta con mayor incidente de falla día 14')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(e(:,1))
hold on
plot(e(:,2))
plot(e(:,3))
title('Gráfica tarjeta con menor incidente de falla día 25')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(f(:,1))
hold on

```

```

plot(f(:,2))
plot(f(:,3))
title('Gráfica tarjeta con mayor incidente de falla día 18')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(g(:,1))
hold on
plot(g(:,2))
plot(g(:,3))
title('Gráfica tarjeta con menor incidente de falla día 21')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(h(:,1))
hold on
plot(h(:,2))
plot(h(:,3))
title('Gráfica tarjeta con mayor incidente de falla día 16')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(i(:,1))
hold on
plot(i(:,2))
plot(i(:,3))
title('Gráfica tarjeta con menor incidente de falla día 22')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(j(:,1))
hold on
plot(j(:,2))
plot(j(:,3))
title('Gráfica tarjeta con mayor incidente de falla día 15')
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
figure
plot(k(:,1))
    X Y
= meshgrid(a(:,1), a(:,2));
size(X)
size(Y)
size(a(:,3))
Z = meshgrid(a(:,3));
mesh(X, Y, Z)
surf(X, Y, Z)
hold on

```

```
plot(k(:,2)) plot(k(:,3))
```

```
title('Gráfica tarjeta con menor incidente de falla día 23')
```

```
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
```

```
figure
```

```
plot(m(:,1))
```

```
hold on
```

```
plot(m(:,2))
```

```
plot(m(:,3))
```

```
title('Gráfica tarjeta con mayor incidente de falla día 17')
```

```
legend('y = Temperatura','y = Humedad','y = Corriente','Location','southwest')
```

Apéndice C

Especificaciones de la hoja de datos del sensor de corriente SCT-013-030

C.1. Hoja de datos del sensor de corriente

La figura C.1 muestra la hoja de datos del sensor de corriente.

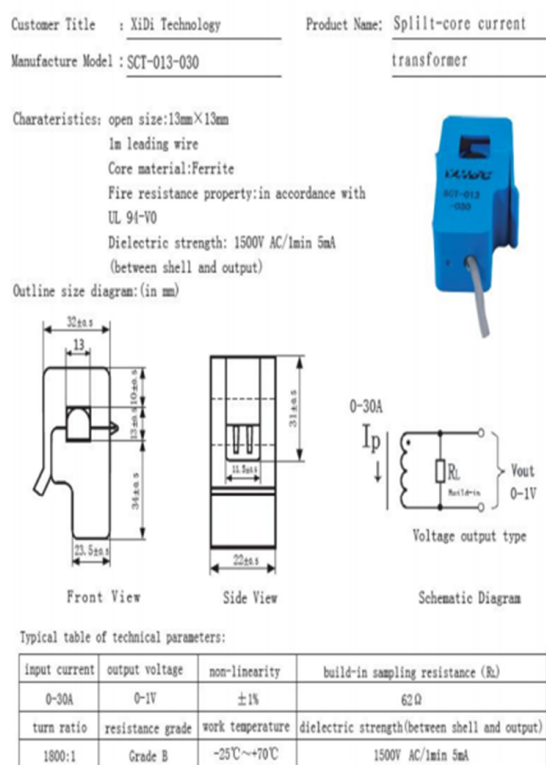


Figura C.1: Especificaciones del sensor de corriente SCT'013-030

Apéndice D

Construcción del prototipo

D.1. Construcción de la caja

La figura D.1 muestra la colocación y armado de la caja del prototipo.



Figura D.1: Armado de la caja

D.2. Montaje y construcción de la tarjeta del equipo de adquisición de datos

La figura D.2 muestra el montaje de los materiales usados para la medición de datos.

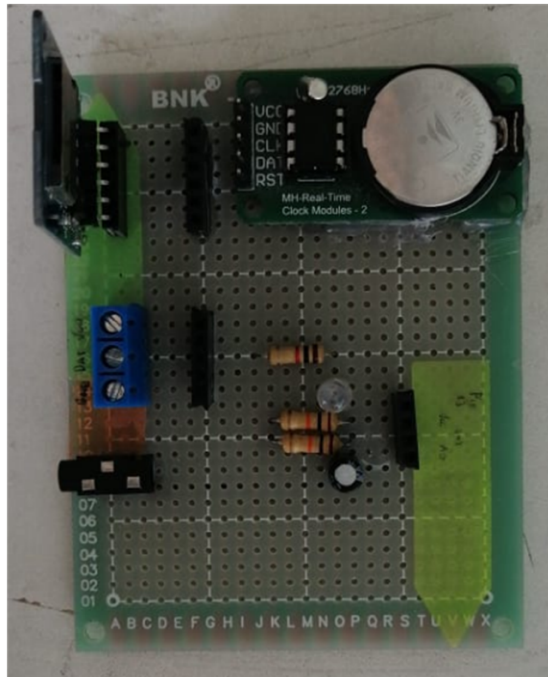


Figura D.2: Montaje de materiales

La figura D.3 muestra el montaje del sensor DHT 11 en la galleta.

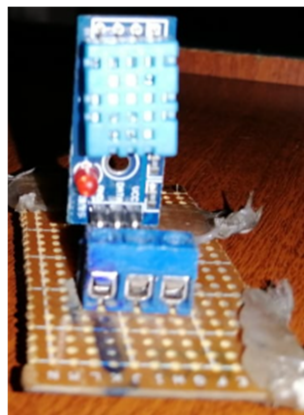


Figura D.3: Montaje de materiales

D.3. Colocación del circuito en la caja

La figura D.4 muestra el montaje del circuito terminado en la caja.

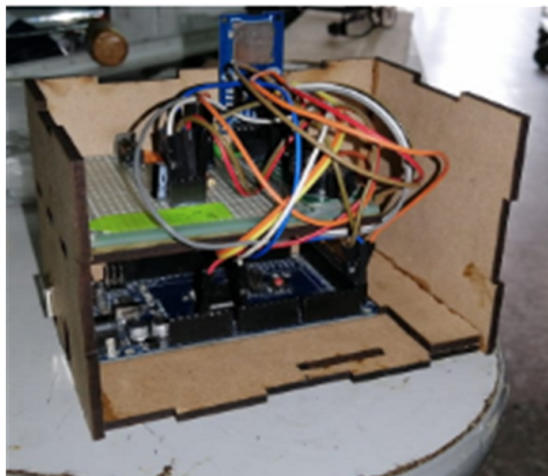


Figura D.4: Montaje sensor DHT11

D.4. Caja terminada

La figura D.5 muestra el prototipo terminado.



Figura D.5: Prototipo terminado

Apéndice E

Medición y funcionamiento del prototipo

E.1. Medición del sensor de corriente en la tarjeta

La figura E.1 muestra los valores tomados por los sensores en Monitor Serial de Arduino.

```
Temperatura: 21.00, Humedad: 36.00, Irms: 0.00  
Fecha y hora actual: 21/1/2020 9:21:21  
Temperatura: 21.00, Humedad: 36.00, Irms: 7.51  
Fecha y hora actual: 21/1/2020 9:22:22  
Temperatura: 21.00, Humedad: 36.00, Irms: 7.48
```

Figura E.1: Medición del sensor

E.2. Medición del multímetro en la corriente de la tarjeta

La figura E.2 muestra los valores de corriente tomados por el multímetro.



Figura E.2: Medición del multímetro cuando la máquina esta en funcionamiento

E.3. Medición del multímetro en la corriente pico

La figura E.3 muestra los valores tomados por el multímetro cuando se enciende la máquina que son los valores pico.



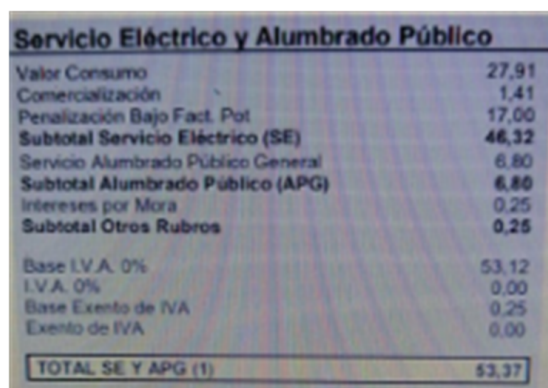
Figura E.3: Medición del multímetro en arranque

Apéndice F

Valores de la planilla de luz

F.1. Planilla de consumo de la empresa eléctrica

La figura F.1 muestra la planilla de luz y la penalización de bajo factor de potencia que paga la lavandería.



Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	
Valor Consumo	27,91
Comercialización	1,41
Penalización Bajo Fact. Pot	17,00
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	46,32
Servicio Alumbrado Público General	6,80
Subtotal Alumbrado Público (APG)	6,80
Intereses por Mora	0,25
Subtotal Otros Rubros	0,25
Base I.V.A. 0%	53,12
I.V.A. 0%	0,00
Base Exento de IVA	0,25
Exento de IVA	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	53,37

Figura F.1: Valor de la planilla

Apéndice G

Valores obtenidos por los sensores

G.1. muestra los valores, fecha y hora del comportamiento de los sensores en las tarjetas de control.

Datos obtenidos del día 15 de enero por los sensores en la tarjeta sin falla.

Fecha y hora actual: 0/0/0 0:0:0 Temperatura: 19.00, Humedad: 37.00, Irms: 0.12 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:50:27 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 0.06 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:51:27 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 0.08 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:52:27 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 0.08 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:53:28 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 7.38 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:54:28 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 7.06 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:55:28 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 7.12 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:56:29 Temperatura: 20.00, Humedad: 37.00, Irms: 6.93 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:57:29 Temperatura: 21.00, Humedad: 36.00, Irms: 6.78 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:58:29 Temperatura: 21.00, Humedad: 36.00, Irms: 6.99 Fecha y hora actual: 15/1/2020 8:59:30 Temperatura: 22.00, Humedad: 36.00, Irms: 6.97 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:0:30 Temperatura: 22.00, Humedad: 36.00, Irms: 6.88 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:1:30 Temperatura: 23.00, Humedad: 35.00, Irms: 6.88 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:2:31 Temperatura: 23.00, Humedad: 35.00, Irms: 6.75 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:3:31 Temperatura: 23.00, Humedad: 35.00, Irms: 6.98 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:4:31 Temperatura: 24.00, Humedad: 35.00, Irms: 7.06 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:5:32 Temperatura: 24.00, Humedad: 35.00, Irms: 0.09 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:6:32 Temperatura: 25.00, Humedad: 34.00, Irms: 0.08 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:7:32 Temperatura: 25.00, Humedad: 34.00, Irms: 7.26 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:8:32 Temperatura: 26.00, Humedad: 34.00, Irms: 7.11 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:9:33 Temperatura: 26.00, Humedad: 34.00, Irms: 7.17 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:10:33 Temperatura: 26.00, Humedad: 34.00, Irms: 7.00 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:11:33 Temperatura: 27.00, Humedad: 33.00, Irms: 0.08 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:12:34 Temperatura: 27.00, Humedad: 33.00, Irms: 0.09 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:13:34 Temperatura: 28.00, Humedad: 32.00, Irms: 0.08 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:14:34 Temperatura: 29.00, Humedad: 31.00, Irms: 0.09 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:15:35 Temperatura: 29.00, Humedad: 31.00, Irms: 6.98 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:16:35 Temperatura: 29.00, Humedad: 31.00, Irms: 6.90 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:17:35 Temperatura: 29.00, Humedad: 31.00, Irms: 6.90 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:18:36 Temperatura: 29.00, Humedad: 31.00, Irms: 6.97 Fecha y hora actual: 15/1/2020 9:19:36 Temperatura: 29.00, Hu-

10:36:9 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.98 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:37:9 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.78 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:38:9 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.80 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:39:10 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.15 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:40:10 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.95 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:41:10 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.09 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:42:11 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 6.60 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:43:11 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 13.21 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:44:11 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.70 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:45:12 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.81 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:46:12 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.66 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:47:12 Temperatura: 36.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.63 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:48:12 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.57 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:49:13 Temperatura: 41.00, Humedad: 25.00, Irms: 12.86 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:50:13 Temperatura: 41.00, Humedad: 25.00, Irms: 12.76 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:51:13 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 12.79 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:52:14 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.56 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:53:14 Temperatura: 37.00, Humedad: 27.00, Irms: 12.68 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:54:14 Temperatura: 36.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.58 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:55:15 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.56 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:56:15 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.59 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:57:15 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.64 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:58:16 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.47 Fecha y hora actual: 22/1/2020 10:59:16 Temperatura: 36.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.61 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:0:16 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.72 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:1:17 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.63 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:2:17 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.23 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:3:17 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.23 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:4:18 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.30 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:5:18 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.19 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:6:18 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.35 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:7:19 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.96 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:8:19 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.04 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:9:19 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.10 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:10:19 Temperatura: 33.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.51 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:11:20 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 13.18 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:12:20 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.83 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:13:20 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 12.80 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:14:21 Temperatura: 34.00, Humedad: 29.00, Irms: 6.80 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:15:21 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.56 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:16:21 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 12.82 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:17:22 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 12.95 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:18:22 Temperatura: 36.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.82 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:19:22 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.86 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:20:23 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.80 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:21:23 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.70 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:22:23 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.79 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:23:24 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.98 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:24:24 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 12.81 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:25:24 Temperatura: 35.00, Humedad: 28.00, Irms: 6.83 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:26:25 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.70 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:27:25 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.76 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:28:25 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.64 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:29:26 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.57 Fecha y hora actual: 22/1/2020 11:30:26 Temperatura: 38.00, Humedad: 27.00, Irms: 6.57

medad: 25.00, Irms: 0.11 Fecha y hora actual: 22/1/2020 16:57:12 Temperatura: 42.00, Humedad: 26.00, Irms: 0.11
Fecha y hora actual: 22/1/2020 16:58:13 Temperatura: 42.00, Humedad: 26.00, Irms: 0.11 Fecha y hora actual:
22/1/2020 16:59:13 Temperatura: 42.00, Humedad: 25.00, Irms: 0.12 Fecha y hora actual: 22/1/2020 17:0:13 Tem-
peratura: 42.00, Humedad: 25.00, Irms: 0.11 Fecha y hora actual: 22/1/2020 17:1:14 Temperatura: 41.00, Humedad:
25.00, Irms: 0.11 Fecha y hora actual: 22/1/2020 17:2:14 Temperatura: 41.00, Humedad: 25.00, Irms: 0.11 Fecha
y hora actual: 22/1/2020 17:3:14 Temperatura: 41.00, Humedad: 25.00, Irms: 0.11 Fecha y hora actual: 22/1/2020
17:4:15 Temperatura: 41.00, Humedad: 25.00, Irms: 0.11 Fecha y hora actual: 22/1/2020 17:5:15 Temperatura:
40.00, Humedad: 26.00, Irms: 0.12

Tesis - Santiago Ulloa Rev 3

por Santiago Ulloa

Fecha de entrega: 23-jun-2020 02:45p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1348699468

Nombre del archivo: Santiago_Ulloa_V3.pdf (9.43M)

Total de palabras: 35601

Total de caracteres: 165371

Tesis - Santiago Ulloa Rev 3

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

dspace.uazuay.edu.ec

Fuente de Internet

1%

2

pablovillanueva.com

Fuente de Internet

1%

3

repository.unad.edu.co

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Cranfield University

Trabajo del estudiante

<1%

5

reguladoresdecorriente.com

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

openaccess.uoc.edu

Fuente de Internet

<1%

8

repository.ucatolica.edu.co

Fuente de Internet

<1%

9

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

10	ch.mathworks.com Fuente de Internet	<1%
11	paolaguimerans.com Fuente de Internet	<1%
12	programarfácil.com Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%
14	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1%
15	Submitted to TecnoCampus Trabajo del estudiante	<1%
16	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
17	tauja.ujaen.es Fuente de Internet	<1%
18	naylorlampmechatronics.com Fuente de Internet	<1%
19	Submitted to Universidad Tecnológica Israel Trabajo del estudiante	<1%
20	Submitted to Middle East Technical University Trabajo del estudiante	<1%

21	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	<1%
22	giahuy.name.vn Fuente de Internet	<1%
23	idus.us.es Fuente de Internet	<1%
24	diposit.ub.edu Fuente de Internet	<1%
25	digeset.ucol.mx Fuente de Internet	<1%
26	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1%
27	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
28	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
29	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1%
30	dspace.istvidanueva.edu.ec Fuente de Internet	<1%
31	documents.mx Fuente de Internet	<1%
32	www.cienciadedatos.net Fuente de Internet	<1%

<1%

33

Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral

Trabajo del estudiante

<1%

34

docslide.us

Fuente de Internet

<1%

35

www.aircitizen.org

Fuente de Internet

<1%

36

"V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba", Springer Science and Business Media LLC, 2013

Publicación

<1%

37

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1%

38

Submitted to Wright State University

Trabajo del estudiante

<1%

39

pastebin.com

Fuente de Internet

<1%

40

www.nyebarilmu.com

Fuente de Internet

<1%

41

www.geekbotelectronics.com

Fuente de Internet

<1%

42	en.calameo.com Fuente de Internet	<1%
43	blog.csdn.net Fuente de Internet	<1%
44	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%
45	Submitted to Universidad de Alicante Trabajo del estudiante	<1%
46	Submitted to Universidad Abierta para Adultos Trabajo del estudiante	<1%
47	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
48	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1%
49	www.virtualcali.com Fuente de Internet	<1%
50	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
51	repositorio.ulead.edu.ec Fuente de Internet	<1%
52	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1%

53	Diana Elizabeth Minda Gilces. "Diseño de un sistema de monitoreo para el cultivo de tomate de jardín en invernadero", Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, 2017 Publicación	<1%
54	vnc.softonic.com Fuente de Internet	<1%
55	Submitted to Universidad de Almeria Trabajo del estudiante	<1%
56	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1%
57	Raquel Salazar B, Rolando Barahona-Rosales, María Solange Sánchez P. "Tick loads in Bos taurus cattle grazing in two contrasting production systems", Revista MVZ Córdoba, 2016 Publicación	<1%
58	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1%
59	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
60	Submitted to University of Adelaide Trabajo del estudiante	<1%
61	repository.unilibre.edu.co Fuente de Internet	<1%

<1%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía Activo

PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, CESAR SANTIAGO ULLOA GALINDO, portador (a) de la cédula de ciudadanía Nro. 0105110050. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE LA TASA DE FALLOS DEL CONTROL ELECTRÓNICO DE SECADORAS DE ROPA INDUSTRIAL EN CONDICIONES DE OPERACIÓN VARIABLES”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de Los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 09 de julio de 2020

F:

César Santiago Ulloa Galindo

0105110050

El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que: **ULLOA GALINDO CÉSAR SANTIAGO**, con cédula de ciudadanía Nro. **0105110050**, de la Carrera de: **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

No adeuda libros, a esta fecha: **09 de julio del 2020**.



Byron Alonso Torres Romo

Bibliotecario

Biblioteca Universitaria
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"