	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 7</b>

Código de la dependencia.

<b>FECHA</b>	jueves, 28 de febrero de 2019
--------------	-------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Otro Auxiliar de investigación
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Electrónica

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
ESCOBAR VELÁSQUEZ	ALEXANDER	1069748390



**MACROPROCESO DE APOYO  
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO  
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAR113  
VERSIÓN: 3  
VIGENCIA: 2017-11-16  
PAGINA: 2 de 7**

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
RODRÍGUEZ MUJICA	LEONARDO
CASAS DÍAZ	CÉSAR AUGUSTO

#### **TÍTULO DEL DOCUMENTO**

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA MONITOREO LOCAL Y A DISTANCIA DE VARIABLES RELACIONADAS CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA, BASADO EN RASPBERRY PI.**

#### **SUBTÍTULO**

**(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)**

Desarrollo de la etapa de instrumentación, Adquisición de datos, registro histórico y sistema de telemetría aplicado en trapiches paneleros (en el municipio de Guaduas/Cundinamarca)

#### **TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

#### **AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO**

27/02/2019

#### **NÚMERO DE PÁGINAS**


98

#### **DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)**

<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1. Monitoreo	Monitoring
2. Telemetría	Telemetry
3. Panela	Panela
4. Fotovoltaico	Photovoltaic
5. Instrumentación	Instrumentation

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 3 de 7</b>

6. Calidad	Quality
------------	---------

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS**  
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Este trabajo presenta los resultados de la investigación, desarrollo e implementación de un sistema de telemetría para el monitoreo y registro de variables implícitas que influyen en el proceso de producción de panela de manera artesanal, en los trapiches de Guaduas Utica y Quebradanegra, así mismo la instalación de la acometida eléctrica en cada uno de los trapiches basada en energías renovables.

De acuerdo con el desarrollo de procesos anteriores pertenecientes al proyecto macro prototipo de un sistema de telemetría como herramienta alternativa basada en tic, para el monitoreo de variables relacionadas con el proceso de producción de panela, y continuación de la investigación se llegó a la conclusión que es importante la supervisión y regulación de variables de producción de panela orientada hacia el índice de calidad de la misma, para esto se tienen en cuenta variables como: temperatura, volumen de jugo de caña, peso de bagazo de caña y peso del producto; con el fin de entregar datos cuantificables al productor que le permiten encontrar el índice de extracción e índice de producción contribuyendo con la mejora del producto.

El prototipo lo integran tres etapas: la primera consta de un módulo de instrumentación en el cual los sensores leen las variables físicas del proceso, la segunda etapa contiene el envío los datos obtenidos vía correo electrónico, la tercera y última etapa maneja el control y procesamiento de datos, se realiza mediante Raspberry Pi 3 bajo un sistema operativo Raspbian el cual es la base de operación de todo el sistema, se brinda también visualización local y remota mediante un sistema Scada desarrollado en la herramienta Node-Red y el almacenamiento de la información para el registro histórico de las variables, en una base de datos Mysql; obteniendo un sistema robusto, de bajo coste de implementación y permite una alta estabilidad. Por otro lado, se implementa un sistema de generación de energía fotovoltaica que abastece todo el prototipo y la acometida eléctrica previamente instalada, perteneciente a cada trapiche.

**AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN**

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 7</b>

Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 7</b>

patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_\_ NO \_X\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 7</b>

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 7 de 7</b>

que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría para monitoreo local y a distancia de variables relacionadas con los parámetros de calidad en el proceso de producción de panela, basado en raspberry pi.	pdf
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
Alexander escobar Velásquez	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA MONITOREO LOCAL Y A DISTANCIA DE VARIABLES RELACIONADAS CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA, BASADO EN RASPBERRY PI.**

**Desarrollo de la etapa de instrumentación, Adquisición de datos y registro histórico aplicado en trapiches paneleros (en el municipio de Guaduas/Cundinamarca)**

**ALEXANDER ESCOBAR VELÁSQUEZ**  
Estudiante Ingeniería Electrónica|

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingeniería  
Fusagasugá, Colombia  
2018



**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA MONITOREO LOCAL Y A DISTANCIA DE VARIABLES RELACIONADAS CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA, BASADO EN RASPBERRY PI.**

**Desarrollo de la etapa de instrumentación, Adquisición de datos, registro histórico y sistema de telemetría aplicado en trapiches paneleros (en el municipio de Guaduas/Cundinamarca)**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico

**ALEXANDER ESCOBAR VELÁSQUEZ**  
Estudiante Ingeniería Electrónica

**Director:**  
**ING. LEONARDO RODRÍGUEZ MÚJICA**

**Codirector:**  
**ING. CESAR AUGUSTO CASAS DÍAZ**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
**Ingeniería Electrónica**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Fusagasugá, Colombia**  
**2018**

## **Dedicatoria**

Este proyecto de grado va dedicado a mis padres y hermanos, por su ayuda, e incondicional apoyo.

## **Agradecimientos**

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo. En primer lugar, le agradezco al Ing. César Augusto Casas Díaz por seguir de manera persistente, dando los recursos e ideas que fueron claves para el desarrollo de este proyecto, al Ing. Leonardo Rodríguez por su tiempo y dirección al proyecto, lo cual me motivó a concluir este trabajo.

## RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la investigación, desarrollo e implementación de un sistema de telemetría para el monitoreo y registro de variables implícitas que influyen en el proceso de producción de panela de manera artesanal, en los trapiches de Guaduas Utica y Quebradanegra, así mismo la instalación de la acometida eléctrica en cada uno de los trapiches basada en energías renovables.

De acuerdo con el desarrollo de procesos anteriores pertenecientes al proyecto macro prototipo de un sistema de telemetría como herramienta alternativa basada en tic, para el monitoreo de variables relacionadas con el proceso de producción de panela, y continuación de la investigación se llegó a la conclusión que es importante la supervisión y regulación de variables de producción de panela orientada hacia el índice de calidad de la misma, para esto se tienen en cuenta variables como: temperatura, volumen de jugo de caña, peso de bagazo de caña y peso del producto; con el fin de entregar datos cuantificables al productor que le permiten encontrar el índice de extracción e índice de producción contribuyendo con la mejora del producto.

El prototipo lo integran tres etapas: la primera consta de un módulo de instrumentación en el cual los sensores leen las variables físicas del proceso, la segunda etapa contiene el envío los datos obtenidos vía correo electrónico, la tercera y última etapa maneja el control y procesamiento de datos, se realiza mediante Raspberry Pi 3 bajo un sistema operativo Raspbian el cual es la base de operación de todo el sistema, se brinda también visualización local y remota mediante un sistema Scada desarrollado en la herramienta Node-Red y el almacenamiento de la información para el registro histórico de las variables, en una base de datos Mysql; obteniendo un sistema robusto, de bajo coste de implementación y permite una alta estabilidad. Por otro lado, se implementa un sistema de generación de energía fotovoltaica que abastece todo el prototipo y la acometida eléctrica previamente instalada, perteneciente a cada trapiche.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
1. PROBLEMÁTICA .....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
2. JUSTIFICACIÓN .....	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. Objetivo general: .....	15
3.2. Objetivos específicos:.....	15
4. MARCO TEÓRICO .....	16
4.1. ANTECEDENTES GENERALES.....	16
4.1.1. SISTEMAS DE TELEMETRÍA RELACIONADOS CON EL PROYECTO:.....	21
4.1.2. OTROS SISTEMAS DE TELEMETRÍA: .....	22
5. MARCO CONCEPTUAL.....	24
5.1. Raspberry Pi 3.....	24
5.2. Node-RED .....	25
5.2.1. Programación basada en flujo:.....	26
5.3. Internet de las Cosas (IoT):.....	26
5.4. Mysql.....	27
5.5. PHP.....	27
5.6. Servidor Http Apache .....	27
5.7. Temperatura .....	27
5.8. Madurez (caña de azúcar).....	28
5.9. Porcentaje de extracción .....	29
5.10. Volumen .....	29
5.11. Masa: .....	30
5.12. Caña de azúcar .....	30
5.13. Panela: .....	30
5.14. Telemetría:.....	31
6. DISEÑO METODOLÓGICO .....	32
7. METODOLOGÍA.....	33
7.1. Recolección de información para diseño del prototipo.....	33
7.1.1. Variables importantes que inciden en la calidad y eficiencia de producción de panela.	33
7.2. Diseño de prototipo y adquisición de componentes, materiales e instrumentos .....	34
7.2.1. Diagrama de bloques del sistema de telemetría. ....	35
7.2.2. Board central de procesamiento de datos: .....	36
7.2.3. Sensores, dispositivos e instrumentos a implementar.....	38
7.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE TELEMETRÍA (software, diseño y modo de operación).....	41
7.3.1. Etapa de instrumentación. ....	41

7.3.1.1	Sensor de temperatura: .....	41
7.3.1.2	Sensor de peso: .....	44
7.3.1.3	Sensor de volumen: .....	46
7.3.1.4	Sensor contador de canecas de bagazo de caña: .....	49
7.4	Etapa de envío de datos a distancia. ....	52
7.5	Etapa de registro de datos: .....	52
7.5.1	Registro histórico de las variables:.....	53
7.6	Etapa de visualización local y remota Node-red: .....	60
7.7	CALCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	56
8	RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TELEMÈTRICO EN TRAPICHE PANELERO DE QUEGRADANEGRA. ....	60
8.1	Resultados etapa de adquisición de datos: .....	66
8.2	Instalación sistema fotovoltaico:.....	71
9	COSTO DE ELEMENTOS Y RECURSOS PARA DISEÑO DEL PROTOTIPO .....	73
10	CONCLUSIONES .....	75
11	REFERENCIAS .....	77
12	ANEXOS .....	81
12.1	ANEXO A. Instalación de raspbian en raspberry pi 3.....	81
12.2	ANEXO B. instalación de node-red en raspberry pi 3 .....	84
12.3	NEXO C. instalación de node-red dashboard .....	85
12.4	ANEXO D. actualizando el sistema operativo en raspberry pi .....	85
12.5	ANEXO E. Instalación de lamp en raspberry pi 3 .....	86

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción tarjetas electrónicas posibles para realizar el proyecto. ....	37
Tabla 2. Evaluación diferentes tipos de tarjetas electrónicas .....	37
Tabla 3. Dispositivos de procesamiento de datos. ....	38
Tabla 4. Descripción de dispositivos de la etapa de instrumentación. ....	39
Tabla 5. Ubicación y tareas de los sensores.....	40
Tabla 6. Resolución en bits del sensor DS18B20. ....	42
Tabla 7. Función de pines sensor DS18B20.....	42
Tabla 8. Función de pines HX711.....	45
Tabla 9. Funciones de pines de caudalímetro. ....	47
Tabla 10. Cuadro de cargas para el sistema fotovoltaico. ....	56
Tabla 11. Características elementos panel fotovoltaico. ....	59
Tabla 12. Costo de elementos y recursos empleados en el prototipo.....	73

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama de metodología de trabajo.</i>	32
<i>Figura 2. Lluvia de ideas para el diseño del sistema de telemetría.</i>	34
<i>Figura 3. Diagrama de bloques general del sistema (Datos).</i>	35
<i>Figura 4. Diagrama de bloques del sistema central de telemetría integrado.</i>	36
<i>Figura 5. Características técnicas Raspberry Pi 3, Model B.</i>	38
<i>Figura 6. Ubicación de los sensores .</i>	41
<i>Figura 7. Conexión DSI8B20 a Raspberry py3.</i>	43
<i>Figura 8. Diagrama de flujo temperatura.</i>	43
<i>Figura 8. Conexión módulo HX711a Raspberry pi</i>	44
<i>Figura 10. Caudalímetro DN32.</i>	46
<i>Figura 11. Diagrama de flujo lógica caudalímetro.</i>	48
<i>Figura 12. Sensor de proximidad infrarrojo E18-D80NK</i>	50
<i>Figura 13. Diagrama de flujo lógica peso bagazo.</i>	51
<i>Figura 14 . Plataforma phpMyAdmin.</i>	55
<i>Figura 15 . Base de datos del registro del peso de bagazo.</i>	56
<i>Figura 16. Configuración de red de sistema fotovoltaico.</i>	58
<i>Figura 17. Instalación panel fotovoltaico trapiche quebradanegra</i>	58
<i>Figura 18 . Sistema Scada en Node-red para reportes gráficos.</i>	61
<i>Figura 19 . Sección de comando del nodo.</i>	62
<i>Figura 20 . Información gráfica del nodo salida del sensor de temperatura.</i>	63
<i>Figura 21 . Información gráfica del nodo salida del sensor de volumen.</i>	63
<i>Figura 22 . Información gráfica del nodo salida del sensor de peso.</i>	64
<i>Figura 23 . Información gráfica del nodo salida del sensor contador de canecas.</i>	64
<i>Figura 24 . Interfaz gráfica de todos los sensores.</i>	65
<i>Figura 25. Reporte gráfico de la temperatura del jugo de caña.</i>	66
<i>Figura 26. Reporte gráfico intensivo de la temperatura del jugo de caña.</i>	67
<i>Figura 27. Reporte gráfico intensivo de la temperatura del jugo de caña.</i>	67
<i>.....</i>	67
<i>Figura 28. Reporte gráfico del peso total del bagazo.</i>	68
<i>Figura 29. Caudalímetro instalado.</i>	69
<i>Figura 30. Caudalímetro instalado. Fuente: (Autor).</i>	70
<i>Figura 31. Caudalímetro instalado.</i>	70
<i>Figura 32. Plano acometida eléctrica trapiche de QUEBRADANEGRA,</i>	71
<i>Figura 33. Vista frontal iluminación zona de aclaramiento.</i>	71
<i>Figura 34. Vista lateral iluminación zona de aclaramiento.</i>	72
<i>Figura 35. Máquina digital.</i>	72
<i>Figura 36. Menú principal de la plataforma.</i>	73
<i>Figura 37. Diagrama de metodología de trabajo Diagrama de bloques del sistema central de telemetría (Datos).</i>	81
<i>Figura 38. Diagrama de metodología de trabajo Diagrama de bloques del sistema central de telemetría (Datos).</i>	81
<i>Figura 39 Instalación de Raspbian en Raspberry</i>	83
<i>Figura 40 Verificación de la instalación de Apache</i>	87
<i>Figura 41 Instalación phpMyAdmin</i>	91



<b>Figura 42</b> Clave del usuario .....	92
<b>Figura 43</b> Login phpMyAdmin .....	93

## INTRODUCCIÓN

Frente a los cambios que actualmente exige el mundo con el desarrollo económico, las industrias necesitan metodologías que les permitan generar información a partir de la investigación y el desarrollo tecnológico relacionado con la optimización de los productos y servicios que ofrecen, esto les facilitará la supervivencia en un ambiente competitivo puesto que, les permitirá comparar lo que tienen, frente a lo que les es demandado.

En Colombia, la agroindustria se ha caracterizado por su tradicionalismo y sus técnicas de producción, que por lo general han sido transmitidas de generación en generación de manera empírica, sin generar ninguna mejora significativa en las mismas, por el desconocimiento de los métodos que les permitan evaluar el entorno y mejorar sus procesos. En consecuencia, este sector tiende a evaluar de manera imprecisa la situación del mercado, trayendo consecuencias negativas como producción con altos costos, deficiencia en de calidad en los productos entre otros.

El presente proyecto se enfoca en analizar el proceso agroindustrial de panela artesanal en los trapiches beneficiados por el proyecto, con el fin de otorgar una herramienta tecnológica que le permita al productor obtener datos cuantificables de las variables implícitas que inciden en la calidad del producto y ofrecer alternativas de mejora en el proceso productivo de la panela en los trapiches anteriormente mencionados.

## **1. PROBLEMÁTICA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Colombia representa un 9,2% de la producción mundial registrada por la FAO y el 1,9% de la actividad agropecuaria nacional, la producción de panela es de vital importancia, pues es una fuente generadora de empleo en los estratos 1 y 2 del sector rural, en la actualidad existen 70.000 productores de caña y 20.000 trapiches que se elabora panela y miel de caña (Mojica-Pimiento & Paredes-Vega, 2004). El consumo de este representa en los estratos más desfavorecidos una fuente principal de alimentos constituyendo el “2,18% del gasto en alimento de los colombianos y en algunos departamentos alcanza a representar hasta el 9% del gasto en alimentos en los sectores de bajos ingresos, debido que es un edulcorante de bajo costo con aportes de minerales y vitaminas (Uribe, 2006)”.

Teniendo en cuenta las características propias del proceso de producción de la panela, se ha determinado la necesidad de abordar la problemática actual ya que este proceso cuenta con una baja tecnificación, con pocos lineamientos en cuanto a la regulación de variables importantes para la calidad del producto final como la temperatura en las hornillas, el índice de extracción del jugo de caña, el peso del bagazo de caña y de la panela. Generalmente molienda se hace cada quince días y su proceso tarda de dos a tres días, lo que conlleva gasto energético alto; a través de este proyecto se plantea y se instala un sistema fotovoltaico que contribuye con la reducción de los costos energéticos del trapiche.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Según el ministerio de agricultura y desarrollo rural de Colombia la actividad panelera es la segunda agroindustria rural después del café, generadora de 353.366 empleos directos y según cifras de la FAO, 25 países en el mundo producen panela y Colombia es el segundo después de la India; siendo Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Santander, Nariño y Caldas los departamentos que aportan mayor producción a la nación. Además, según cálculos de la Federación Nacional de Paneleros – Fedepanela, existen en el país más o menos 23.000 trapiches. Estudios sobre los costos de producción evidencian que la estructura cambia conforme a la zona productora, los rendimientos de la caña y el tipo de tecnología empleada, tradicional o tecnificada (Arias Leiva, Tamara Matera, & Arbelaez Soto, 2016).

La producción de panela en el país, se caracteriza por ser un proceso verticalmente integrado, realizarse de forma tradicional, en pequeñas explotaciones campesinas, con bajos niveles de tecnificación, dependiendo casi exclusivamente de la mano de obra familiar y el total de su producción es para consumo interno (Superintendencia de Industria y Comercio). E igualmente no se cuenta con un sistema mediante el cual puedan regular variables importantes para la producción de panela. Debido a la problemática actual se rediseñó e instaló el sistema de monitoreo de variables importantes en el proceso de panela basado en las tecnologías de la información y la comunicación que envía los datos relacionados con el proceso garantizando el correcto funcionamiento del mismo y la buena calidad del producto final.

El proceso de elaboración de la panela como muchos otros procesos agroindustriales genera un riesgo ambiental. Si bien existen innovaciones tecnológicas rentables que pueden reducir el impacto ecológico de la panela como elemento de la cadena de productos básicos, estas innovaciones se implementan plenamente si los productores confían en las expectativas del desarrollo de un mercado de panela biológica de calidad que se remonta a áreas específicas de producción (CORPOICA).

Dicho anteriormente, la idea con este proyecto es medir las variables más importantes en el proceso y enviar la información al productor para que sea de apoyo al momento de correlacionar con su conocimiento, para esto ellos deben ser capacitados generando asimilación completa del sistema y por ende mayor eficiencia debido la tecnificación del proceso de producción de panela, además que dicho control ayuda con la corrección de errores en el momento adecuado evitando grandes pérdidas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general:**

Diseñar e implementar un sistema de telemetría para la visualización y monitoreo de las variables físicas que inciden en el proceso de producción de panela orientado hacia el índice de calidad.

#### **3.2. Objetivos específicos:**

- Determinar las características del hardware y software para la adquisición de datos, control y monitoreo de las variables físicas del proceso de producción de panela.
- Implementar el equipo y programar un sistema SCADA (NODE-RED)
- Realizar montaje y pruebas de las etapas de instrumentación y adquisición, almacenamiento, transmisión y visualización de los datos.
- Diseñar e implementar el sistema fotovoltaico a través del análisis de cargas, para la alimentación final del sistema de telemetría e iluminación en el trapiche.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. ANTECEDENTES GENERALES**

La panela y el azúcar se consideran bienes sustitutos en la medida en que ambos son edulcorantes de uso diario, lo que conlleva a que el comportamiento del precio de uno incida de manera directa sobre el otro (Arias Leiva, Tamara Matera, & Arbelaez Soto, 2016). La panela constituye para Colombia uno de los productos más importantes de la canasta familiar además de ser sustento de muchas familias campesinas que poseen producción a pequeña escala generalmente con mano de obra propia y con posibilidades muy limitadas en cuanto a la expansión debido a la poca industrialización en la producción ya que la mayoría de la producción se realiza en forma artesanal con capacidades inferiores a los 300 Kilogramos de panela diaria (Hermida Ortiz & Martinez Covalada, 2005). A diferencia de la industria azucarera la producción de panela tiene muy baja tasas de introducción de tecnología mecanizada o de alto capital (Rodriguez & Gottret, 2001). En orden de importancia de acuerdo a la FAO en América latina los países productores son. Colombia, Brasil, México, Guatemala, Venezuela, Haití, Perú, Ecuador, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Bolivia y Argentina. El proceso de fabricación de la panela está compuesto por una serie de pasos iniciando por el cultivo, apronte, después sigue la extracción de jugos, continuando la pre limpieza y limpieza de los mismos, seguido están los pasos de evaporación y concentración, el punteo, posteriormente se realiza el bateo y moldeo y se finaliza con el empaque y almacenamiento de la panela. Muchos de los desarrollos referentes a la panela se tipifican y varían de acuerdo al país donde se produce, es así como la panela cambia de nombre según el país en la India se conoce como Jaggery y Gur, En Pakistán desi, en Perú y Ecuador se denomina Chancaca, y Rapadura en Brasil. Realizando un contexto

general podemos destacar junto a Colombia dos países por su similitud en el proceso de elaboración de la panela, como son India y Brasil.

### **Brasil:**

El proceso de producción de panela o rapadura en el Brasil también se caracteriza por una baja introducción tecnológica y rudimentaria, como conclusiones importantes del trabajo (Carvalho de Oliveira, Nascimento, Britto, & Waldenir, 2007) se destaca que la venta del producto se realiza generalmente por intermediarios, los productores no están organizados en asociaciones o cooperativas y no tienen ningún poder de mercado teniendo que aceptar los precios bajos que muchas veces causa la descapitalización.

Este país se caracteriza por ser el primer productor de rapadura de caña (panela) en América y el séptimo a nivel mundial produciendo 80 mil toneladas y consumiendo 1.4 kilos por habitante, al año; allí el ministerio de agricultura, pecuaria y abastecimiento designa a la cámara sectorial de azúcar y de alcohol para regular todos los procesos e identificar problemas relacionados con la caña de azúcar.

Por ser un proceso de producción de bajo costo, el sistema productivo brasileño de rapadura está fuertemente vinculado a las pequeñas propiedades familiares, la mayoría de las veces, sin intereses comerciales en el producto. La principal dificultad de la comercialización de la rapadura es la falta de estandarización y su comercio se da principalmente en el mercado informal por los intermediarios. Los productores de rapadura preocupados por estos hechos están invirtiendo en la modernización de las fábricas. (Embrapa Informática Agropecuaria).

### **Colombia:**

Los procesos de producción de panela tienen en común muchas etapas con la fabricación del azúcar, sin embargo, etapas tales como punteo, moldeo y empaque del producto presentan



muchos retos ya que son procesos con baja o nula introducción de tecnología, lo que en tiene como consecuencia la baja calidad del producto. Se han hecho algunos esfuerzos encaminados a la introducción de herramientas para mejorar la rentabilidad económica y tecnológica e introducir cambios sustanciales en el proceso de producción de panela. Colombia es un país panelero por tradición y durante la investigación se encontraron varios proyectos con similitudes a este. Por ejemplo, la federación nacional de productores de panela (FEDEPANELA) evalúa estrategias y proyectos que fortalezcan la eficiencia del proceso y la calidad del producto, uno de estos fue el proyecto “mejoramiento en el proceso de producción de panela artesanal mediante la implementación de un lector y controlador de temperatura portátil con brazo articulado.” Implementado en la vereda San Rafael de Icononzo, Tolima Ese sistema permite Mejorar el proceso de producción de panela artesanal mediante la implementación de un lector y controlador de temperatura portátil con brazo articulado, con el cual se puede obtener el punto exacto de cocción del melado, se utiliza un elemento lector o termo controlador de temperatura con gradiente programable y funciones lógicas adaptables a la necesidad de uso, tales como: Calibración con temperatura real, calibración con rango de histéresis, calibración de punto de cocción con alarma sonora, etc., este controlador está interconectado a un contactor trifásico de gran amperaje que permite el accionar electrónico de diversos equipamientos para la industria panelera tales como extractores y/o turbinas de gran impacto, etc., además cuenta con un sistema de SITRAD que permite la interface con el ordenador y posibilita el control y monitoreo de los parámetros programados a distancia por el medio WEB. La necesidad fue la de poder obtener una lectura exacta sobre la temperatura del melado que se obtiene del proceso de fabricación de panela artesanal. Este punto de temperatura tiene un rango exacto de producción adecuada el cual está entre 118°C y 120°C, de lo contrario cambia sustancialmente las características organolépticas del producto, es decir pasa del sabor dulce al amargo y esto conlleva a la pérdida total de la producción.

Otro problema era el riesgo que tenía el trabajador que toma la temperatura quien debía tener contacto con los fondos calientes y las altas temperaturas del obraje. Entre los beneficios obtenidos está la disminución en un 90% en la pérdida de cochadas de panela o procesos de producción mejorando la calidad del producto final. (COLCIENCIAS)

En Colombia existen varios proyectos para el monitoreo de variables para distintos fines, en Nariño por ejemplo realizaron un sistema electrónico para el control de la calidad de la panela a partir de la relación de la temperatura y la densidad en el cual resaltan el incremento en la producción de panela en los últimos años y a través de dicho proyecto buscan mejorar la calidad de la panela; ellos hicieron pruebas y compararon con los niveles normalmente obtenidos en el trapiche sin el sistema electrónico verificando que si se mejoraba el proceso y el producto final. Con la realización del proyecto lograron concluir que se reduce el tiempo que toma el bagazo para llegar a la temperatura de ignición y que la temperatura es una de las variables físicas que más influye en la calidad de la panela ya que si se extrae el líquido de las calderas antes de tiempo o después hay variación en la temperatura y la calidad es baja. (Figuroa Enriquez & Villota Ceballos, 2015).

También en San Gil diseñaron un sistema de instrumentación y monitoreo de variables en el proceso de dosificación de carbonato de calcio para la producción de panela; en este proyecto especialmente hubo interacción con los operarios llegando al punto que el éxito del proceso dependería de su experiencia y conocimientos sobre las variables fisicoquímicas influyentes en los jugos como la temperatura, el pH y el volumen, alcanzando mayor eficiencia en el proceso de remoción de sólidos y alcanzando la mejor calidad del producto. Ellos realizaron pruebas incorporando el carbonato de calcio a distintas temperaturas, midiendo también los grados brix. Entre las ventajas de este sistema es que permite observar en tiempo real el comportamiento de las variables. (Cobos, Aparicio, Solano, & Gamboa, 2015)

En el artículo publicado por la revista ELSEVIER que describe la metodología para la caracterización fisicoquímica y sensorial del aroma y color de la panela. Ellos evaluaban el pH, grados brix y el color, a partir de muestras de diferentes trapiches en el país; esta última característica era la más delicada ya que dependía del calentamiento durante el proceso. Ellos aseguran que estos hallazgos permiten a los productores tener una herramienta sensorial para el control de calidad de los productos de panela. (García, Narváez, Heredia, Orjuela, & Osorio, 2017)

Por otra parte, según la tesis titulada “PROTOTIPO SISTEMA DE MONITOREO PARA EL ENCALADO EN EL PROCESO PANELERO” en la que se desarrolla la investigación en el sector panelero y su mínimo desarrollo tecnológico que conlleva a que la calidad del producto sea regular. Plantearon la implementación de un prototipo de un sistema de monitoreo para el encalado en el proceso panelero, desarrollaban una aplicación en Android para hacer un seguimiento inalámbrico, guardando la información, de tal manera que se verifique si hay algún error en el proceso y realizar la respectiva actividad correctiva contribuyendo a mejorar la productividad y calidad. (Tam Moreno & Torres Salcedo, 2014)

En un grupo de investigación de la Universidad Distrital hicieron el modelado de un sistema de evaporación de múltiple efecto para la producción de panela (azúcar no centrifugado) con el cual la idea era minimizar los tiempos y recursos durante la producción de panela, obteniendo una función de transferencia de tercer orden y un control proporcional derivativo, para analizar la dinámica del fluido y lograr finalmente el cumplimiento de los objetivos que se plantearon (Ordoñez, Hernández, & Pedraza, 2012). Se investigó también sobre las variables que mejoran la calidad de la panela encontrando que algunas exigen un control inicial y otras un seguimiento a lo largo del proceso. Los autores (Mosquera, Carrera, & Villada, 2007) observaron:

- El manejo de condiciones poco constantes del grado de madurez y variedades de materia prima pueden generar grandes efectos en la calidad del producto final.

- Las características fisicoquímicas de la caña tales como pH, azúcares reductores, fosfatos y balance de otros nutrientes, dependen de la variedad, suelo, clima y prácticas agronómicas.
- Tiempos de apronte de más de tres días disminuyen el pH y aumentan la calidad de azúcares reductores en los jugos, que a su vez generan panelas con problemas de textura

#### **4.1.1. SISTEMAS DE TELEMETRÍA RELACIONADOS CON EL PROYECTO:**

**Prototipo de un sistema de telemetría como alternativa de solución basada en tic para el monitoreo a distancia de variables relacionadas con el proceso de producción de panela:**

Basado desarrollo e instalación de un sistema basado en tic para el monitoreo de variables implícitas en el sector panelero especialmente en los medianos y pequeños productores en el trapiche comunitario, vereda el Hato guaduas Cundinamarca.

La investigación arrojó que el desarrollo tecnológico actual en trapiches paneleros es escaso y en un análisis se llegó a la conclusión que es importante la supervisión y regulación de variables de producción de panela, tales como: temperatura, nivel pH, grados brix y peso del producto; para mejorar la calidad del mismo en un proceso que actualmente se realiza de manera artesanal.

El prototipo se integra de un módulo de instrumentación en el cual los sensores leen las variables y otro de comunicación e información para el envío de la información que consta de un shield SIM900 que trabaja con tecnología GSM; el control y procesamiento de datos se realiza mediante Arduino Mega 2560 y se brinda también visualización en pantalla LCD y almacenamiento de la información en memoria SD, además como ayuda al medio ambiente se implementa un arreglo de generación de energía fotovoltaica que abastece todo el

prototipo y una bombilla DC existente en el trapiche.

Adicionalmente se integra un sensor de pH esto con el fin de dar a conocer el nivel de la acidez de los jugos a un determinado valor de pH para prevenir los azúcares reductores y se realiza un análisis de grados Brix, los cuales nos indican el porcentaje de sacarosa disuelta en cierta cantidad de jugo de caña de azúcar, previo al corte de caña de azúcar y también durante el proceso de producción de panela esto se realiza con la finalidad de conocer aproximadamente la cantidad o porcentaje de azúcar que alcanzará el producto final (panela) y así conseguir una mejor calidad del producto.

Luego de reconocer la problemática existente en la industria panelera se desarrolló e implementó el prototipo. Con el objetivo primordial de almacenar, visualizar y transmitir los datos censados a los usuarios encargados de la producción de panela y monitoreo de los sensores instalados en el trapiche. El sistema se instaló en un trapiche de panela, con los sensores programados de tal manera que se detecten errores en el proceso para corregirlos de manera inmediata si es posible por los productores como también para su posterior análisis a partir de dichos datos almacenados para así mejorar una próxima elaboración de panela. El sistema permite a los productores tener un punto de comparación partiendo de su experiencia empírica y de esta manera mejorar la calidad en el producto. (Neil Gutiérrez, 2018).

#### ***4.1.2. OTROS SISTEMAS DE TELEMETRÍA:***

##### **Diseño y construcción de un sistema de telemetría para automatizar la lectura de consumos en los medidores de agua:**

Este trabajo se centra en el diseño de un sistema de prototipo en el cual se pueda obtener en tiempo real el consumo registrado en los medidores de agua residenciales haciendo uso de una línea telefónica como medio de transmisión, dado que actualmente se realiza de manera

manual y local. La importancia del sistema radica en el uso que se hace de redes de comunicaciones ya estructuradas y en la posibilidad de modificar los medidores de agua actuales sin incurrir en el costo de reemplazarlos; además para lograr mayor robustez en el sistema, se presentan consideraciones necesarias para hacer uso de una comunicación inalámbrica. (Torres, 2006).

### **Sistema de telemetría y Gestión Electrónica para Motocicleta de Competición. Proyecto Unirioja MotoStudent 2016**

En este proyecto se presenta el desarrollo de un sistema de telemetría y dashboard para una motocicleta de competición, el objetivo principal del proyecto es obtener la mejor motocicleta de competición, diseñada y fabricada al completo por equipos estudiantes universitarios. El sistema está conformado por sensores tales como: infrarrojos de temperatura, de velocidad, barómetro, acelerómetro, giróscopoy brújula; una unidad de control del motor; dispositivos arduino nanos, una placa Raspberry Pi 2 y un módulo 3G. Instalado el sistema en la motocicleta, los datos recogidos son procesados por la raspberry Pi de tal manera que sean visualizados en pantalla, almacenados en una tarjeta SD y enviados por internet usando la conexión configurada con el módem 3G a un VPS. (Fernández, 2016).

### **Telemetría de estación meteorológica**

El proyecto consiste en el diseño e implementación de una estación meteorológica basados en equipos de hardware libreo como Raspberry Pi B+ y Arduino Mega. En la cual se busca tener acceso a la información de todos los sensores meteorológicos desde cualquier lugar a través de una página web. El arduino conectado al conjunto de sensores realizará las lecturas de las variables (temperatura, humedad, entre otras) y se enviarán a la placa Raspberry Pi que actuará como un servidor web y base de datos usando el software Django. (Anchundia, 2015-12-14).

## 5. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1. Raspberry Pi 3

Es un ordenador de bajo coste, cuyo sistema operativo está basado en la distribución de Debian denominado RaspBian. La ventaja es su capacidad de cálculo y la facilidad de instalar un servidor web, base de datos. La desventaja radica en que no dispone de entradas analógicas lo que implica la utilización de hardware adicional para poder trabajar. (raspberrypi, 2018).

La Raspberry Pi utiliza mayoritariamente sistemas operativos basados en el núcleo Linux, aunque podemos meter con calzador cualquier sistema al que le basten los 512 (ROIG COVES, 2015) MB de la memoria RAM para funcionar con fluidez. Entre las distribuciones más comunes podemos destacar las de propósito general:

Raspbian: quizás la distribución Linux más conocida para Raspberry Pi, un sistema operativo basado en Debian que nos ofrece un entorno tanto en modo consola como en escritorio, con el que podremos programar o jugar. A través de la Pi Store, la tienda de aplicaciones de Raspberry Pi, podremos acceder a múltiples aplicaciones tanto gratuitas como de pago y, por ejemplo, podremos instalar aplicaciones de ofimática tales como LibreOffice.

Pidora: es la versión de Fedora para procesadores ARM, y concretamente, la versión orientada a Raspberry Pi.

Moebius: es una distribución que se caracteriza por ser extremadamente ligera, y por tener el servicio ssh activado por defecto.

Arch Linux ARM: es otra opción simple y ligera que también podemos usar como sistema operativo base para nuestros proyectos (ROIG COVES, 2015).

## 5.2. Node-RED

Es una herramienta de programación basada en el flujo, desarrollada originalmente por el equipo de Servicios de Tecnología Emergente de IBM y ahora es parte de la Fundación JS. Esta herramienta de programación puede conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea de formas nuevas e interesantes. Proporciona un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante la amplia gama de nodos de la paleta que se pueden implementar en su tiempo de ejecución con un solo clic (Chalco Pillajo, 2018).

Entorno de programación Node-RED El objetivo del entorno de programación Node-RED es capacitar a los desarrolladores de sistemas e ingenieros para hacer programar lo más fácil posible conectando juntos bloques gráficos llamados nodos. En la práctica, este software herramienta permite que incluso los principiantes comiencen rápidamente desarrollo de aplicaciones de Internet de las cosas (IOT).

Estas aplicaciones podrían incluir diversos escenarios de adquisición de datos, transporte, monitoreo y análisis. Un grupo de estudiantes individuales, desarrolladores profesionales o ingenieros pueden decidir desarrollar aplicaciones (aplicaciones) que permitan cuidar su hogar o entorno de trabajo de forma remota. Otro grupo de desarrolladores puede querer estar al tanto de las nuevas tendencias en sus aplicaciones de redes sociales (es decir, Twitter o Facebook). El Node-RED parece ser una herramienta ideal para crear una gama de aplicaciones similares y de una manera fácil. El Node-RED, en primera instancia, puede ser utilizado por los principiantes de programación. Sin embargo, al igual que muchas otras herramientas similares que pretenden ser herramientas orientadas al principiante, requieren rápidamente que los usuarios desarrollen algunas habilidades más en programación. En nuestro caso, probablemente uno necesite aprender el lenguaje JavaScript para crear algunas aplicaciones Node-RED más significativas. Al ser una herramienta visual y muy poderosa, Node-RED tiene como objetivo crear una amplia gama de aplicaciones de Internet de las Cosas que involucren diversos componentes de hardware y otros tipos de aplicaciones de



manera flexible (Chaczko, 2017).

### ***5.2.1. Programación basada en flujo:***

Inventado por J. Paul Morrison en la década de 1970, la programación basada en flujo es una forma de describir el comportamiento de una aplicación como una red de cajas negras o "nodos", como se les llama en Node-RED. Cada nodo tiene un propósito bien definido; se le da algunos datos, hace algo con esos datos y luego pasa esos datos. La red es responsable del flujo de datos entre los nodos.

Es un modelo que se presta muy bien para una representación visual y lo hace más accesible para una gama más amplia de usuarios. (Chaczko, 2017)

Si alguien puede dividir un problema en pasos discretos, puede mirar un flujo y tener una idea de lo que está haciendo; sin tener que entender las líneas individuales de código dentro de cada nodo (Chalco Pillajo, 2018).

### **5.3. Internet de las Cosas (IoT):**

Hace referencia, como se ha adelantado, a una tecnología basada en la conexión de objetos cotidianos a Internet que intercambian, agregan y procesan información sobre su entorno físico para proporcionar servicios de valor añadido a los usuarios finales. También reconoce eventos o cambios, y tales sistemas pueden reaccionar de forma autónoma y adecuada. Su finalidad es, por tanto, brindar una infraestructura que supere la barrera entre los objetos en el mundo físico y su representación en los sistemas de información. Esta integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes alámbricas e inalámbricas ha alumbrado, como apunta entre nosotros (PUYOL MONTERO), un nuevo modo de interacción en el mundo físico, inspirado en la idea de ubicuidad y facilitado por el desarrollo de las TIC y la industria electrónica. Se crea así una malla de conexiones en el planeta que establecería una suerte de sistema nervioso mundial,

donde la aldea global alcanzará a los objetos cotidianos.

#### **5.4. Mysql**

Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario de código abierto que desde el 2009 se desarrolla como software libre. Por su rendimiento, confiabilidad y facilidad de uso comprobados, Mysql se ha convertido en la principal opción de base de datos para aplicaciones basadas en la Web. (MYSQL, 2018),

#### **5.5. PHP**

Es un lenguaje de programación de propósito general de código de lado del servidor, originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico, se trata de uno de los primeros lenguajes de estas características que se pueden incorporar directamente al documento HTML. (PHP, 2018).

#### **5.6. Servidor Http Apache**

Es un servidor web HTTP de código abierto multi-plataforma que implementa el protocolo HTTP. Es desarrollado y mantenido por una comunidad de usuarios bajo la supervisión de Apache Software Fundación dentro del proyecto HTTP Server (httpd). (Servidor HTTP Apache, 2018).

#### **5.7. Temperatura**

La temperatura de un cuerpo es una medida de su estado relativo de calentamiento o enfriamiento, es una magnitud física que nos indica cuantitativamente, el estado de “caliente” o “frío” de un cuerpo, se expresa mediante un número asociado convencionalmente al cuerpo;

en la actualidad la temperatura se considera como una medida de la mayor o menor agitación de las moléculas o átomos que constituyen un cuerpo. Para cuantificarla se relaciona la energía cinética promedio de las moléculas, de modo que una temperatura elevada corresponde una mayor energía cinética promedio de las moléculas, debido a una mayor agitación molecular. Esta relación se expresa como (Universidad de El Salvador - Facultad de ciencias naturales y matemática, 2007):

$$T \propto E_c$$

La temperatura es directamente proporcional a la energía cinética media de traslación de las moléculas. Finalmente, la ecuación es deducida de la teoría cinética de los gases, demostrándose

que (Universidad de El Salvador - Facultad de ciencias naturales y matemática, 2007):

$$T = \frac{2}{3} * \left(\frac{1}{K}\right) * E_c \quad (1)$$

Dónde:

*K*: Constante de Boltzman =  $1.38 * 10^{-23} J / (^\circ K \text{ molécula})$

*T*: temperatura

*E<sub>c</sub>*: Energía cinética

### **5.8. Madurez (caña de azúcar)**

Se puede determinar subjetivamente y objetivamente. Subjetivamente, se utiliza los sentidos y la experiencia, para establecer la madurez en base al: color de hojas, grosor, dulzor, comportamiento del macollo o tallos de caña, otros. Técnicamente el método objetivo es más seguro para establecer el índice de madurez (IM). Se puede determinar a través de análisis de sacarosa, pol o índice de refracción (°B). Se halla empleando los valores de brix terminal y brix basal (Moreno, 2007).

## 5.9. Porcentaje de extracción

Durante la extracción del molino se debe determinar el porcentaje de extracción en peso del jugo, con la siguiente formula:

$$\%Ep = \frac{Pj}{Pc} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

$\%Ep$  = *Porcentaje de extracción en peso.*

$Pj$  = *Peso del jugo extraído.*

$Pc$  = *Peso de la caña.*

Este método es sencillo y fácil de utilizar en las paneleras. Se estima extracciones buenas entre el 50 al 65 %. Se puede obtener extracciones inferiores al 50% y consecuentemente los rendimientos del producto final, son bajos. (Moreno, 2007)

Los kilos de bagazo se calculan así:

$$Pb = Pc - Pj \quad (3)$$

## 5.10. Volumen

El volumen de un cuerpo es la cantidad de espacio ocupado por este cuerpo; el volumen es una magnitud derivada que se obtiene multiplicando a las longitudes referidas a las 3 dimensiones (X, Y, Z) o bien (largo, ancho y profundidad) (IQuimicas, n.d.) y tiene unidades cúbicas de tamaño (por ejemplo  $cm^3$ ,  $m^3$ ,  $Cu$ , etc). Su unidad en el sistema internacional es el metro cúbico ( $m^3$ ), sin embargo no se considera una unidad fundamental SI, se puede calcular a partir de longitudes. La unidad más común es el litro (L). (queesela, n.d.).

### 5.1. Masa:

La masa es una magnitud física fundamental que indica la cantidad de materia contenida en un cuerpo. Como se ha visto anteriormente, la unidad de medida de la masa, según el sistema internacional de unidades (SI) es el kilogramo (Kg).

En la vida cotidiana se suelen utilizar el término masa y peso indistintamente con el mismo significado, el peso es una fuerza que depende de la atracción gravitacional. La fuerza peso que actúa sobre un cuerpo es la fuerza de atracción que un campo gravitacional aplica sobre el mismo (sobre el cuerpo).

Por lo tanto el peso, dado que es una fuerza, se mide en Newton(N); se calcula así (IQuimicas, n.d.):

$$P = m * g \quad (4)$$

Dónde:

*P: peso    m: masa    g: gravedad*

### 5.12. Caña de azúcar

Planta monocotiledónea (clases de plantas angiospermas de hojas con nervios longitudinales, flores dispuestas en grupos de tres, y cuyo embrión tiene un solo cotiledón) y gramínea (de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco), originaria de la India, con tallo leñoso, de uno a cinco metros de altura, que contiene un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el jugo para concentrar y obtener azúcar; hojas largas y lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal. (Quezada Moreno, 2007).

### 5.13. Panela:

Es un tipo de azúcar, conocida también como raspadura o chancaca. Es un edulcorante

moldeado nutritivo por sus minerales y vitaminas, de color café claro de sabor dulce y aroma característico, obtenido de la concentración del jugo de caña. (Quezada Moreno, 2007).

#### **5.14. Telemetría:**

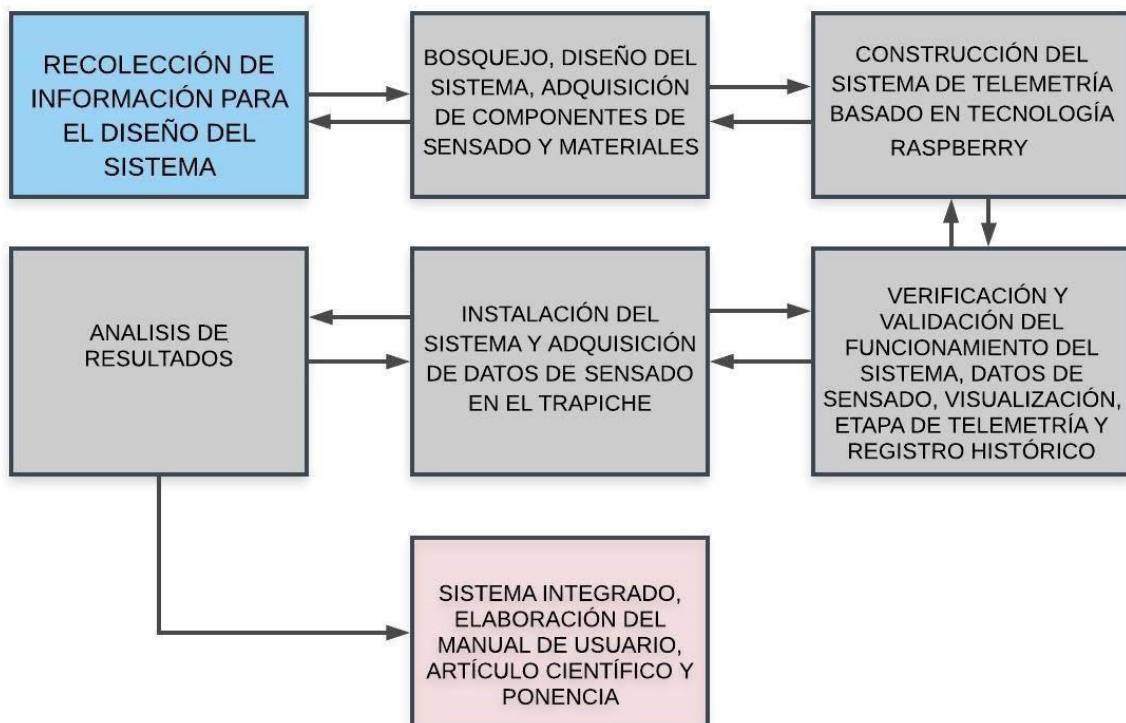
Telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable.

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro. (Ruesca, 2016).

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño e implementación lo integran tres etapas las cuales le permiten buen funcionamiento al sistema, la primera consta de un módulo de instrumentación en el cual los sensores leen las variables físicas del proceso, la segunda etapa maneja el control y procesamiento de datos, se realiza mediante Raspberry Pi 3 bajo un sistema operativo Raspbian el cual es la base de operación de todo el sistema, se brinda también visualización local y remota mediante un sistema Scada desarrollado en la herramienta Node-Red y el almacenamiento de la información para el registro histórico de las variables, en una base de datos Mysql. La tercera etapa contiene el envío los datos obtenidos vía correo electrónico. El orden que se emplea para realizar el proyecto se evidencia mediante el diagrama de bloques dado en la Figura 1.

*Figura 1. Diagrama de metodología de trabajo.*



*Fuente: (Autor).*

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1. Recolección de información para diseño del prototipo

#### *7.1.1. Variables importantes que inciden en la calidad y eficiencia de producción de panela.*

- **Temperatura:** En este caso la temperatura a medir se realiza en la etapa de aclaramiento del proceso es decir la de concentración y punteo, la cual es la más crítica, esta comienza después de los 100°C y al llegar a los 106 o 108°C se adiciona el agente o aceite antiadherente que evita que la miel se pegue y haya caramelización y quemado. Se debe suministrar 4 cm<sup>3</sup> del aceite por cada 25 kilos de panela.

Al registrarse la mayor temperatura del proceso (entre 100 y 125°C) el porcentaje de azúcares reductores se duplican, por lo que recomiendan realizar esta etapa en poco tiempo. El punto ideal de la panela se obtiene con una temperatura entre 118 y 125°C; pero generalmente los operarios según su conocimiento empírico deciden el momento de enviar a la etapa de batido.

La temperatura en esta etapa es importante ya que si se pasa de 125°C, también pasa del grado de humedad que debe tener el producto final, que si es por encima de 16% tienen un periodo útil menor. (Mosquera, Carrera, & Villada, 2007) (CORANTIOQUIA).

Por ende, la medida de esta variable es de vital importancia, indicando el valor de temperatura a la cual se está cociendo el jugo de caña en las etapas de concentración y punteo; en este caso el sensor de temperatura se instalará a un solo tanque u olla de cobre que almacena estos jugos sometidos a altas temperaturas.

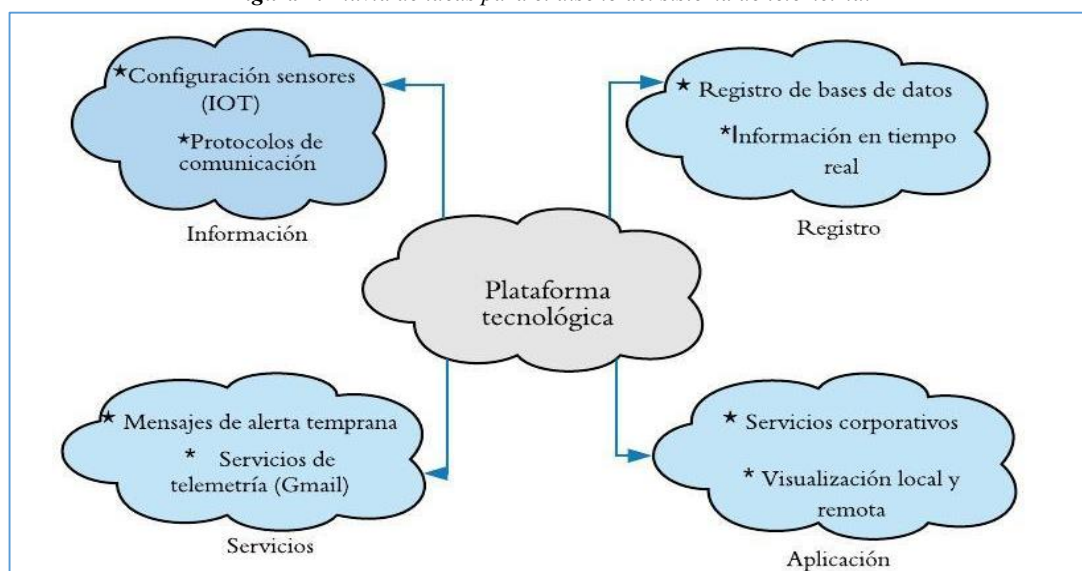


- **Peso:** permite calcular la eficiencia de producción partiendo del peso del producto final versus el peso de la caña de azúcar (producto inicial). Lo anterior debido a que en las diferentes etapas por las que pasan la caña y el jugo de caña durante la producción de panela se pierde una cantidad porcentualmente necesaria que se encuentra en el bagazo y agua (por evaporación) disminuyendo el peso o cantidad del producto final que se compara y normalmente debería ser menor al peso de producto de entrada inicial (caña de azúcar).
- **Volumen:** se usa esta medida para obtener la cantidad de jugo de caña de azúcar en litros que ingresa al tanque de almacenamiento en la cual reposan los jugos limpios y clarificados, listos para ser llevados a cocción.

## 7.2. Diseño de prototipo y adquisición de componentes, materiales e instrumentos

En esta sección se detalla el modo de funcionamiento de cada uno de los dispositivos que conforma el sistema de telemetría, características, diseño y programación. El punto de partida es el mapa mental ver la figura 2. Donde consideran los aspectos importantes del sistema, mediante la técnica de lluvia de ideas se definen los diferentes componentes y servicios que formarán parte de la arquitectura del sistema.

*Figura 2. Lluvia de ideas para el diseño del sistema de telemetría.*

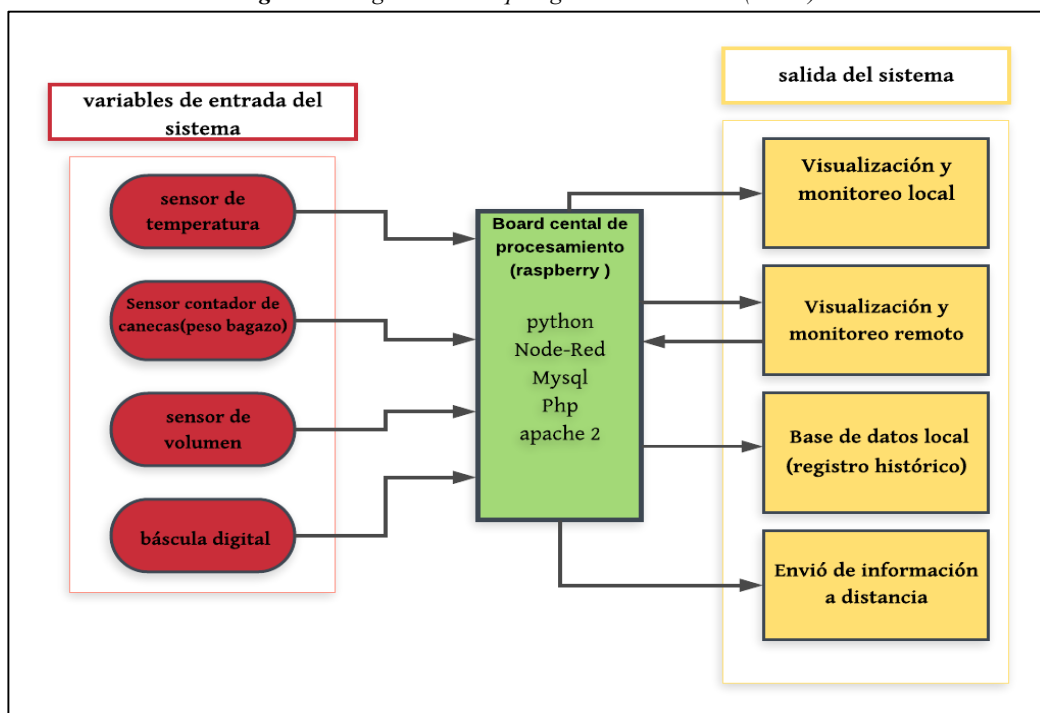


Fuente: (Autor).

### 7.2.1. Diagrama de bloques del sistema de telemetría.

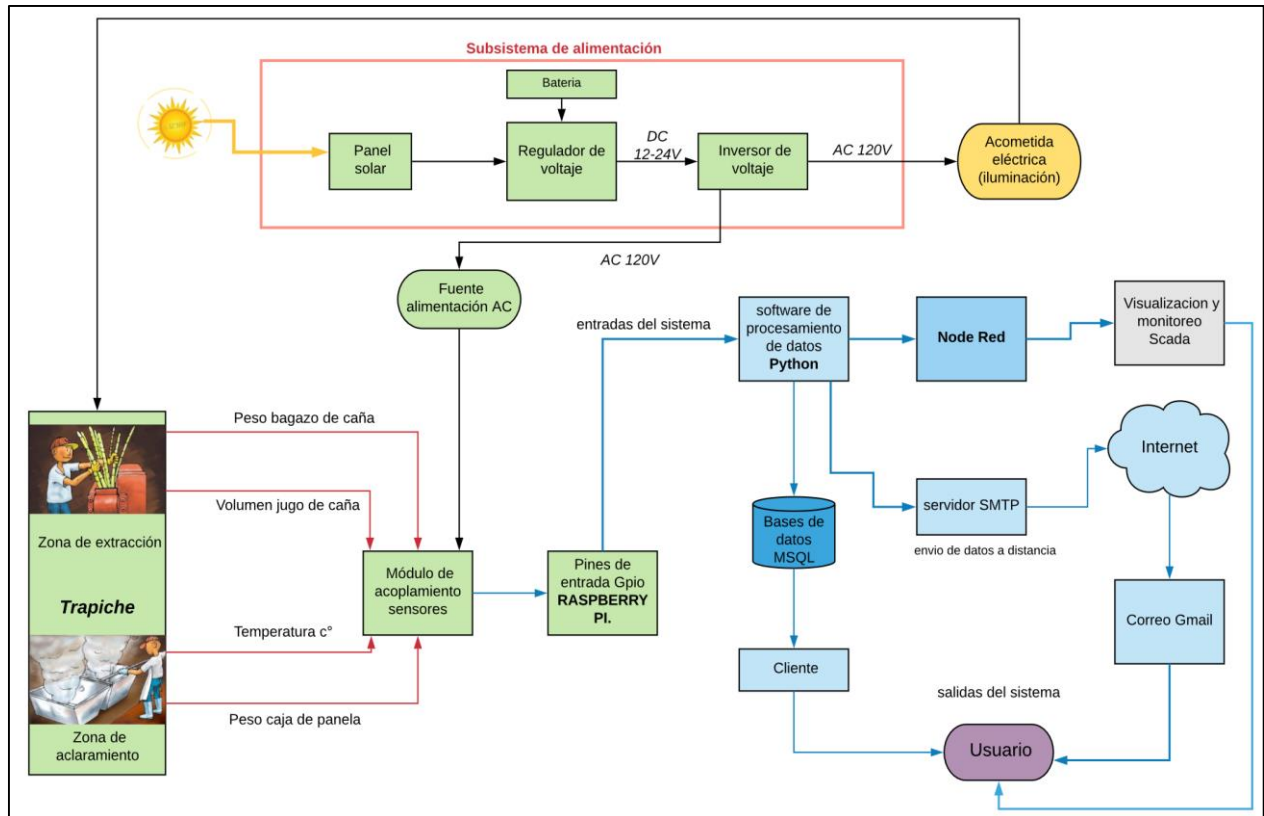
la medición de variables en la producción de panela que inciden en la calidad y eficiencia de extracción y producción, por ello se realiza un diagrama enfocado solamente al sistema Scada el cual está conformado por unos circuitos y acondicionadores de señal con sus respectivos sensores, dispositivos que almacenan, visualizan y transmiten la información, y la *board* central de procesamiento, la cual es el cerebro de prototipo ya que este contiene la programación y es el encargado de la manipulación, conversión, transmisión y recepción de datos a los módulos conectados a él, entendido en estos como sus esclavos y la tarjeta central como el maestro.

Figura 3. Diagrama de bloques general del sistema (Datos).



Fuente: (Autor).

**Figura 4.** Diagrama de bloques del sistema central de telemetría integrado.



Fuente: (Autor).

### 7.2.2. Board central de procesamiento de datos:

De acuerdo con el diagrama de bloques de la figura 4, la board central de procesamiento debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Pines de entrada para la lectura de las variables a medir.
- Alta velocidad de procesamiento.
- Salida de video
- Salida de audio
- Antena Wi-Fi
- Compatibilidad con servidores (apache)
- Multiprocesamiento.
- software libre.
- Bajo precio de mercado

Teniendo en cuenta estas especificaciones se evaluaron las siguientes cuatro tarjetas:

**Tabla 1.** Descripción tarjetas electrónicas posibles para realizar el proyecto.

	Arduino mega 2560	Raspberry Pi 2, Model B	Raspberry Pi 3, Model B	banana pi BPI-M1
Características	<p>Microcontrolador: ATmega2560.</p> <p>Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM).</p> <p>Pines análogos de entrada: 16.</p> <p>Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader).</p> <p>SRAM: 8KB.</p> <p>EEPROM: 4KB.</p> <p>Clock Speed: 16 MHz.</p>	<p>Mini ordenador</p> <p>Chip: broadcom bcm2836 soc,32 bits.</p> <p>Procesador: 900MHz</p> <p>Memoria: 1 GB</p> <p>Salida de video: HDMI</p> <p>4 puertos USB 2.0</p> <p>Puerto Ethernet</p> <p>40 pines GPIO</p> <p>Salida de audio: 3.5mm Jack, HDMI</p>	<p>Mini ordenador</p> <p>Chip: Broadcom BCM2387, 64 bits.</p> <p>Procesador: 1.2GHz</p> <p>memoria: 1 GB</p> <p>Salida de video: HDMI</p> <p>4 puertos USB 2.0</p> <p>Bluetooth LE 4.1</p> <p>Wi-Fi.</p> <p>Puerto Ethernet</p> <p>40 pines GPIO</p> <p>Salida de audio: 3.5mm Jack, HDMI</p>	<p>Mini ordenador</p> <p>Chip: 20 ARM Cortex™-A7 Dual-Core</p> <p>Memoria: 1 GB</p> <p>Salida de video: HDMI, CVBS, LVDS/RGB</p> <p>2 puertos USB 2.0</p> <p>Wi-Fi.</p> <p>Puerto Ethernet</p> <p>26 pines GPIO</p> <p>Salida de audio: 3.5mm Jack, HDMI</p>

Fuente: (Autor).

**Tabla 2.** Evaluación diferentes tipos de tarjetas electrónicas

	Arduino mega 2560	Raspberry Pi 2, Model B	Raspberry Pi 3, Model B	banana pi BPI-M1
Pines de entrada para la lectura de las variables a medir.	Si	Si	Si	Si
Alta velocidad de procesamiento.	Si	Si	Si	Si
Salida de video	No	Si	Si	Si
Salida de audio	No	Si	Si	Si
Antena Wi-Fi	No	Si	Si	Si
Compatibilidad directa con servidores (apache)	No(requiere módulos )	Si	Si	Si
Multiprocesamiento.	Si	No (saturada)	Si	Si
Software libre.	No	Si	Si	Si
Bajo precio de mercado.	Si	Si	Si	No

Fuente: (Autor).

Como **Raspberry Pi 3, Model B** un ordenador de bajo coste, cuyo sistema operativo está basado en la distribución de Debian denominado Raspbian; Cumple adecuadamente con cada una de las especificaciones tenidas en cuenta para funcionamiento óptimo del sistema, como también el presupuesto del proyecto, se optó por trabajar con este.

*Figura 5. Características técnicas Raspberry Pi 3, Model B.*

Detalles técnicos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Procesador a 1,2 GHz de 64 bits con cuatro núcleos ARMv8.</b></li> <li>• <b>1GB de Memoria.</b></li> <li>• <b>802.11n Wireless LAN.</b></li> <li>• <b>Bluetooth 4.1.</b></li> <li>• <b>Bluetooth Low Energy (BLE).</b></li> <li>• <b>4 puertos USB.</b></li> <li>• <b>40 pines GPIO.</b></li> <li>• <b>Puerto Full HDMI.</b></li> <li>• <b>Puerto Ethernet.</b></li> <li>• <b>Conector combo compuesto de audio y vídeo de 3,5 mm.</b></li> <li>• <b>Interfaz de la cámara (CSI).</b></li> <li>• <b>Interfaz de pantalla (DSI).</b></li> <li>• <b>Ranura para tarjetas microSD (ahora <u>push-pull</u> en lugar de <u>push-push</u>).</b></li> <li>• <b>Núcleo de gráficos VideoCore IV 3D.</b></li> <li>• <b>Dimensiones de placa de 8.5 por 5.3 cm</b></li> </ul>	

*Fuente: (Autor).*

### 7.2.3. Sensores, dispositivos e instrumentos a implementar.

De acuerdo con los requerimientos del sistema ver figura 4, se eligieron los sensores, dispositivos e instrumentos a utilizar de acuerdo a las necesidades de cada etapa del sistema como lo indica la siguiente tabla.

- Etapa de procesamiento de datos:

*Tabla 3. Dispositivos de procesamiento de datos.*

DISPOSITIVO (REF)	FUNCIONALIDAD	CARACTERÍSTICAS
<i>Raspberry Pi 3 Model B</i>	<p>El ordenador de una sola placa del tamaño de una tarjeta de crédito se puede utilizar para muchas aplicaciones</p> <p>ofrece un procesador más potente, 10 veces más rápido que la primera generación</p> <p>Raspberry Pi. Además, agrega conectividad LAN inalámbrica y Bluetooth</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processor Broadcom BCM2387 chipset.</li> <li>• 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53</li> <li>• Power Micro USB socket 5V1, 2.</li> <li>• cuenta 40-pines GPIO</li> <li>• voltage GPIO pines 3.3 V</li> </ul>

*Fuente: (Autor).*

- Etapa de instrumentación:

**Tabla 4.** Descripción de dispositivos de la etapa de instrumentación.

SENSOR	DISPOSITIVO (referencia)	CARACTERÍSTICAS
<i>Sensor de temperatura</i>	Sonda digital de temperatura DS18B20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de entrada: 3V ~ 5.5V</li> <li>• Rango de temperatura: -55°C ~ 125°C.</li> <li>• Interfaz de comunicación: OneWire.</li> <li>• Resolución programable: 9, 10, 11 y 12 bits.</li> <li>• Alarma de temperatura no volátil.</li> <li>• Impermeabilidad al agua.</li> <li>• Dimensiones: Diámetro: 7mm. Longitud sonda de punta metálica: 26mm. Longitud cable de datos integrada: 1m.</li> <li>• Precisión: <math>\pm 0.5^{\circ}\text{C}</math> ~ <math>\pm 2^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>• Temperatura máxima de encauchetado de cable de datos: hasta 90°C.</li> </ul>
<i>Sensor de peso</i>	Balanza digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de datos: Analógico.</li> <li>• 2 juegos visualizadores de displays 7 segmentos.</li> <li>• Alimentación conmutada: por red 120VAC y batería incluida 24VDC.</li> <li>• Capacidad de peso: 0Kg~400Kg.</li> <li>• Calibración referenciada a 0Kg automático.</li> </ul>
	Módulo conversor A/D HX711	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de alimentación: 2.6V ~ 5.5V.</li> <li>• Corriente de operación &lt; 10 mA.</li> <li>• Frecuencia de operación: 80 Hz.</li> <li>• Voltaje de entrada diferencial: <math>\pm 40</math> mV.</li> <li>• Ganancia programable de: 32, 64 y 128.</li> <li>• Rango de temperatura de operación: -40°C ~ +85°C.</li> <li>• Bits de precisión: 24 bits.</li> </ul>
<i>Sensor de volumen</i>	Medidor de flujo DN32 (Caudalímetro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro de tubo: 1.25"</li> <li>• Voltaje de alimentación: 4.5V ~ 24V.</li> <li>• Error de precisión: 2%.</li> <li>• Temperatura de operación: -10°C ~ 120°C.</li> <li>• Rango de trabajo: <math>1 \text{ L}/\text{min}</math> ~ <math>120 \text{ L}/\text{min}</math>.</li> <li>• Presión máxima permitida de líquido: 2Mpa.</li> <li>• Frecuencia máxima de salida: 100Hz.</li> <li>• Corriente de operación: 8 mA (5V).</li> </ul>
<i>Sensor contador de canecas de bagazo de caña</i>	Sensor de proximidad infrarrojo E18-D80NK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de alimentación: 5V.</li> <li>• Corriente de operación: 100 mA.</li> <li>• Tiempo de respuesta &lt; 2 mS.</li> <li>• Rango distancia de sensado: 3 cm ~ 80 cm.</li> <li>• Temperatura de operación: -25°C ~ 55°C.</li> <li>• Ajuste de sensibilidad integrado.</li> <li>• Dimensiones: Diámetro: 1.8 cm. Longitud de sensor: 4.5 cm. Longitud de cable: 45 cm.</li> </ul>

Fuente: (Autor).

Debido a que los puertos GPIO del a raspberry son digitales se optó por trabajar únicamente sensores de la misma categoría, esto con el fin de evitar pérdidas de información con acoplamiento análogo digital; para la adquisición de las variables a medir anteriormente nombradas ver tabla 5.

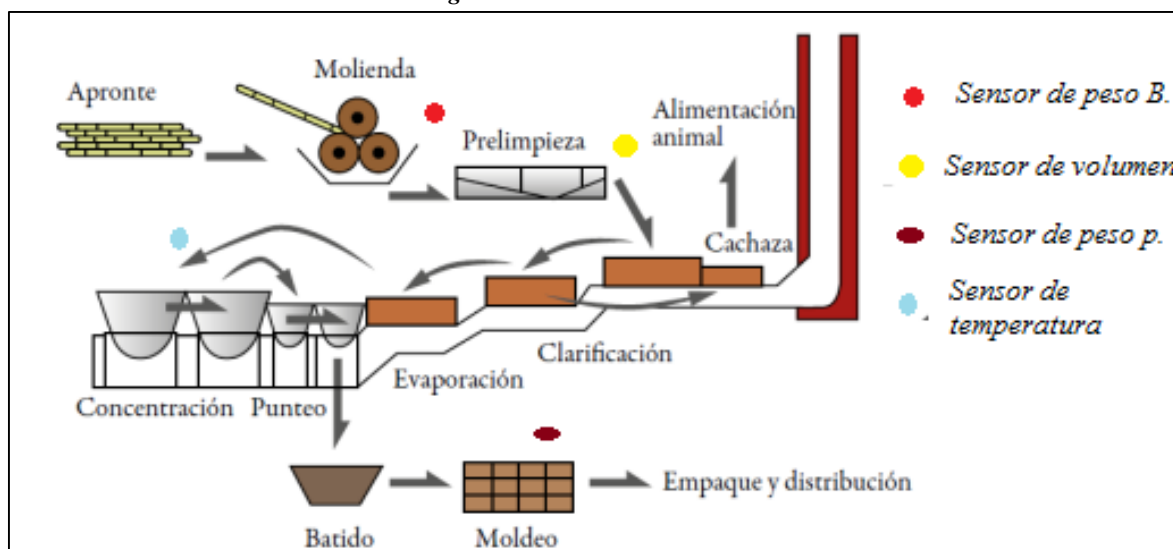
una vez seleccionadas las variables físicas a sensor pertenecientes al proceso de producción de panela, se realizó un estudio de campo con el fin de encontrar las tareas pertenecientes a cada sensor y su respectiva ubicación dentro del trapiche ver tabla 6.

**Tabla 5. Ubicación y tareas de los sensores.**

SENSOR	APLICACIÓN U OBJETIVO
<i>Sensor de temperatura</i>	Ubicado en etapa de aclaramiento dónde se obtendrá la melaza de panela, su función es obtener la temperatura (°C) real a la cual está el jugo de caña,.
<i>Sensor de peso</i>	Siendo una báscula de pesa digital, será ubicada de tal manera que primero se obtenga el peso total de las cañas de azúcar en la etapa de acopio del cultivo de caña, como también el peso final del producto.
<i>Sensor de volumen</i>	Su función es obtener la cantidad exacta de jugo de caña extraída, representada en (Litros), será ubicado en la salida del tubo de 2" que alimenta la etapa de aclaramiento.
<i>Sensor contador de canecas</i>	Para la recolección del peso total del bagazo de caña se usó un contador de canecas; cuya función es realizar el conteo de las mismas aproximándolo a un valor en (kg) ya que cada caneca llena de bagazo de caña pesa aproximadamente 18 kg.

*Fuente: (Autor).*

Figura 6. Ubicación de los sensores .



Fuente: (Neil Gutiérrez, 2018).

### 7.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE TELEMETRÍA (software, diseño y modo de operación).

En esta sección se detalla el modo de funcionamiento de cada uno de los dispositivos que conforma el sistema de telemetría, características, diseño, programación perteneciente cada variable sensada.

#### 7.3.1 Etapa de instrumentación.

##### 7.3.1.1 Sensor de temperatura:

Se elige el sensor de temperatura DS18B20 ya que es útil para realizar mediciones en campo lejano, o en condiciones de humedad, dado que estas condiciones son frecuentes en el proceso artesanal de producción de panela. El sensor alcanza hasta 125 °C, Debido a que es un sensor digital, no recibe ningún tipo de degradación de la señal incluso a largas distancias. El DS18B20 proporciona 9 a 12-bits (configurable), las lecturas de temperatura se realizan con un protocolo 1-Wire, por otro lado es compatible con sistemas de 3.0v o 5.5V ideal para trabajar con puertos Gpio de la raspberry pi 3 (Vistronica SAS).



**Tabla 6. Resolución en bits del sensor DS18B20.**

<i>Resolución (Bits)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>
9	0,5 °C
10	0,25 °C
11	0,125 °C
12	0,0625 °C

*Fuente: (Hernández, Programar fácil.com, n.d.).*

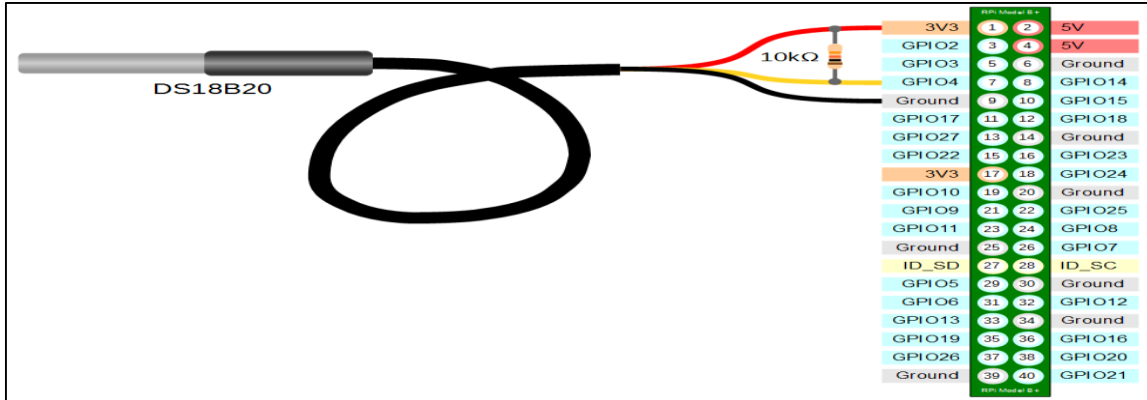
**Tabla 7. Función de pines sensor DS18B20.**

<i>Pin</i>	<i>Función</i>
GND	Pin de voltaje de referencia tierra, normalmente 0V.
DQ	Pin de salida de datos digitales serial por medio del protocolo de comunicación OneWire.
VDD	Pin asignado para la alimentación de voltaje del sensor, el rango de voltaje permitido es de 3.3V a 5V.

*Fuente: (Autor).*

Una vez identificado la función de pines del sensor ver tabla 8 se conectó a la raspberry con una configuración de *resistencia circuito Pull-up*: esta resistencia se debe a la electrónica para controlar el bus de comunicación. Ya que el sensor usa un FET de drenaje abierto que se comporta como una compuerta AND; cuando el sensor o los múltiples sensores conectados al bus OneWire (pin DQ) no envíen datos, el voltaje de esta línea de datos del pin DQ será igual a la tensión de alimentación del sensor (3.3V a 5V) debido a la resistencia pull-up. Al momento en que un sensor empiece a enviar datos, la línea cambia su estado (HIGH) y ya se sabe que existe una transmisión de datos.

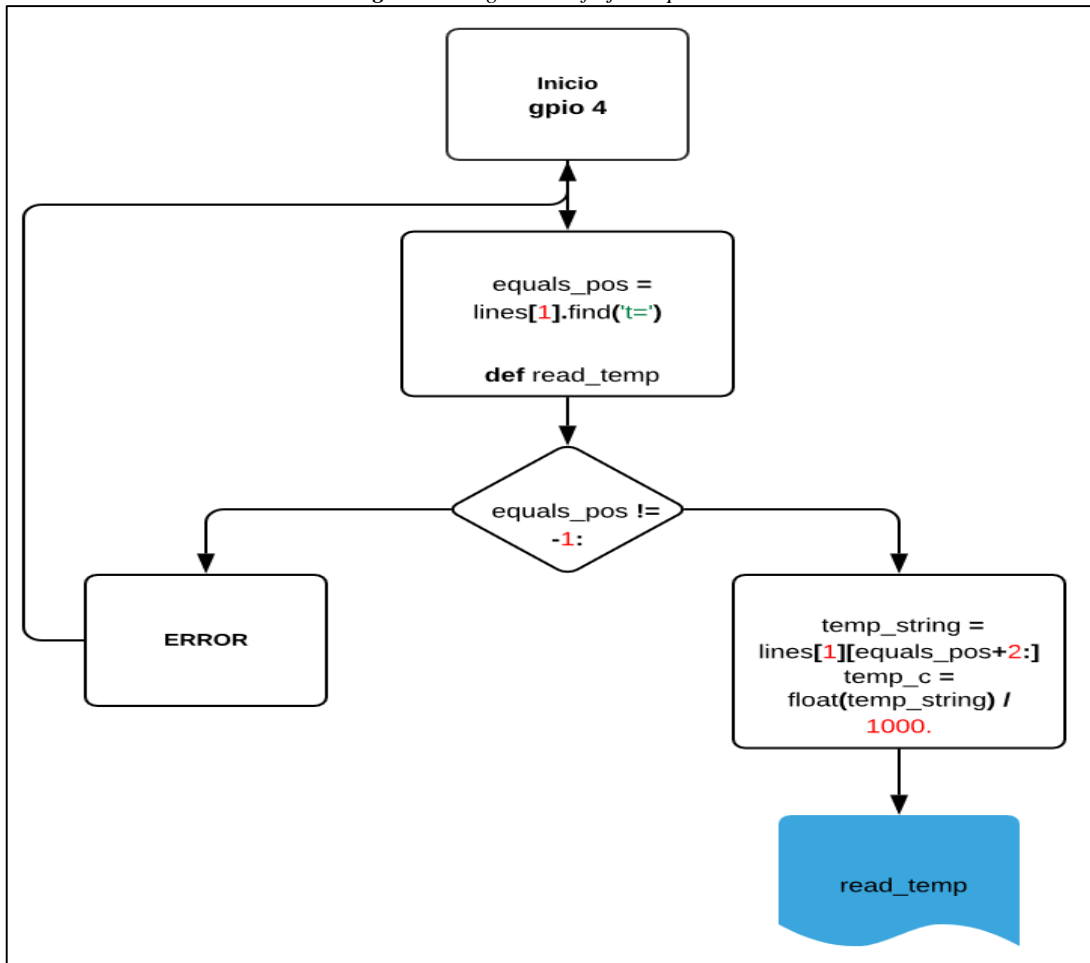
Figura 7. Conexión DS18B20 a Raspberry py3.



Fuente: (Jacho Zambrano, 2017).

Para la lectura de estos sensores se utilizó la plataforma de programación de código abierto **Python** ya que esta es compatible con el sistema operativo de la raspberry. Realizando el siguiente algoritmo el cual declara el puerto GPIO 4 como entrada para la lectura de la temperatura proveniente de la de la zona de aclaramiento.

Figura 8. Diagrama de flujo temperatura



Fuente: (Autor).

### Algoritmo lectura de temperatura DS18B20:

```
def read_temp_raw():
    f = open(device_file, 'r')
    lines = f.readlines()
    f.close()
    return lines

def read_temp():
    lines = read_temp_raw()
    while lines[0].strip()[-3:] != 'YES':
        time.sleep(0.2)
        lines = read_temp_raw()
    equals_pos = lines[1].find('t=')
    if equals_pos != -1:
        temp_string = lines[1][equals_pos+2:]
        temp_c = float(temp_string) / 1000.0
        return temp_c
    while True:
        print(read_temp())
        time.sleep(1)
```

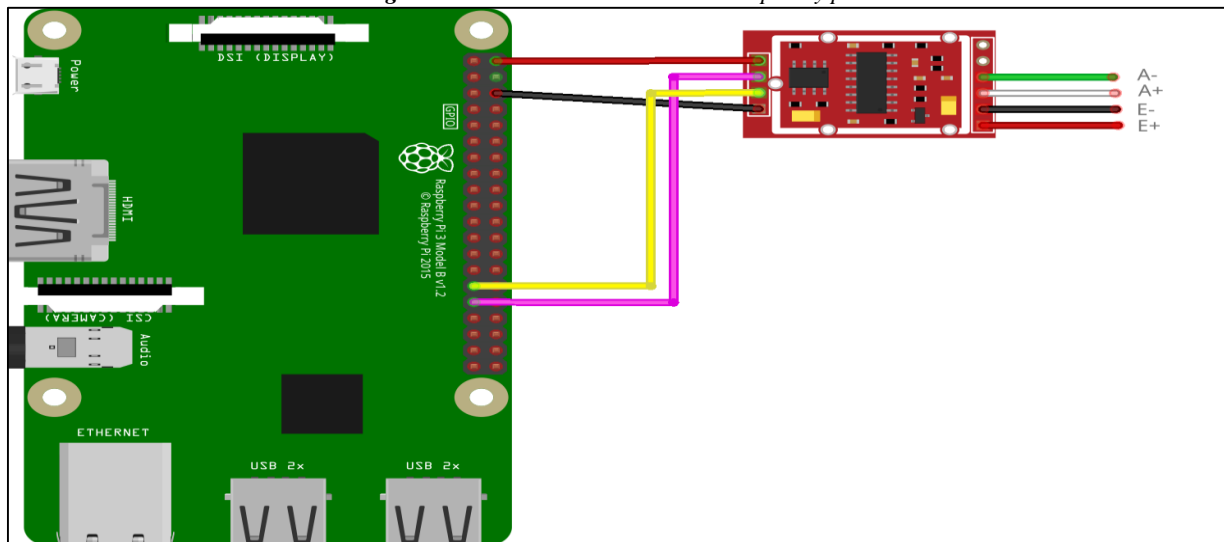
Fuente: (Jacho Zambrano, 2017).

#### 7.3.1.2 Sensor de peso:

Para leer los valores provenientes de la celda de carga de la báscula digital, se requiere el módulo de peso HX711 el cual hace una conversión análoga digital de la señal.

**Conexión celda de carga al módulo HX711:** la celda de carga está conformada por cuatro cables, los cuales están conectados al módulo de peso HX711, sin embargo, este tiene seis conexiones, de las cuales solo se necesitan cuatro. La conexión es la siguiente, Rojo: E + Negro: E-, Verde A-, Blanco A +.

Figura 9. Conexión módulo HX711a Raspberry pi



Fuente: (Autor).

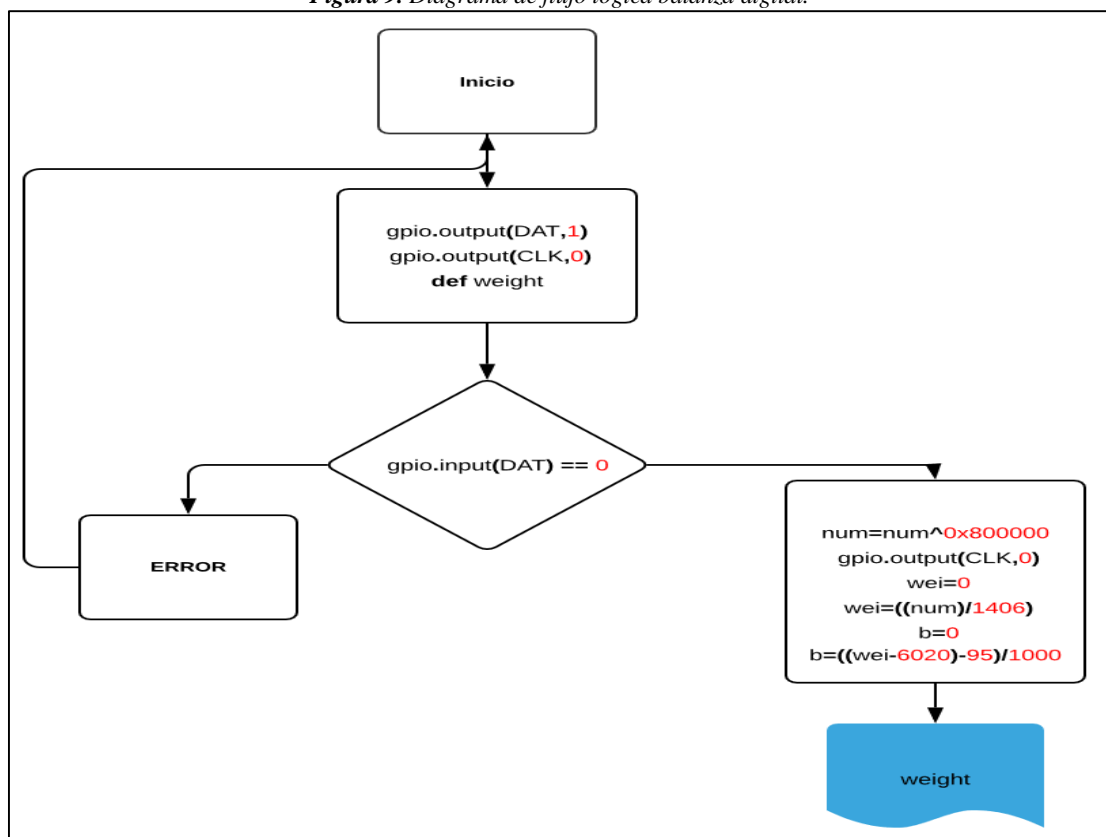
A continuación, se describe la función que realiza cada pin del módulo ADC HX711.

Tabla 8. Función de pines HX711.

<i>Pin</i>	<i>Función</i>
<i>E+</i>	<i>VCC – báscula</i>
<i>E-</i>	<i>GND - báscula</i>
<i>A-</i>	<i>Entrada análoga: Canal A entrada negativa</i>
<i>A+</i>	<i>Entrada análoga: Canal A entrada positiva</i>
<i>B-</i>	<i>Entrada análoga: Canal B entrada negativa</i>
<i>B+</i>	<i>Entrada análoga: Canal B entrada positiva</i>
<i>GND</i>	<i>Tierra</i>
<i>DT</i>	<i>Salida digital: Salida de dato serial</i>
<i>SCK</i>	<i>Entrada digital: control de apagado (activo-alto) y entrada de reloj en serie</i>
<i>VCC</i>	<i>Alimentación 2.7 a 5.0 (V)</i>

Fuente: (Autor).

Figura 9. Diagrama de flujo lógica balanza digital.



Fuente: (Autor).

### Algoritmo bascula digital:

```
def weight():
    i=0
    num=0
    gpio.setup(DAT, gpio.OUT)
    gpio.output(DAT,1)
    gpio.output(CLK,0)
    gpio.setup(DAT, gpio.IN)
    while gpio.input(DAT) == 1:
        i=0
        for i in range(24):
            gpio.output(CLK,1)
            num=num<<1
            gpio.output(CLK,0)
            if gpio.input(DAT) == 0:
                num=num+1
        gpio.output(CLK,1)
        num=num^0x800000
        gpio.output(CLK,0)
        wei=0
        wei=((num)/1406)
        b=0
        b=((wei-6020)-95)/1000
        print(b)
        time.sleep(30000)
    while True:
        weight()
```

Fuente: (Autor).

#### 7.3.1.3 Sensor de volumen:

Sensor de flujo de agua DN32 es básicamente una turbina de alto rendimiento, con una prolongada vida útil, este tiene una señal de salida de pulsos, en donde la frecuencia de esta es proporcional a la cantidad de flujo que atraviese al sensor. Dicha señal digital tiene un rango de frecuencia entre 0Hz y 100Hz.

Figura 10. Caudalímetro DN32.



Fuente: (AliExpress, n.d.).

Tabla 9. Funciones de pines de caudalímetro.

Pin (Color)	Función
VCC (Rojo)	voltaje sensor de 3.0 a 24 (V)
DP (Amarillo)	Pin de salida digital
GND (Negro)	tierra

Fuente: (Autor).

*Ecuación matemática:*

Normalmente se emplea una proporción de acuerdo a cada pulso; en este caso es un producto de la constante de volumen por el número de pulsos generados en 1 segundo:

$$V = Sn * Kv \quad (5)$$

Donde  $V$ : Volumen generado en 1 segundo.

$Sn$ : Sumatoria o número de pulsos en 1 segundo.

$Kv$ : Constante de proporcionalidad de volumen

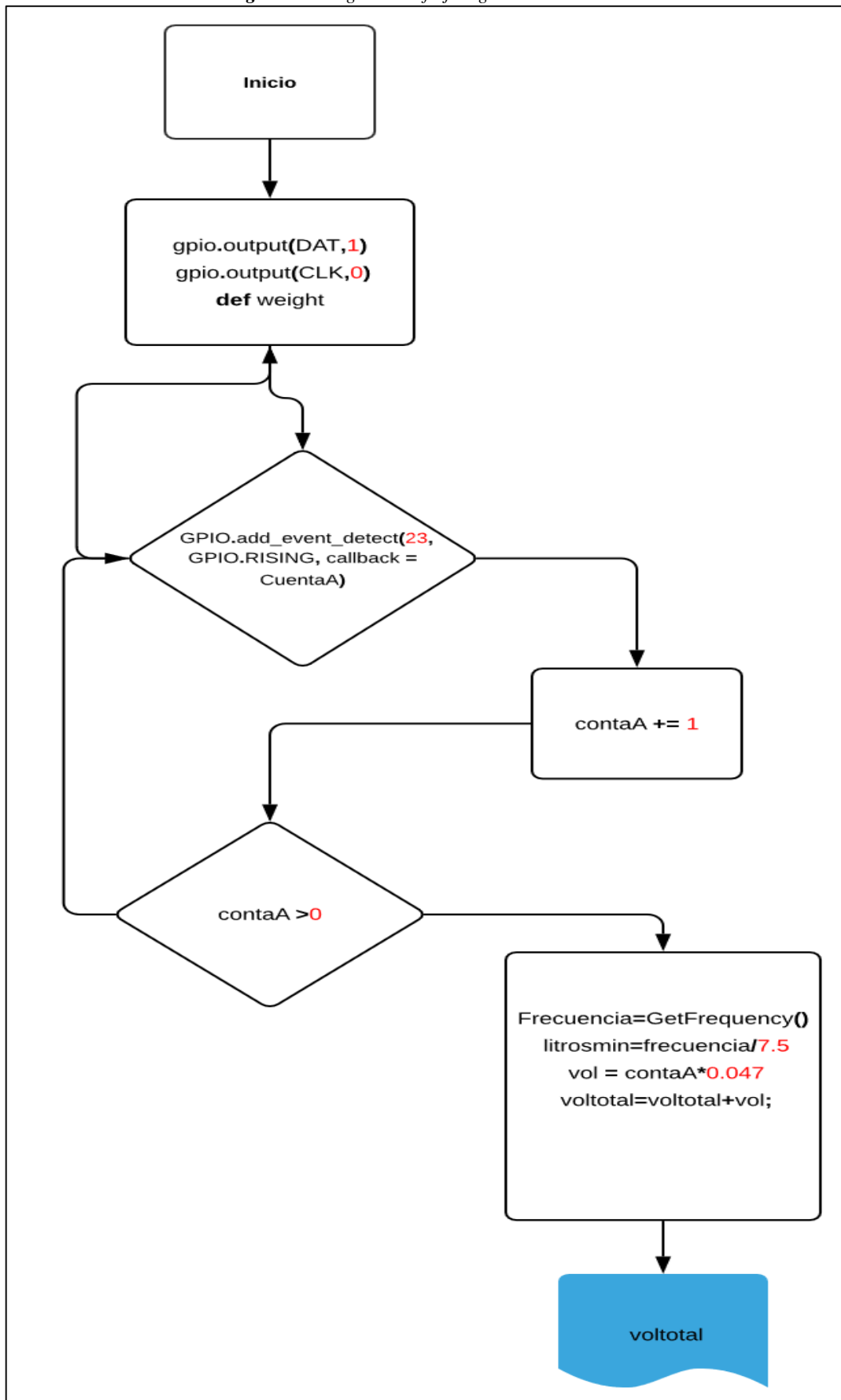
Finalmente, para calcular el volumen total generado desde el inicio de la molienda hasta su finalización ( $n$  segundos) se realiza una sumatoria (realimentada) del volumen generado en 1 segundo. Se tiene:

Donde  $Vt$ : Volumen total generado hasta  $n$  segundos.

$$Vt = Vt + V \quad \text{inicialmente } Vt = 0 \quad (6)$$

$$Vt = Vt + (Sn * Kv) \quad (7)$$

Figura 11. Diagrama de flujo lógica caudalimetro.



Fuente: (Autor).

### Algoritmo Caudalímetro en python:

```
def CuentaA(chanel):
    global contaA
    contaA += 1
    os.system("clear")
    #print(contaA)
    return contaA#
#Interrupciones
GPIO.add_event_detect(23, GPIO.RISING, callback = CuentaA)
def GetFrequency():
    global contaA
    fre= contaA
    contaA=0
    time.sleep(1)
    return (fre)

def principal():
    global volttotal
    frecuencia=GetFrequency()
    litrosmin=frecuencia/7.5
    vol = contaA*0.047
    volttotal=volttotal+vol;
    return volttotal

while True:
    print(principal())
    pass
```

Fuente: (Autor).

#### 7.3.1.4 Sensor contador de canecas de bagazo de caña:

Se adaptaron unas canecas para la recolección de bagazo de caña, con el fin de realizar un contador de canecas para la recolección de este dato, ya que, al conocer el peso de las cañas de entrada al proceso y el peso de la panela final, se puede llegar a conocer esta eficiencia, dada por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{PP}{PC} * 100 \quad (8)$$

Donde *PP*: Peso panelas en total    *PC*: Peso cañas entrantes en total

De esta manera se conoce la eficiencia de producción, además de también ser un punto de referencia vital en cuanto a toda la producción ya que también es un dato importante para conocer el índice o eficiencia de extracción de jugos respecto de las cañas entrantes, esta



eficiencia está dada por la siguiente ecuación:

$$nE = \frac{PJ}{PC} * 100 \quad (9)$$

Donde  $PJ$ : Cantidad volumen (peso) de jugos extraídos en tota

*Figura 12. Sensor de proximidad infrarrojo E18-D80NK*



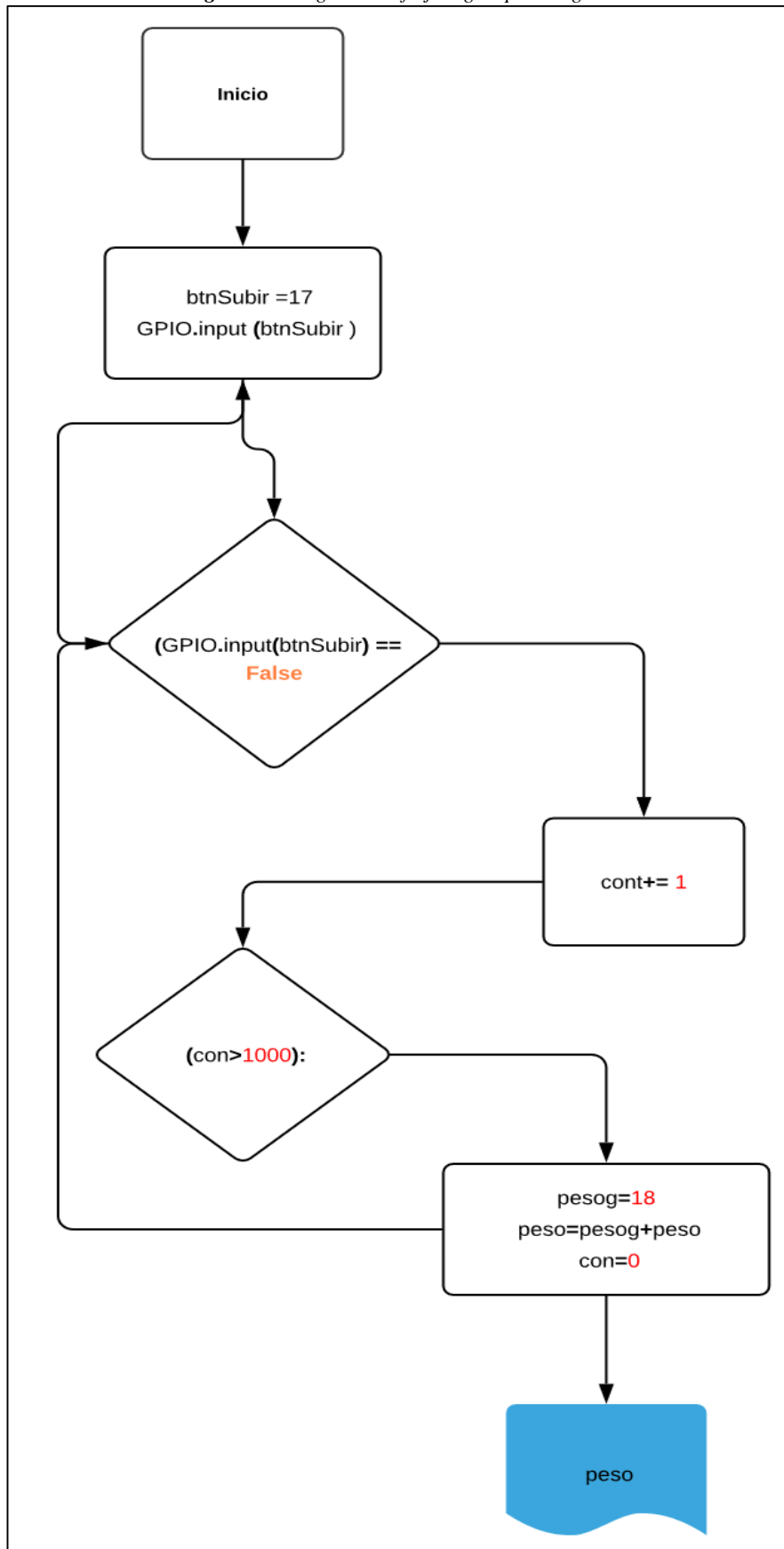
*Fuente: (Autor).*

### **Algoritmo contador de canecas en python:**

```
while 1:  
    while(GPIO.input(btnSubir) == False):  
        con+= 1  
        os.system("clear")  
  
    if (con>1000):  
        pesog=18  
        peso=pesog+peso  
        con=0  
        print(peso)  
        con=0  
GPIO.wait_for_edge(17, GPIO.RISING)  
Pass
```

*Fuente: (Autor).*

Figura 13. Diagrama de flujo lógica peso bagazo.



Fuente: (Autor).

#### 7.4 Etapa de envío de datos a distancia.

Con el fin de entregar los datos a distancia al usuario o productor de panela se realizó un script en python con la ayuda del módulo *smtplib*, que se puede usar para enviar correo a cualquier máquina de Internet con un demonio de escucha SMTP o ESMTP.

Inicialmente creamos una cuenta de Gmail, la cual corresponde al usuario [panelaguaduas1@gmail.com](mailto:panelaguaduas1@gmail.com), para enviar los datos previamente leídos a un correo destinatario. Como google pude restringir la conexión por el protocolo *smtp* por considerarlo menos segura se debe cambiar el acceso a la cuenta para aplicaciones menos seguras.

#### *Algoritmo conexión Python con Gmail:*

```
gmail_user = 'panelaguaduas1@gmail.com'
gmail_password = 'panelaguaduas1'

try:
    server = smtplib.SMTP_SSL('smtp.gmail.com', 465)
    server.ehlo()
    server.login(gmail_user, gmail_password)
except:
    print('error')
```

*Fuente: (Autor).*

#### 7.5 Etapa de registro de datos:

Al igual que todo el software libre, MySQL, por ser un DBMS de licencia GPL, cuenta con ventajas claras como son:

- Requiere una baja inversión por implantación, ya que no existen costos por licencia.
- Está optimizado para equipos de múltiples procesadores.
- su administración se basa en usuarios y privilegios
- Es un manejador de bases de datos muy conocido y ampliamente usado por su simplicidad, estabilidad, notable rendimiento, destacable velocidad de respuesta y

disponibilidad para diversas plataformas.

- Compatibilidad entre plataformas, ya que los servidores con MySQL pueden ser instalados localmente o de manera remota, lo cual permite que el servidor pueda ser utilizado a través de Internet, sin importar la plataforma sobre la cual fue instalado dicho servidor.
- La interfaz más usada suele ser PHP, aunque algunas aplicaciones pueden llegar a utilizar programas como PERL. También se pueden acceder sus funciones desde lenguajes como C, C++, Java, Ruby, Python y otros.

Debido a que MYSQL proporciona estas ventajas se instaló esta base de datos ya que se ajusta adecuadamente con la necesidad del sistema, para poder insertar la información de manera automática y en tiempo real se creó un script en Python cuya función principal es insertar los datos censados en el proceso de producción de panela (peso del bagazo de caña, peso de producción, volumen de jugo de caña, temperatura), en una tabla SQL previamente creada.

Con la necesidad de entregar un entorno amigable al operador, para la visualización de las tablas, se instaló la herramienta phpMyAdmin la cual permite la administración de bases de datos MYSQL en un entorno gráfico.

### **7.5.1 Registro histórico de las variables:**

Con el fin de tener un registro histórico de los datos se adiciona a las tablas SQL dos columnas, una con la hora exacta del proceso y la otra con la fecha en la cual se ejecuta el mismo, para esto con la ayuda de la librería *datetime* de Python con el formato *strftime("%H:%M:%S")* en horas minutos y segundos y el formato *strftime("%Y-%m-%d")* en años meses y días:

### Algoritmo envió de datos censados a la base de datos MSQL:

```
def insert_to_db():
    db=MySQLdb.connect(host='localhost',user='root',passwd='1234',db='prueba')    c=db.cursor()
    temperatur = (read_temp())
    t1= threading.Thread(target=principal)
    t1.start()
    t1.join()
    vol=(principal())
    zeit = (datetime.datetime.fromtimestamp(time.time()).strftime("%H:%M:%S"))
    datum = (datetime.datetime.fromtimestamp(time.time()).strftime("%Y-%m-%d"))
    print (temperatur)
    print(vol)
    print (zeit + " - " + datum)
    sql = "INSERT INTO si (tem,vol,date,time) VALUES (%s, %s, %s, %s)"
    try:
        c.execute(sql,(str(temperatur),str(vol),str(datum), str(zeit)))
        db.commit()
    except:
        db.rollback()
    #db.close()
def read_from_db():    db=MySQLdb.connect(host='localhost',user='root',passwd='1234',db='prueba')
c=db.cursor()
t1= threading.Thread(target=principal)
t1.start()
t1.join()
try:
    c.execute("SELECT * FROM si ORDER BY ID DESC LIMIT 1")
    result = c.fetchall()
    if result is not None:
        print ('temperature: ', result[0][1], '| vol ', result[0][2], '| time: ', result[0][4], '| datum: ',
result[0][3])
    except:
        print ("read error")
def main():
    t1= threading.Thread(target=principal)
    t1.start()
    t1.join()
    db=MySQLdb.connect(host='localhost',user='root',passwd='1234',db='prueba')    c=db.cursor()
    while 1:
        insert_to_db()
        read_from_db()
        time.sleep(300)

if __name__ == '__main__':
    try:
        t1= threading.Thread(target=principal)
        t1.start()
        t1.join()
```

```
db=MySQLdb.connect(host='localhost',user='root',passwd='1234',db='prueba')    c=db.cursor()
except:
    print ("conectando con el servidor ...")

try:
    main()
except KeyboardInterrupt:
    print ("Chao...")
pass
```

Fuente: (Autor).

Una vez enlazado Python con Mysql con el anterior código, para la visualización de los datos con la ayuda de un servidor HTTP Apache y la herramienta anteriormente mencionada phpMyAdmin ingresamos con la siguiente dirección desde el navegador web [www.panelaguaduas.com/phpmyadmin/index.php](http://www.panelaguaduas.com/phpmyadmin/index.php) Esta dirección apunta hacia la interfaz de phpMyAdmin perteneciente al sistema; como Mysql permite crear usuarios para efectos de seguridad creamos un usuario de nombre *root* y contraseña 1234 ver anexo E.

Figura 14 . Plataforma phpMyAdmin.



Fuente: (Autor).

Una vez ingresado a la plataforma encontraremos las bases de dos con sus respectivas tablas:

Figura 15. Base de datos del registro del peso de bagazo.

ID	peso_bagazo_kg	date	time
1	0	2018-10-02	11:38:44
2	18	2018-10-02	11:39:23
3	54	2018-10-02	11:47:10
4	36	2018-10-02	11:47:10
5	36	2018-10-02	11:50:31
6	54	2018-10-02	11:52:39
7	72	2018-10-02	11:56:59
8	90	2018-10-02	12:00:42
9	90	2018-10-02	12:00:47
10	90	2018-10-02	12:00:52
11	90	2018-10-02	12:00:57
12	90	2018-10-02	12:01:02
13	90	2018-10-02	12:01:07
14	90	2018-10-02	12:01:12
15	90	2018-10-02	12:01:17
16	90	2018-10-02	12:01:23
17	90	2018-10-02	12:01:28
18	90	2018-10-02	12:01:33
19	90	2018-10-02	12:01:38
20	90	2018-10-02	12:01:43
21	90	2018-10-02	12:01:48
22	90	2018-10-02	12:01:53
23	90	2018-10-02	12:01:58
24	90	2018-10-02	12:02:03
25	90	2018-10-02	12:02:08

Fuente: (Autor).

## 7.6 CALCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Tabla 10. Cuadro de cargas para el sistema fotovoltaico.

Unidades	Carga	Corriente	Voltaje	Potencia x unidad	Intensidad horaria	Potencia total
1	Prototipo telemétrico	78mA	110V	8.5W	24H	8.5W
7	Bombilla	81mA	110V	9W	12H	63W
Potencia consumida:						71.5W

Fuente: (Autor).

Potencia requerida de sistema:

$$P = 1.25 * \left( \frac{Ed}{R} \right)$$

Dónde:

Ed: Potencia consumida (KW)

R: Radiación solar en municipio de Utica ( $KWh/m^2$ )

$$P = 1.25 * \left( \frac{71.5}{4.96} \right)$$

$$P = 18.13W$$

Calculo de batería:

$$CB = \frac{Ed * N}{V * Pd}$$

Dónde:

*Ed: Potencia consumida (KW).*

*V: Voltaje entrante al inversor.*

*Pd: Profundidad de descarga de la batería.*

*N: Días de autonomía.*

$$CB = \frac{71.5 * 2}{12 * 0.7} = 17.00 A/h$$

$$CB = 17.00 A/h$$

Potencia requerida de sistema:

$$P = 1.25 * \left(\frac{Ed}{R}\right) \quad (10)$$

Dónde:

*Ed: Potencia consumida (KW)*

*R: Radiación solar en municipio de Utica (KWh/m<sup>2</sup>)*

$$P = 1.25 * \left(\frac{71.5}{4.96}\right)$$

$$P = 18.13W$$

Calculo de batería:

$$CB = \frac{Ed*N}{V*Pd} \quad (11)$$

Dónde:

*Ed: Potencia consumida (KW).*

*V: Voltaje entrante al inversor.*

*Pd: Profundidad de descarga de la batería.*

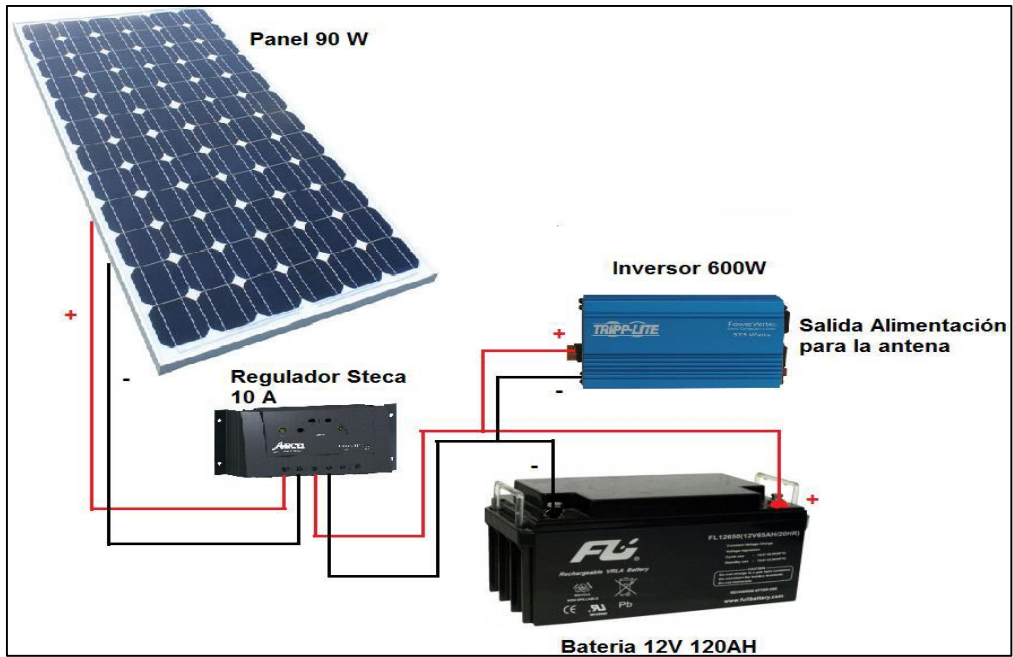
*N: Días de autonomía.*

$$CB = \frac{71.5 * 2}{12 * 0.7} = 17.023 A/h$$

$$CB = 17.023 A/h$$

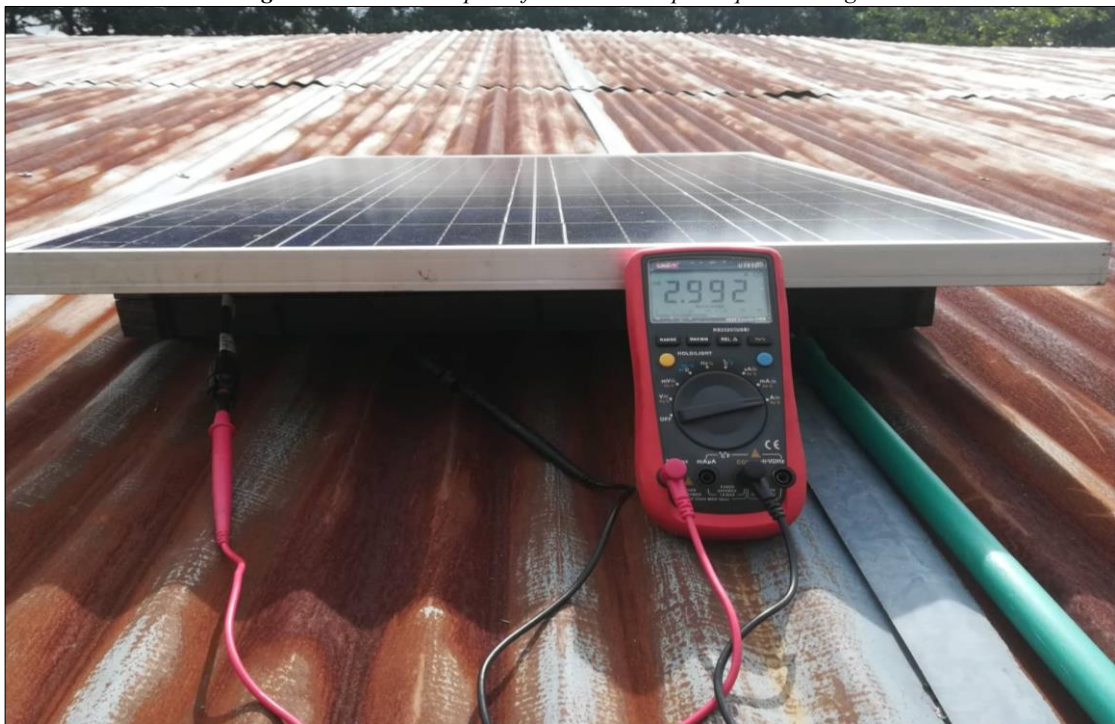


Figura 16. Configuración de red de sistema fotovoltaico.



Fuente: (Romero, 2017).

Figura 17. Instalación panel fotovoltaico trapiche quebradanegra



Fuente: (autor).

Tabla 11. Características elementos panel fotovoltaico.

DISPOSITIVO (REF)	FUNCIÓNALIDAD	CARACTERÍSTICAS
<i>Panel fotovoltaico BCT90-12</i>	<p>Producir energía eléctrica debido a que captan la radiación luminosa procedente del sol a través de las celdas de silicio y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V). Este proceso funciona también cuando hay nubes livianas, pero con menos rendimiento.</p> <p>Está constituido por varias células solares iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie o en paralelo de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensión: 935 x 670 x 30 mm.</li> <li>• Potencia máxima nominal (Pmax): 90 W.</li> <li>• Corriente a Pmax (Imp): 5.23 A.</li> <li>• Voltaje a Pmax (Vmp): 17.2 V.</li> <li>• Corriente de cortocircuito (Isc): 5.87 A.</li> <li>• Voltaje en circuito abierto (Voc): 21.6 V.</li> <li>• Temperatura normal de funcionamiento de la celda (Tnoc): 45°C.</li> <li>• Peso: 6.8 Kg.</li> <li>• Voltaje máximo del sistema: 1000VDC.</li> </ul>
<i>Inversor de voltaje de onda seno modificada</i>	<p>El inversor de voltaje se encarga de transformar la corriente continua (12,24) en corriente alterna a 120 VAC a una frecuencia de 60 Hz con la finalidad de suministrar energía a los componentes que requieren corriente alterna, en este caso la acometida eléctrica alternativa y el prototipo de telemetría.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de entrada: 12 VDC.</li> <li>• Voltaje de salida: 120 VAC.</li> <li>• Frecuencia de voltaje de salida: 60 Hz.</li> <li>• Numero de toma corrientes: 2.</li> </ul>
<i>Regulador de voltaje steca solarix PRS 1010</i>	<p>El regulador de voltaje se usa para controlar el estado de carga, es decir controlar la carga y descarga de la batería, permitiendo también protección a la batería prolongando su vida útil y aprovechando al máximo la carga de la batería.</p> <p>El regulador tiene como entrada el voltaje continuo proporcionado por el panel y su salida de regulación de voltaje va a la batería conectada en paralelo con el inversor de voltaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones: 187 x 96 x 45 mm.</li> <li>• Peso: 345 gr.</li> <li>• Temperatura ambiental permitida: -25°C ~ 50°C.</li> <li>• Corriente de cortocircuito máxima: 10 A.</li> <li>• Corriente de consumo máxima: 10 A.</li> <li>• Tensión máxima: 47 VDC.</li> <li>• Tensión del sistema: 12 V/24 V.</li> </ul>

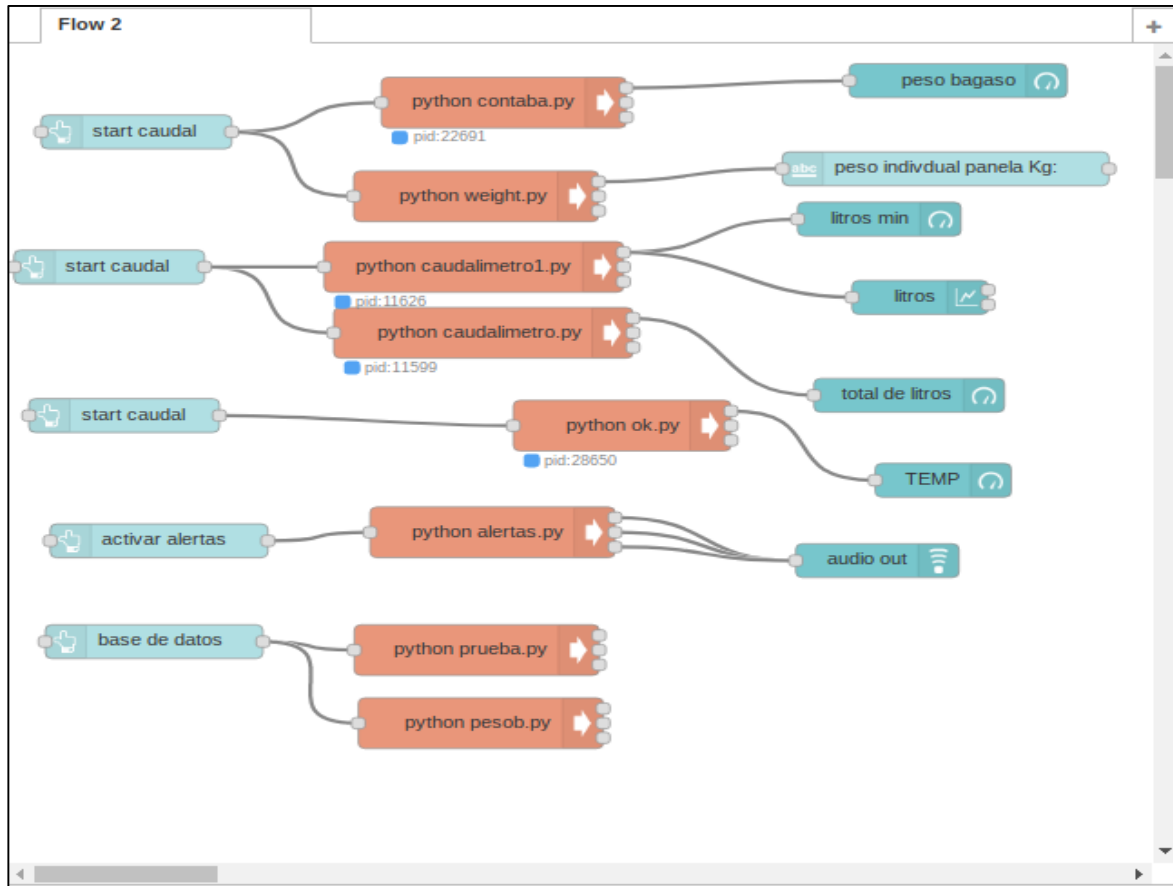
<p><i>Batería recargable FuliBattery FL 121200</i></p>	<p>La batería es la encargada de almacenar la energía que le proporciona el regulador de voltaje en corriente continua, y suministrar la misma al inversor de voltaje para poder ser usada o consumida por la lámpara y el prototipo de telemetría por un prolongado tiempo. Siendo esta una batería recargable ideal para almacenar energía las veces necesarias, dependiendo igualmente de su vida útil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones: 408 x 177 x 225 mm.</li> <li>• Peso: 34 Kg.</li> <li>• Voltaje nominal: 12 V.</li> <li>• Capacidad nominal (20Hr): 120 Ah.</li> <li>• Resistencia interna: 4 mΩ.</li> <li>• Rango de temperatura de operación: -15°C a 50°C.</li> </ul> <p>Regulación de voltaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de uso: 14.4 ~ 15V (25°C).</li> <li>• Modo de espera: 13.5 ~ 13.8V (25°C).</li> <li>• Corriente de carga inicial menor a 36 A.</li> </ul>
<p><i>Bombilla LED Toledo A60 9W DL TP 15H CJ</i></p>	<p>Pertenecientes a la acometida eléctrica del sistema fotovoltaico instalado en el trapiche panelero, encargadas de transformar la energía eléctrica, en energía luminosa para la iluminación del trapiche, son de baja potencia y contribuyen con el ahorro energético. Estas se ubican de manera estratégica dentro del trapiche, zonas importantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia: 9W.</li> <li>• Tensión de operación: 100V ~ 240V.</li> <li>• Frecuencia de operación: 50/60 Hz.</li> <li>• Factor de potencia: 0.5.</li> <li>• Flujo luminoso: 720 lm.</li> <li>• Vida útil: 15000 h.</li> <li>• Temperatura de operación: -10°C ~ +45°C.</li> <li>• Ángulo de apertura: 270°.</li> </ul>

Fuente: (autor).

## 7.7 Etapa de visualización local y remota Node-red:

Con la necesidad de supervisar y controlar los datos recolectados en el proceso de producción de panela se diseñó un sistema Scada en la herramienta *Node-red* ya que esta proporciona un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante una amplia gama de nodos de la paleta, una vez instalado se adicionó a esta herramienta el módulo *dashboard* el cual proporciona un conjunto de nodos para crear rápidamente un panel de datos en vivo, una vez instalado se diseñó el siguiente flujo cuya función es entregar un tablero grafico el cual permite inicializar individualmente cada sensor perteneciente al sistema, activar las base de datos y por ultimo detectar errores en el proceso de censado.

Figura 18. Sistema Scada en Node-red para reportes gráficos.



Fuente: (Autor).

El anterior flujo se realizó con los siguientes nodos:

**Nodo exec:**

Ejecuta un comando del sistema, en este caso permite llamar los códigos desarrollados en Python para cada sensor, bases de datos y sistemas de alertas. Para llamar cada código basta con ingresar en la sección de comando del nodo la palabra Python más el nombre de cada script que se desee llamar como lo muestra la siguiente figura.

Figura 19. Sección de comando del nodo.

The image shows a dialog box titled "Edit exec node". At the top right, there is a "Deploy" button and a menu icon. Below the title bar, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Done". The main content area is titled "node properties" and contains several configuration options:

- Command:** A text input field containing "python ok.py".
- Append:** A checkbox labeled "msg.payload" which is checked, and a text input field containing "extra input parameters".
- Output:** A dropdown menu showing "while the command is running - spawn mode" and a checked checkbox labeled "Use old style output (compatibility mode)".
- Timeout:** A text input field containing "optional" followed by the label "seconds".
- Name:** A text input field containing "Name".

Fuente: (Autor).

Por ultimo agregamos los nodos de visualización los cuales se clasifican en nodos de entrada y nodos de salida. Los nodos de entrada son aquellos botones que le permiten la inicialización de cada script de Python y los nodos de salida son aquellos que entregan la información proveniente de cada código.

**Figura 20.** Información gráfica del nodo salida del sensor de temperatura.



*Fuente: (Autor).*

**Figura 21.** Información gráfica del nodo salida del sensor de volumen.



*Fuente: (Autor).*

Figura 22 . Información gráfica del nodo salida del sensor de peso.



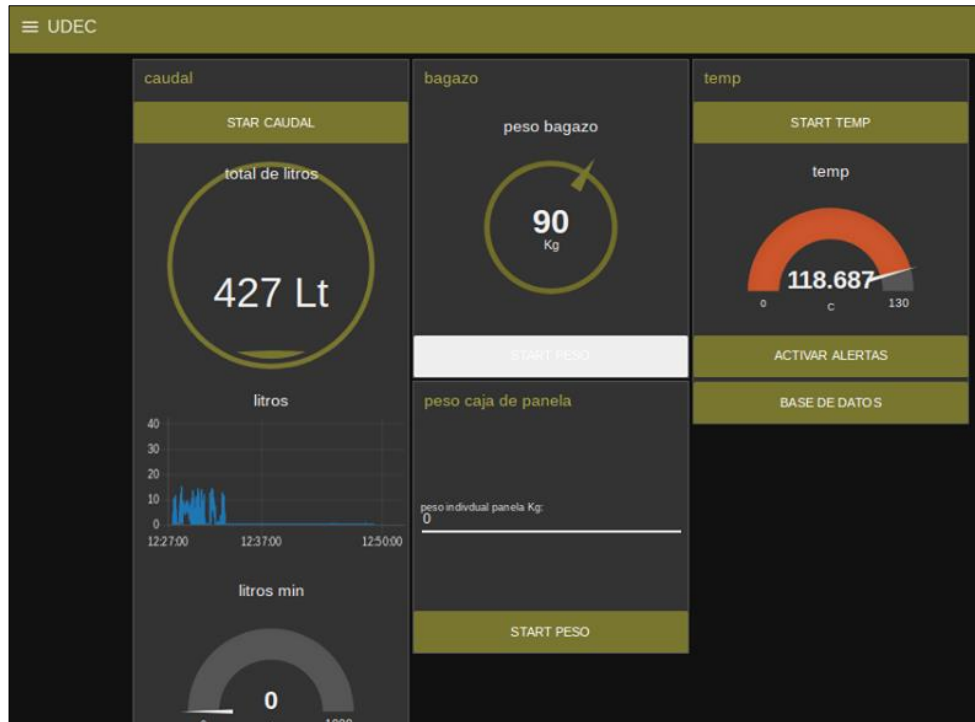
Fuente: (Autor).

Figura 23 . Información gráfica del nodo salida del sensor contador de canecas.



Fuente: (Autor).

*Figura 24 . Interfaz gráfica de todos los sensores.*



*Fuente: (Autor).*

## **8 RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TELEMÈTRICO EN TRAPICHE PANELERO DE QUEGRADANEGRA.**

En el siguiente apartado se realiza el análisis de los datos obtenidos en el proceso de producción de panela de esta manera se pudo observar el comportamiento a través del tiempo de cada uno de los sensores.

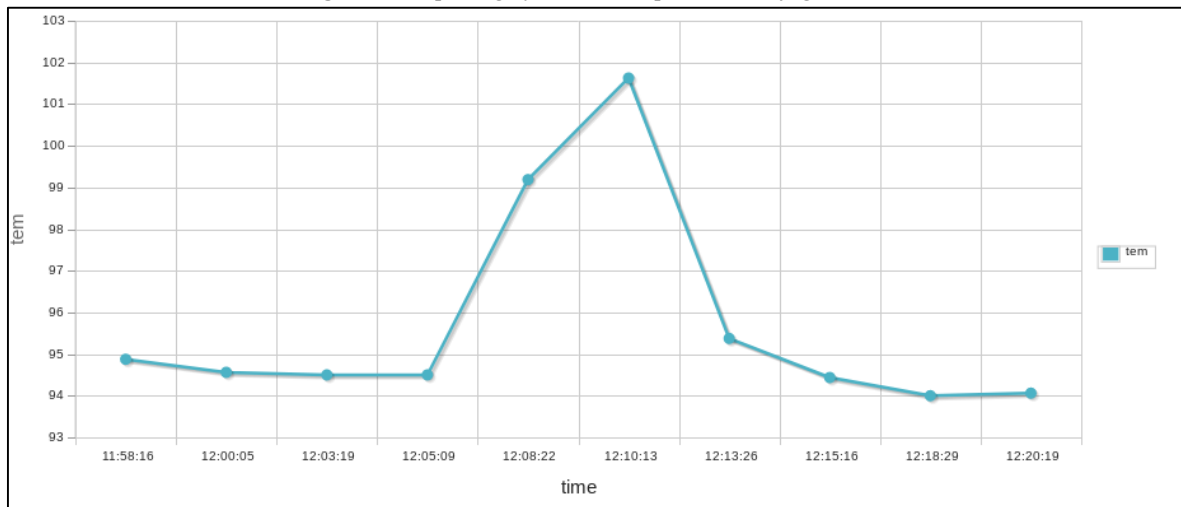
Una vez adaptado los sensores en las etapas del proceso de producción de panela y ubicados en su respectivo lugar se acoplo la maquina digital para la visualización gráfica de los datos, de esta forma se monitorea las variables anteriormente seleccionadas que inciden en los parámetros de calidad del producto.



## 8.1 Resultados etapa de adquisición de datos:

### - *Temperatura:*

*Figura 25. Reporte gráfico de la temperatura del jugo de caña.*

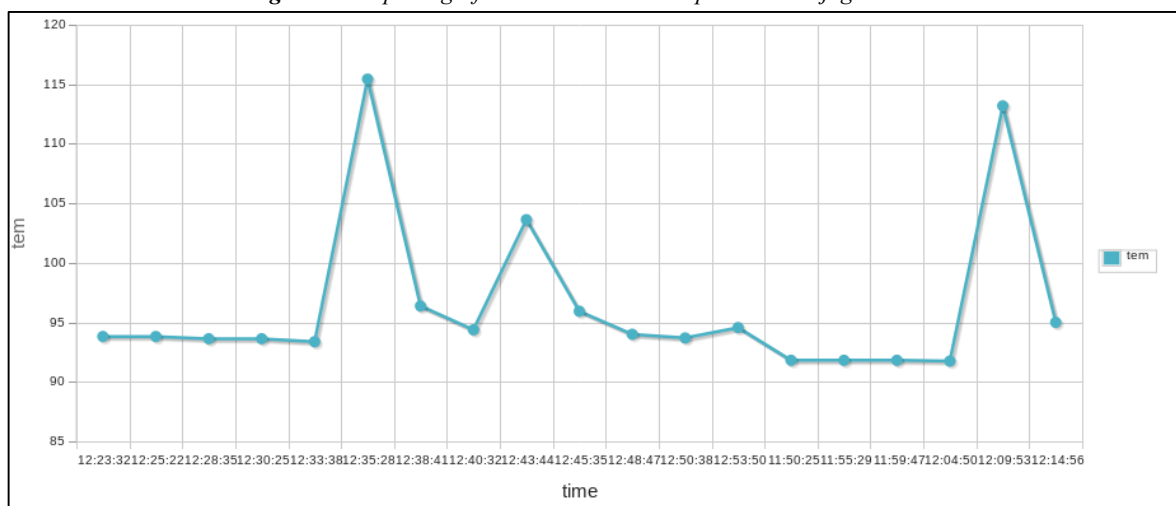


*Fuente: (Autor).*

En la Figura 25 se observa un reporte gráfico de media hora de la temperatura del jugo de caña donde se registra inicialmente con 95°, después de ocho minutos se registra una temperatura mayor con un máximo de 102° y decrece en pocos minutos manteniendo una temperatura promedio de 94°, entonces, en este rango de tiempo el jugo de caña mantiene una temperatura favorable entre 118°-125°.

En la Figura 25 se observa un reporte gráfico intensivo por más de una hora donde temperatura del jugo de caña se registra cerca de 95°, después se registra una temperatura mayor con un máximo de 115° y decrece progresivamente llegando temperatura entre 94 y 95° por mucho más tiempo, aunque sigue presentando picos alrededor de 110°, en este rango de tiempo el jugo de caña conserva una temperatura favorable para luego aplicar los procesos antiadherentes en la etapa de batido.

**Figura 26.** Reporte gráfico intensivo de la temperatura del jugo de caña.



Fuente: (Autor).

**- Pesado del bagazo de caña:**

Como el proceso de producción de panela en los trapiches beneficiados por el proyecto se hace de manera artesanal fue bastante engorroso aplicar ingeniería para obtener el dato exacto del peso total de bagazo de caña, ya que en estos trapiches no se recolecta el bagazo una vez sale de la etapa de triturado; una solución que se aplicó para este problema fue adaptar unas canecas para la recolección del bagazo de caña, con el fin de realizar un contador de canecas para la recolección de este dato.

**Figura 27.** Reporte gráfico intensivo de la temperatura del jugo de caña.

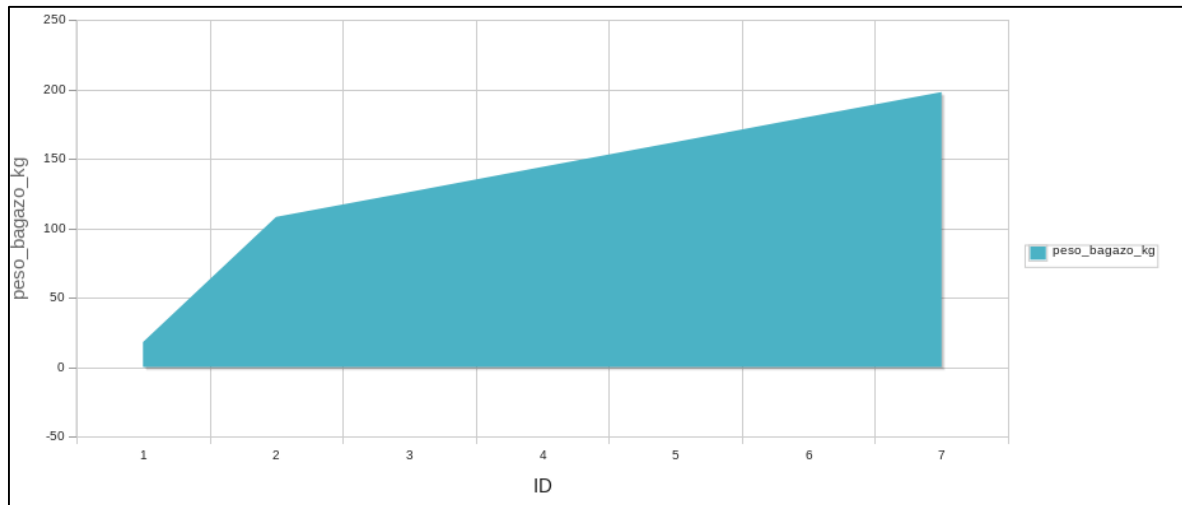


Fuente: (Autor).

En la Figura 24 se observa el reporte gráfico total del peso del bagazo, en esta etapa en sensor contador de canecas estipula el peso total a medida que el bagazo de caña se recolecta, con este conteo se aproxima a un valor en (kg) ya que cada caneca llena de bagazo de caña que

pesa aproximadamente 18 kg, de esta forma se halla el peso total del bagazo.

*Figura 28. Reporte gráfico del peso total del bagazo.*



*Fuente: (Autor).*

En esta figura se observa que progresivamente el peso del bagazo cambia constantemente con el tiempo reportando un peso total de 200Kg. debido a que es posible que el sensor tome datos erróneos por perturbaciones externas se aplicó en un sistema tipo filtro pasa alta, que solo registra los cambios de estado del sensor de proximidad en tiempos mayores a tres minutos.

despreciando cualquier otro pulso menor a este tiempo, validando esta lógica ya que cada caneca en su proceso de llenado tarda aproximadamente siete minutos.

- ***volumen total de jugo de caña:***

Para realizar el correcto registro de la totalidad de litros de jugo de caña extraídos en el proceso de producción de panela implemento un caudalímetro como lo muestra la figura 29; aunque el sistema de recolección de estos jugos cuenta con etapas de prelimpieza del mismo, es posible que este jugo pase con impurezas lo que puede causar en algún momento el atascamiento del sensor de caudal; debido a lo anterior para prevenir pérdidas de información se implemento un sistema de alerta inmediata en Python, el cual es capaz de detectar el instante en el cual se atasca el sensor entregando un alerta por la salida de audio de la placa, permitiendo al operario realizar maniobras manuales en el debido instante.

*Figura 29. Caudalímetro instalado.*



*Fuente: (Autor).*

En la figura 29 se observa la implementación del sensor de volumen, allí se mide la cantidad de jugo de caña de azúcar que se deposita en el tanque de almacenamiento en la cual reposan los jugos limpios y clarificados, listos para ser llevados a cocción.

#### **Algoritmo detector de alerta temprana Python:**

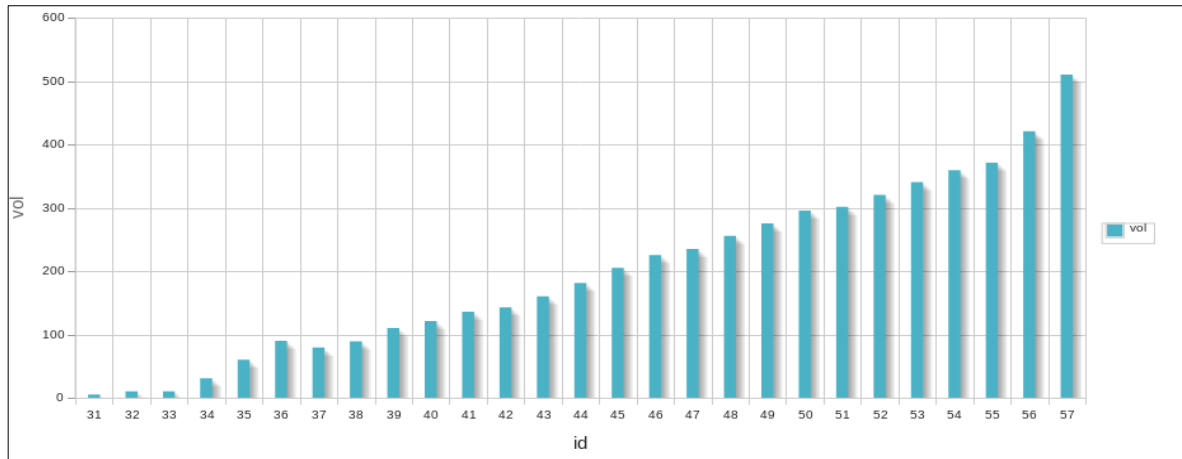
```
def CuentaA(chanel):  
  
    global contaA  
    contaA += 1  
    os.system("clear")  
    return contaA#  
#Interrupciones  
GPIO.add_event_detect(23, GPIO.RISING, callback = CuentaA)  
def GetFrequency():  
    global contaA  
    fre= contaA  
    contaA=0  
    time.sleep(1)  
    return (fre)  
  
while True:  
    contaA=0  
  
    while contaA==0:  
        pygame.mixer.init()  
        pygame.mixer.music.load("audio.mp3")  
        pygame.mixer.music.set_volume(1.0)  
        pygame.mixer.music.play()  
        pygame.mixer.music.get_busy()  
        print('alerta se ha detectado error en el sensor de caudal')  
        break
```

*Fuente: (Autor).*

Una vez almacenado los datos en la base de datos SQL se obtiene el registro grafico de estos como lo muestra la figura 27 donde se evalúan 26 muestras las cuales pertenecen al registro

de litros de jugo de caña tomados en el trapiche de Quebradanegra, donde se registra un total de 510 litros con un promedio aproximado de 20.8 litros entre muestra y muestra donde cada muestra es registrada cada cinco minutos.

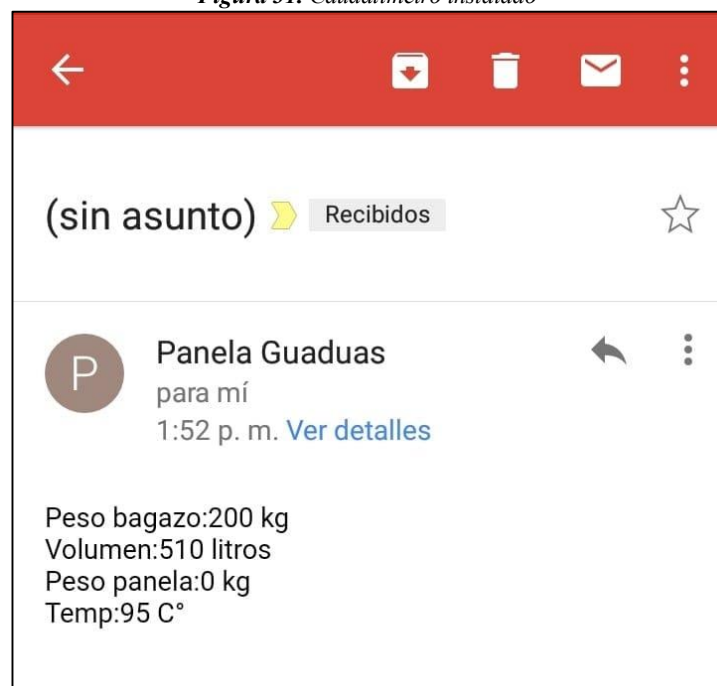
**Figura 30.** Caudalímetro instalado.



*Fuente: (Autor).*

En la Figura 31| se observa el reporte general por vía correo electrónico la información de cada de uno de los sensores entregando el peso total del bagazo, el volumen de jugo de caña producido, el peso de cada panela producida y la temperatura del jugo al usuario que ingresa de través de su cuenta de Gmail, con esta información puede analizar la producción de la jornada.

**Figura 31.** Caudalímetro instalado

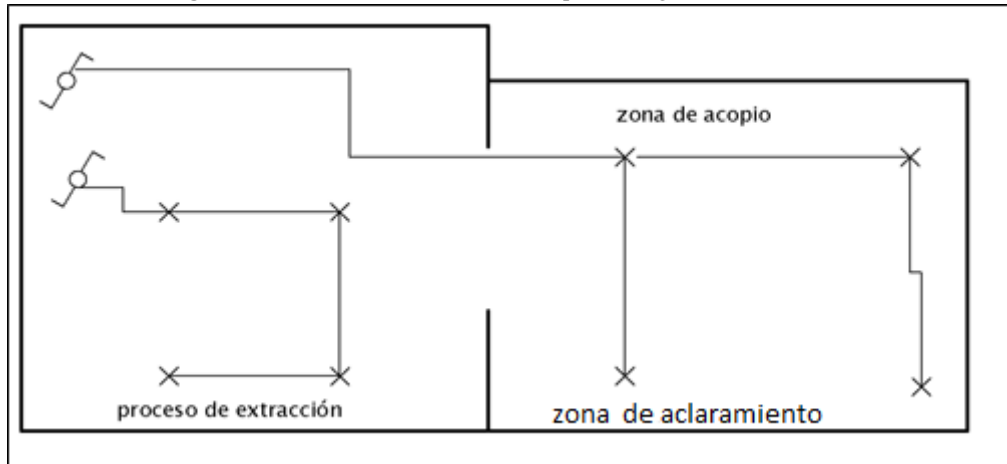


*Fuente: (Autor).*

## 8.2 Instalación sistema fotovoltaico:

Se instala la acometida eléctrica de acuerdo con las necesidades de iluminación del trapiche de Quebreadanegra, Cundinamarca priorizando las siguientes zonas en la siguiente figura:

*Figura 32. Plano acometida eléctrica trapiche de QUEBRADANEGRA,*



*Fuente: (Autor).*

En esta Figura 32 se observa el plano eléctrico de la zona de trapiche, se divide en dos cuartos donde cada uno cuenta con cuatro focos de iluminación con cada swicth , entonces cada foco se ubica en los extremos de las cámaras para mejor iluminación que se evidencian en las siguientes figuras.

*Figura 33. Vista frontal iluminación zona de aclaramiento.*



*Fuente: (Autor).*



*Figura 34. Vista lateral iluminación zona de aclaramiento.*



*Fuente: (Autor).*

En la Figura 35 observamos la maquina digital que monitorea cada proceso de producción de panela, aplicando las herramientas descritas anteriormente, por ende la conexión a internet en el área es óptima lo que facilita el envío de datos hacia la plataforma al asignar la ip remota.

*Figura 35. Maquina digital.*



*Fuente: (Autor).*

En la Figura 36 se observa el menú principal de la plataforma que visualiza el lugar donde se aplica esta tecnología, que es la trapichera de panela ubicada en Quebradanegra.

Figura 36. Menú principal de la plataforma.



Fuente: (Autor).

## 9 COSTO DE ELEMENTOS Y RECURSOS PARA DISEÑO DEL PROTOTIPO

Tabla 12. Costo de elementos y recursos empleados en el prototipo.

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO (\$ pesos)
<b><i>Etapa de instrumentación</i></b>		
Sensor de temperatura DS18B20	1	9.000
Sensor medidor de flujo DN32	1	82.110
Sensor de proximidad infrarrojo E3F-DS30C1	2	40.460
Báscula digital	1	380.000
<b><i>Elementos adicionales</i></b>		
Carrete de cable UTP	1	340.000
Borneras	6	3.000
Paquete de cables Dupont macho-macho	1	8.514
Adaptador ac-dc 120ac - 3.3dc	1	15000
Regleta hembra-macho	1	4.800
Baquela pequeña	1	3.000
Carrete cable para instalación eléctrica dúplex	1	270.000
<b><i>Etapa de procesamiento de datos</i></b>		
Board Raspberry Pi 3	1	215.000
Pantalla LG	1	120.000
Memoria SD 32GB	1	60.000
<b><i>Sistema fotovoltaico</i></b>		
Regulador de voltaje stecca solarix PRS 1010	1	187.673
Panel fotovoltaico BCT90-12	1	450.000
Inversor de voltaje de onda seno modificada	1	61.568
Batería recargable FuliBattery FL 121200	1	49.000
Fuente de poder dual fija	1	20.000



Adaptador de voltaje conector Jack tipo macho 6.5V/1.8 Amp	1	9.401
Bombilla LED Toledo A60 DL TP 15H CJ	7	77.000
<b>Total</b>		2'405.526

*Fuente: (Autor).*

## 10 CONCLUSIONES

- El sistema SCADA desarrollado cumple con los requerimientos de comunicación en tiempo real, dado que las pruebas realizadas demuestran que los valores leídos en campo son iguales a los recibidos en la interfaz de Control.
- Mediante la implementación de esquemas de análisis de la información de los indicadores en tiempo real, definidos en el sistema Scada, permitirá generar señales de alerta temprana con el objetivo de salvaguardar la información generada por el mismo.
- Para la board central de procesamiento de datos, se tuvo en cuenta características indispensables para que el sistema funcionara de manera óptima, entre estas encontramos la velocidad de procesamiento y multiprocesamiento, por otro lado también que dicha board cuente con puertos de audio y video para la interactividad hombre máquina, además de ser compatibles con servidores apache. Se tomaron en cuenta 4 plataformas para desarrollar el prototipo, sin embargo, la Raspberrypi 3-Model B, supero en economía su predecesora la bananaPi y a su antecesora la Raspberry pi 2 en cuanto a concepto de multiprocesamiento. De igual forma, nos permite trabajar con periféricos de Audio y Video, lo que no nos permite hacer la plataforma Arduino Mega.
- De acuerdo con proceso de producción de panela, se deben ubicar los sensores en una parte clave del proceso de elaboración, dado que, con los datos obtenidos de bagazo, jugo de caña y peso de panela producida, podemos obtener mediante funciones matemáticas, la calidad y productividad del lote del cultivo procesado.

- Fue necesario implementar un registro de datos, a fin de que el sistema permitiera al profesional encargado de la elaboración del producto, evaluar los datos de acuerdo a un análisis estadístico, ya que el sistema le proporciona al usuario gran cantidad de datos a través del tiempo de esta manera ampliar su visión y tomar posibles medidas para aumentar la producción o en su defecto hallar algún problema en la misma.

## 11 REFERENCIAS

- (s.f.). Recuperado el 06 de 05 de 2017, de 1. LA PANELA:  
[http://www.trapichepanelerogualanday.com/LA\\_PANELA\\_PASOS\\_EN\\_LA\\_PREPARACION.pdf](http://www.trapichepanelerogualanday.com/LA_PANELA_PASOS_EN_LA_PREPARACION.pdf)
- aerial.net telecommunications*. (s.f.). Obtenido de HX711 - Load Cell Amplifier 24Bit:  
[https://www.aerial.net/shop/product/161\\_196/1673/hx711-load-cell-amplifier.html](https://www.aerial.net/shop/product/161_196/1673/hx711-load-cell-amplifier.html)
- Akmal, Ž. (s.f.). *pngTree*. Obtenido de Pintado a mano de campesino Gratis PNG y Clipart:  
[https://es.pngtree.com/freepng/hand-painted-peasant\\_2840849.html](https://es.pngtree.com/freepng/hand-painted-peasant_2840849.html)
- AliExpress*. (s.f.). Obtenido de AliExpress: [https://es.aliexpress.com/store/product/DN32-Water-Flow-Sensor-Large-Flowmeter-for-Swimming-Pool-Flowmeter-Industrial-Water-Flow-Sensor/925845\\_32851475113.html?spm=a219c.search0302.3.264.21a824d2tVae0R&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0,searchweb201602\\_0\\_10152\\_10151](https://es.aliexpress.com/store/product/DN32-Water-Flow-Sensor-Large-Flowmeter-for-Swimming-Pool-Flowmeter-Industrial-Water-Flow-Sensor/925845_32851475113.html?spm=a219c.search0302.3.264.21a824d2tVae0R&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_0_10152_10151)
- ALLDATASHEET.COM. (2003). *Electronic Components Datasheet Search*. Obtenido de DS18B20 Datasheet (PDF) - Dallas Semiconductor:  
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>
- APRENDEMOS TECNOLOGÍA*. (28 de 08 de 2008). Obtenido de Sistema simple de correas con polea: <https://aprendemostecnologia.org/2008/08/28/sistema-simple-de-poleas-con-correa/>
- Arias Leiva, A. F., Tamara Matera, L. V., & Arbelaez Soto, F. (06 de 2016). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. Recuperado el 06 de 05 de 2017, de [www.minagricultura.gov.co](http://www.minagricultura.gov.co)
- Carvalho de Oliveira, J., Nascimento, R., Britto, S., & Waldenir. (2007). Obtenido de Demonstração dos custos da cadeia produtiva da rapadura: estudo realizado no Vale do São Francisco:  
[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cadeia\\_produtiva\\_rapadura\\_000fjd72njv02wyiv809gkz51cga46rg.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cadeia_produtiva_rapadura_000fjd72njv02wyiv809gkz51cga46rg.pdf)
- Cobos, L., Aparicio, J., Solano, H., & Gamboa, W. (2015). Diseño de un sistema de instrumentación y monitoreo de las variables en el proceso de dosificación de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) para la producción de panela. *MATICES tecnológicos*, 1-6.
- COLCIENCIAS. (s.f.). *A ciencia cierta*. Obtenido de <http://www.acienciacierta.gov.co/index.php/87-votaciones-2015/298-mejoramiento-en-el-proceso-de-produccion-de-panela-artesanal-mediante-la-implementacion-de-un-lector-y-controlador-de-temperatura-portatil-con-brazo-articulado-298>
- coporación autónoma del centro de antioquia. (s.f.). GUIATECNICA DE AGROINDUSTRIA

PANELERA. En CORANTIOQUIA.

CORPOICA. (s.f.). Impacto ambiental de la industria de elaboración de alimentos panela: agricultura sostenible y sistemas locales de producción agroalimentaria. *Engineering Village*.

CVR ELECTRONIC. (s.f.). *CVR ELECTRONIC*. Obtenido de Sensor de proximidad IR: <http://cvrelectronic.com/productos/descripcion.php?id=143>

DFROBOT. (07 de 04 de 2018). *DFROBOT*. Obtenido de NEED HELP FOR CODING WATER MONITOR: <https://www.dfrobot.com/forum/viewtopic.php?t=5171>

Embrapa Informática Agropecuaria. (s.f.). *Agencia Embrapa de información tecnológica* . Recuperado el 2018 de 03 de 05, de <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fjighhp202wyiv80sq98yqyvqymia8.html>

Equipe de pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -. (2014). *Fabricação de Açúcar Mascavo, Melado e Rapadura*. Rio de Janeiro: Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura - IICA - Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/09/001.

FEDEPANELA. (s.f.). Recuperado el 06 de 05 de 2017, de [http://www.fedepanela.org.co/pdfs/ABC\\_Panela.pdf](http://www.fedepanela.org.co/pdfs/ABC_Panela.pdf)

Figuerola Enriquez, C. C., & Villota Ceballos, J. A. (2015). *SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LA PANELA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN A PARTIR DE LA RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LA DENSIDAD PARA EL BENEFICIO DE NARIÑO*. Pasto: ACOFI.

García, J. M., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, Á., & Osorio, C. (2017). Physicochemical and sensory (aroma and colour) characterisation of a non-centrifugal cane sugar (“panela”) beverage. *ELSEIVER*, 1-7.

Guarnizo, J. S. (2016). *PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA COMO HERRAMIENTA ALTERNATIVA BASADA EN TIC, PARA EL MONITOREO DE VARIABLES RELACIONADAS CON EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA*. Fusagasugá.

Heliotropodeluz. (20 de 8 de 2008). *Heliotropodeluz*. Obtenido de <https://heliotropodeluz.wordpress.com/2008/08/20/sol/>

Hermida Ortiz, L., & Martinez Covaleda, H. (2005). *La cadena agroindustrial de la panela*. Bogotá.

Hernández, L. d. (s.f.). Obtenido de DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino.

Hernández, L. d. (s.f.). *Programar fácil.com*. Obtenido de DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino: <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>

- Hernández, L. d. (s.f.). *Programar fácil.com*. Obtenido de DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino: <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>
- Indumuebles. (2014). *Indumuebles*. Obtenido de Bombillo: <http://indumuebles.com/wp-content/uploads/2014/12/bombillo.png>
- Jagannadha Rao PVK. (2013). Jaggery a traditional indian sweetener. *Indian journal of traditional knowledge*, 95-102.
- Marmolejo, H. H. (2009). *HETPRO*. Obtenido de Sensor de temperatura DS18B20 con Arduino: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-temperatura-ds18b20/>
- Master Magazine*. (s.f.). Recuperado el 06 de 05 de 2017, de <https://www.mastermagazine.info/termino/5188.php>
- Moreno, W. F. (2007). *GUÍA TÉCNICA DE AGROINDUSTRIA PANELERA*. Ibarra - Ecuador: Creadores Gráficos.
- Mosquera, S. A., Carrera, J. E., & Villada, H. S. (2007). *Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el departamento del Cauca*.
- NGuerrero. (07 de 03 de 2018). *programaenlinea*. Obtenido de Minería de datos Vs Big Data: <http://programaenlinea.net/mineria-datos-vs-big-data/>
- Ordoñez, R., Hernández, C., & Pedraza, L. (2012). *Modelado de un sistema de evaporación de múltiple efecto para la producción de panela (azúcar noo centrifugado)*. Bogotá.
- programarfácil.com*. (s.f.). Recuperado el 01 de 03 de 2018, de <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>
- Quezada Moreno, W. F. (2007). *GUIA TECNICA DE AGROINDUSTRIA PANELERA*. Ibarra.
- Rexón de colombia S.A.* (Octubre de 2005). Obtenido de Cálculo de transmisiones: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2981/ANEXO%20K-Manual%20Calculo%20de%20Transmisiones.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Rodriguez, G., & Gottret, M. (2001). Evaluación de la adopción y el impacto de la tecnología en la agroindustria panelera colombiana. *Primera conferencia regional de desarrollo rural sostenible*. Caracas.
- Romero, Y. P. (2017). *ANÁLISIS DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD TÉCNICA Y LEGAL DE LA RED DE COMUNICACIONES CONVERGENTES, EN LA VEREDA BOSACHOQUE DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ*. Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.
- Ruesca, P. (25 de 09 de 2016). *RadioComunicaciones*. Recuperado el 06 de 05 de 2017, de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/telemetry/>
- Santos, D. (19 de 06 de 2015). *GoConqr*. Obtenido de Aprendizaje Móvil, ¿Realidad o Ficción?: <https://www.goconqr.com/es/examtime/blog/aprendizaje-movil/>

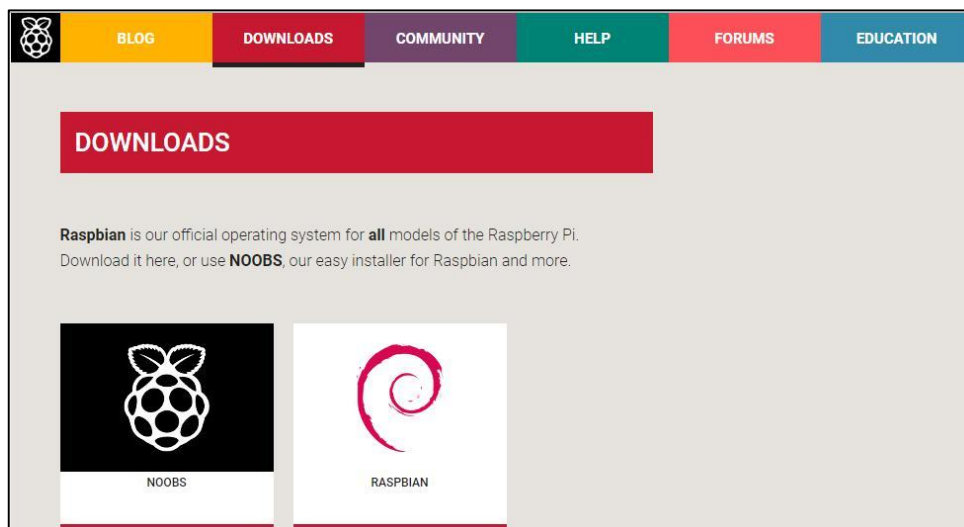
- Schwindt, J. P. (27 de 8 de 2016). Obtenido de ARDUINO AL RESCATE DE UNA BALANZA: <http://www.schwindt.org/posts/arduino-al-rescate-de-una-balanza>
- Spiess, A. (2 de 10 de 2017). *instructables*. Obtenido de CONNECTED CAT FEEDER USING A STRAIN GAUGE AND AN ESP32: <http://www.instructables.com/id/Connected-Cat-Feeder-Using-a-Strain-Gauge-and-an-E/>
- SU COMPUTO *infraestructura y tecnología*. (2017). Recuperado el 01 de 03 de 2018, de <http://sucomputo.com/producto/bateria-sellada-12v-120-ah-fl121200gs/>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (s.f.). *Estudios de Mercado: Cadena productiva de la panela en Colombia: diagnóstico de libre competencia (2010-2012)*.
- Tam Moreno, W. C., & Torres Salcedo, O. M. (2014). *PROTOTIPO SISTEMA DE MONITOREO PARA EL ENCALADO EN EL PROCESO PANELERO*. Bogotá DC.
- Universidad de Antioquia. (08 de 04 de 2015). *Aprende en línea*. Recuperado el 06 de 05 de 2017, de <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/investigacion/mod/page/view.php?id=3118>
- Villalba. (04 de 2008). *hervastecnología*. Obtenido de MECANISMOS: <https://iesvillabahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmission.pdf>
- Vistronica SAS. (s.f.). *Vistronica SAS*. Obtenido de Sensor de pH analógico con electrodo industrial para Arduino: <https://www.vistronica.com/sensores/sensor-de-ph-analogico-con-electrodo-industrial-para-arduino-detail.html>

## 12 ANEXOS

### 12.1 ANEXO A. Instalación de raspbian en raspberry pi 3

Para la instalación del sistema operativo vamos a utilizar un asistente de instalación de sistemas operativos noobs que son las siglas de *New Out Of the Box Software*, el mismo que está disponible desde el sitio de Raspberry.org

*Figura 37. Diagrama de metodología de trabajo Diagrama de bloques del sistema central de telemetría (Datos).*

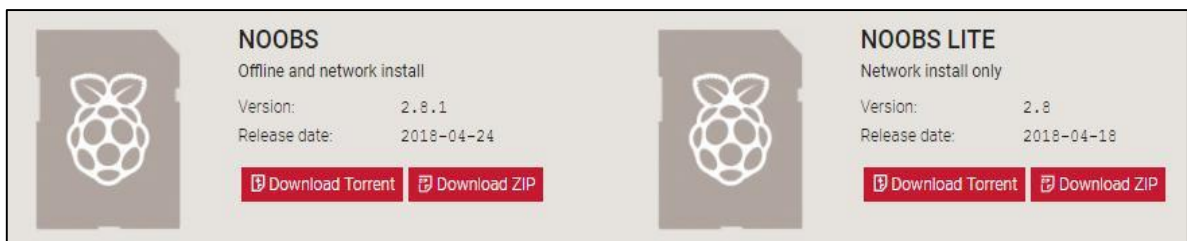


Fuente: (Autor)

**Paso 1:** Descarga noobs y copiarlo en una tarjeta de memoria

noobs tiene dos versiones, la estándar y la lite, se recomienda la versión estándar que traer raspbian pre cargado.

*Figura 38. Diagrama de metodología de trabajo Diagrama de bloques del sistema central de telemetría (Datos).*



Fuente: (<https://www.raspberrypi.org/>)



**Paso 2:**

- Grabar la imagen en la tarjeta de memoria sd card
- Etcher es una herramienta de escritura gráfica para sd card para linux, esta es la opción más fácil para los usuarios.
- Descargue Etcher e instálelo
- Conecte un lector de sd card con una tarjeta de memoria
- Abra la herramienta etcher y seleccione el archivo .img o .zip que se desea grabar en la tarjeta de memoria
- Seleccione la tarjeta de memoria que se desea escribir la imagen Revise su selección previa a iniciar la escritura

**Paso 3:** Configurar la conexión y elige el sistema operativo

Conecta la raspberry pi a la corriente, a un monitor, a un teclado y ratón para poder realizar la instalación y configuración por los menús y opciones de noobs. Enciende la raspberry y se observará que noobs se ejecuta de manera automática.

El proceso termina con una pantalla en la que seleccionas el sistema operativo y se despliega una ventana en la que se debe configurar el idioma y la configuración del teclado.

**Paso 4:** Configurar la conexión a internet

Para esto en el menú wifi network, elige tu conexión y la clave correspondiente y listo. El resto es un proceso automático de instalación

**Paso 5:** La primera configuración de la raspberry raspi-config



## 12.2 ANEXO B. instalación de node-red en raspberry pi 3

Node red es una plataforma para el internet de las cosas iot, podemos conectar una infinidad de cosas y tiene un buen soporte respaldado por una amplia comunidad.

Paso 1: Instalar Nodejs

Para instalar nodejs lo hacemos la ejecución de un comando a través de una terminal

<b>Comando</b>
<code>sudo apt install nodejs</code>

A continuación se utilizamos el gestor de paquetes llamado npm para instalar node red, mediante el siguiente comando:

<b>Comando</b>
<code>sudo npm install -g --unsafe-perm node-red</code>

Para verificar el proceso de instalación de node red y validar que el servidor node red este corriendo y sea accesible, se procede a abrir un browser en el que digitamos:  
<http://127.0.0.1:1880>

### 12.3 NEXO C. instalación de node-red dashboard

**Paso 1:** instalar el dashboard o paleta de componentes de servicios, mediante una terminal ubíquese en el directorio de instalación de node red como se indica a continuación:

```
~/node-red
```

En esta carpeta ejecute el siguiente comando:

Comando
<code>npm i node-red-dashboard</code>

Proceda a abrir una instancia de node red y observará que existen nodos disponibles en la paleta y una nueva paleta en el panel del lado derecho. Adicionalmente dispondrá de una interfaz de usuario accesible mediante un browser en el que debe digitar <http://127.0.0.1:1880/ui> o <http://www.panelaguaduas.com:1880/ui>

### 12.4 ANEXO D. actualizando el sistema operativo en raspberry pi

Continuamente el sistema operativo raspbian se actualiza para arreglar bugs y dar soporte a nuevos drivers. Para actualizar nuestro sistema debemos ingresar en una terminal los siguientes comandos:

<b>Comando</b>
<b>Sudo apt-get update</b>
<b>Sudo apt-get upgrade</b>

## 12.5 ANEXO E. Instalación de lamp en raspberry pi 3

Lamp es un acrónimo que significa Linux Apache, Mysql / Mariadb y Php, para la instalación no existe un conjunto completo de instrucciones que cubran estos 3 componentes, así que este proceso se basa en una publicación de instalación de lamp para pihome para configurar php7 con phpMyAdmin y MariaDB sobre una Raspberry

Pi. El mismo que está disponible desde el sitio de

<http://www.pihome.eu/2017/11/02/install-apache-php-7-0-mysqldb-raspberry-pi-lamp/>

### **Paso 1:** Actualizar el sistema operativo

Para realizar la actualización de raspbian ejecute el procedimiento especificado en el Anexo B.

### **Paso 2:** Instalar el servidor Apache

Para instalar el servidor web Apache 2 en raspberry pi con los paquetes más comunes se debe ejecutar el siguiente comando:

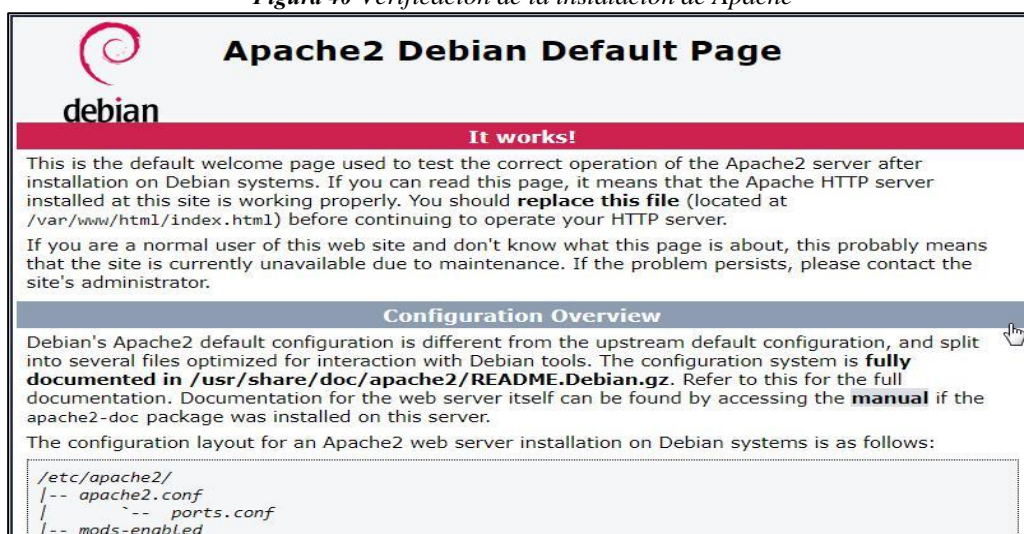
<b>Comando</b>
<b>1 apt-getinstall apache2 apache2-docapache2-utilsphp7.0-zip</b>

Para verificar si el proceso de instalación fue correcto, se debe abrir un navegador y digitar lo siguiente:

<b>Comando</b>
<b>http://127.0.0.1:80</b>

A continuación se debe desplegar la página default de Debian.

*Figura 40 Verificación de la instalación de Apache*



*Fuente: (autor).*

### **Paso 3: Agregar nuevos repositorios de fuentes**

Hasta la fecha de creación de este documento, php 7.0 no se ha agregado a las fuentes de repositorio oficiales, por ello se debe agregar una que proporcione los paquetes de php 7.0, además se requiere conocer la versión de raspbian que está instalado.

<b>Comando</b>
----------------

### **Cat /etc/os-release**

```
root@pihome:~# cat /etc/os-release
PRETTY_NAME="Raspbian GNU/Linux 8
(jessie)" NAME="Raspbian GNU/Linux"
VERSION_ID="8"
VERSION="8
(jessie)"
ID=raspbian
ID_LIKE=debian
HOME_URL="http://www.raspbian.org/"
SUPPORT_URL="http://www.raspbian.org/RaspbianForums"
BUG_REPORT_URL="http://www.raspbian.org/RaspbianBugs"
"
```

Es muy importante elegir el repositorio correcto para la versión de raspbian. Proceda a modificar el archivo `/etc/apt/sources.list`, mis archivos `sources.list` se ven así para Raspbian jessie.

```
deb http://repozytorium.mati75.eu/raspbian jessie-backports main contrib non-free
```

```
#deb-src http://repozytorium.mati75.eu/raspbian jessie-backports main contrib non-free
```

```
deb http://mirrordirector.raspbian.org/raspbian/ jessie main contrib non-free rpi
```

Agregue los certificados para utilizar las Fuentes que se configuró  
**sudo gpg --keyserver pgpkeys.mit.edu --recv-key CCD91D6111A06851**

```
sudo su
```

```
gpg --armor --export CCD91D6111A06851 | apt-key add -
```

## Agregar repositorios de Fuentes para php 7

```
root@raspberrypi:~# echo "deb http://repozytorium.mati75.eu/raspbian jessie-backports main contrib non-free" >> /etc/apt
/sources.list
root@raspberrypi:~# echo "#deb-src http://repozytorium.mati75.eu/raspbian jessie-backports main contrib non-free" >> /et
c/apt/sources.list
root@raspberrypi:~# sudo gpg --keyserver pgpkeys.mit.edu --recv-key CCD91D6111A06851
gpg: directory '/root/.gnupg' created
gpg: new configuration file '/root/.gnupg/gpg.conf' created
gpg: WARNING: options in '/root/.gnupg/gpg.conf' are not yet active during this run
gpg: keyring '/root/.gnupg/secring.gpg' created
gpg: keyring '/root/.gnupg/pubring.gpg' created
gpg: requesting key 11A06851 from hkp server pgpkeys.mit.edu
gpg: /root/.gnupg/trustdb.gpg: trustdb created
gpg: key 11A06851: public key "Mateusz Łukasik <mati75@linuxmint.pl>" imported
gpg: Total number processed: 1
gpg:      imported: 1 (RSA: 1)
root@raspberrypi:~# sudo su
root@raspberrypi:~# gpg --armor --export CCD91D6111A06851 | apt-key add -
OK
```

Después de agregar correctamente la fuente y los certificados ahora es hora de actualizar la lista de paquetes, mediante el siguiente comando:

Comando
---------

<b>1 sudo apt-get update</b>
------------------------------

### Paso 4: Instalar php 7 sobre raspberry pi

Para instalar php 7 con algunos paquetes de uso común requeridos para la construcción de una página web ejecute el siguiente comando:

Comando
---------

apt-get install libapache2-mod-php7.0 php7.0 php7.0-opcache php7.0-mbstring php7.0-mysql php7.0-curl php7.0-gd
---



## Instalación php sobre raspberry pi

```
root@pihome:~# apt-get install libapache2-mod-php7.0 php7.0 php7.0-fpm php-pear php7.0-opcache
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following extra packages will be installed:
  libapparmor1 libonig2 libperl4-corelibs-perl libqdbm14 lsof php-common php5-cli php5-common php5-json
  php5-readline php7.0-cli php7.0-common php7.0-json php7.0-readline
Suggested packages:
  php5-dev php5-user-cache
The following NEW packages will be installed:
  libapache2-mod-php7.0 libapparmor1 libonig2 libperl4-corelibs-perl libqdbm14 lsof php-common php-pear
  php5-cli php5-common php5-json php5-readline php7.0 php7.0-cli php7.0-common php7.0-fpm php7.0-json
  php7.0-opcache php7.0-readline
0 upgraded, 19 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 7,340 kB of archives.
After this operation, 28.0 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n]
```

Una vez que php 7 está configurado exitosamente, podemos verificar la instalación de php y apache mediante el siguiente comando:

Comando
---------

pi@raspberrypi:~# php -v
--------------------------

PHP 7.0.25-1+0~20171027135525.8+jessie~1.gbp75b787 (cli) (built: Oct 30 2017 19:44:10) ( NTS ) Copyright (c) 1997-2017 The PHP Group
--

Zend Engine v3.0.0, Copyright (c) 1998-2017 Zend Technologies
---

with Zend OPcache v7.0.25-1+0~20171027135525.8+jessie~1.gbp75b787
---

### Paso 5: Instalar el servidor Mariadb sobre raspbian

Con la nueva versión de Mariadb ya se tiene en los repositorios oficiales para instalar, para ello ejecute el siguiente comando:

Comando
---------

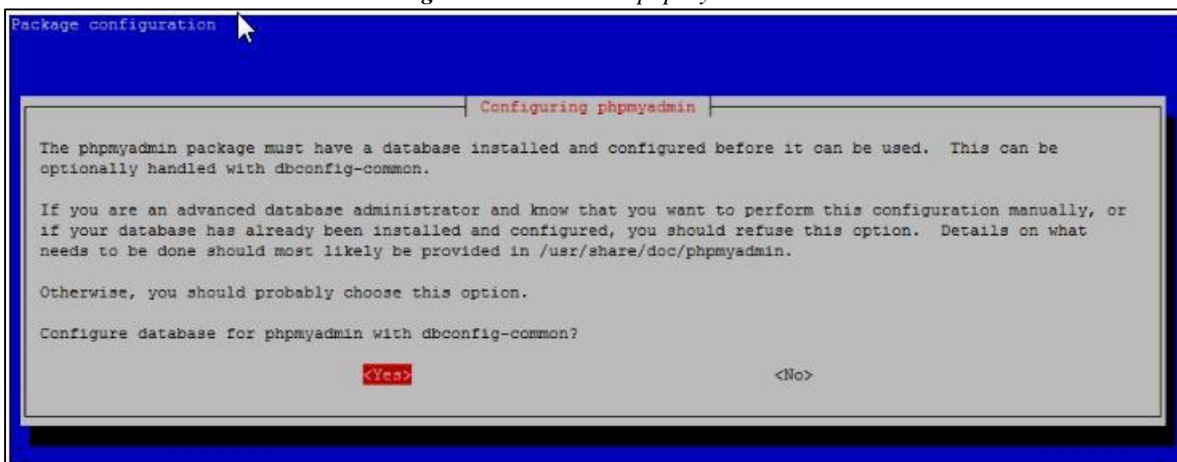
<b>sudo apt-get install mariadb-server mariadb-client</b>
---

Durante el proceso de instalación se desplegará un prompt solicitando la clave del usuario root administrador del servidor Mariadb.

**Paso 6:** Instalar phpMyAdmin sobre Raspberry Pi con PHP y el servidor Mariadb

Comando
sudo bash
apt-get install phpMyAdmin

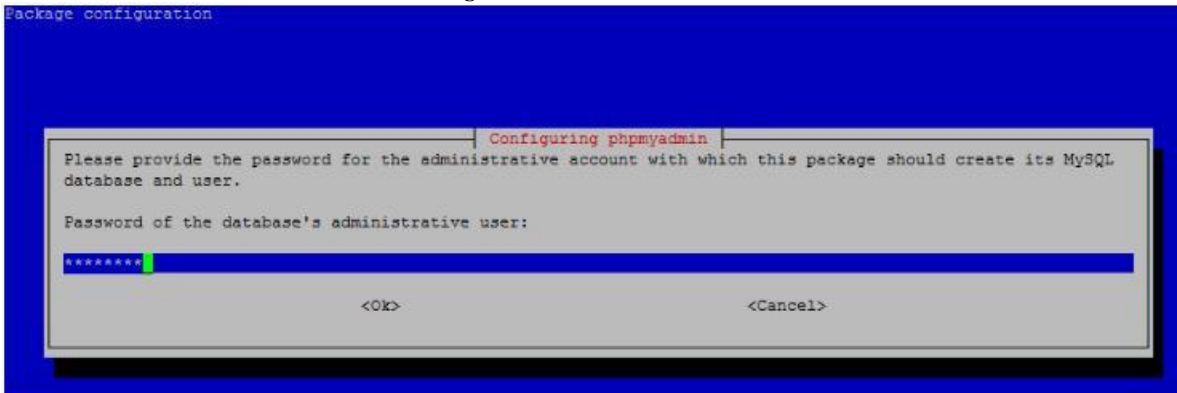
*Figura 41 Instalación phpMyAdmin*



Fuente:<http://www.pihome.eu/2017/11/02/install-apache-php-7-0-mysqlemariadb-raspberry-pi-lamp/>

Durante el proceso de instalación se va a requerir del ingreso de la clave del usuario administrador de la base de datos como se indica en la siguiente figura:

*Figura 42 Clave del usuario*



Fuente:<http://www.pihome.eu/2017/11/02/install-apache-php-7-0-mysqldb-raspberry-pi-lamp/>

Se requerirá de un proceso de confirmación de la clave, para lo cual reingrese la clave registrada en el paso anterior.

### **Paso 7:** Configuración de Apache para phpMyAdmin

Para configurar que funcione Apache con phpMyAdmin, edite el archivo `apache2.conf` con el siguiente comando:

<b>Comando</b>
<code>nano /etc/apache2/apache2.conf</code>

Vaya al final y agregue la siguiente línea:

<b>Include /etc/phpmyadmin/apache.conf</b>
--

Proceda a reiniciar el servicio del servidor web Apache

<b>Comando</b>
<code>/etc/init.d/apache2 restart</code>

Para verificar el proceso de instalación de phpMyAdmin, proceda a abrir un explorador y digite lo siguiente: `http://127.0.0.1/phpmyadmin` Debería ver la siguiente pantalla:

*Figura 43 Login phpMyAdmin*



*Fuente: Autor.*