



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LOPEZ MATEOS”
ZACATENCO**

**“PROTOTIPO DE MONITOREO DEL PROCESO DEL SECADO
DEL CAFÉ PERGAMINO EN UN INVERNADERO”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTAN:

**Orlando Dávila Tobón
José Eduardo Martínez Castañeda**

ASESORES:

**Ing. Juan Manuel Cobilt Catana
Ing. Pedro Gustavo Magaña del Río**



CIUDAD DE MEXICO, NOVIEMBRE 2018

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. ORLANDO DAVILA TOBON
C. JOSE EDUARDO MARTINEZ CASTAÑEDA

“PROTOTIPO DE MONITOREO DEL PROCESO DEL SECADO DEL CAFÉ PERGAMINO EN UN
INVERNADERO”

DISEÑAR EL PROTOTIPO DEL MONITOREO DE SECADO DE CAFÉ PERGAMINO.

- ❖ ETAPAS DE TRANSFORMACIÓN DEL CAFÉ
- ❖ FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA
- ❖ DESARROLLO DEL PROYECTO
- ❖ RESULTADOS

CIUDAD DE MÉXICO, A 28 DE NOVIEMBRE DEL 2018.

ASESORES


ING. JUAN MANUEL COBILT CATANA


ING. PEDRO GUSTAVO MAGAÑA DEL RÍO


DR. SALVADOR RICARDO MENESES GONZÁLEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional Presente

Bajo protesta de decir la verdad los que suscriben **Orlando Dávila Tobón y José Eduardo Martínez Castañeda**, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“Prototipo de monitoreo del proceso del secado del café pergamino en un invernadero”** en adelante **“La tesis”** y de la cual se adjunta copia, **un impreso y un cd** por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**, en adelante **ELIPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; **para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de “La Tesis”** por un periodo de **1 año** contando a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **ELIPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **ELIPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autor de **“La Tesis”**.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales **“La Tesis”**, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de **“La Tesis”**, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **ELIPN** en caso de que el contenido de **“La Tesis”** o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, 14 de Enero de 2019

Atentamente



Orlando Dávila Tobón



José Eduardo Martínez Castañeda

Dedicatorias

Esta tesis está dedicada a mis padres **Andrés y Margarita** quienes con esfuerzo me han permitido llegar a culminar mi carrera profesional, gracias por inculcar en mí el ejemplo de dedicación, esfuerzo, de vencer las adversidades y culminar con éxito mis metas propuestas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi hermano **Rodrigo y mis amigos** por apoyarme cuando más los necesite, por estar conmigo en todo momento. A todas aquellas personas por sus consejos y palabras de aliento que me hicieron de mí una mejor persona.

Orlando Dávila Tobón

A mis padres **Irene y Jesús**; a mis hermanos **Mario, Felipe, Jesús e Irene**, porque gracias a su trabajo y apoyo, pude concluir mis estudios universitarios; sin la educación que recibí de parte de ellos no sé qué sería de mí y este logro es claro ejemplo de ello.

Quiero también dedicar este trabajo **a mis amigos**, porque con su compañía hicieron de este un camino más ameno y que llevaré por siempre en mi memoria.

Gracias a todos por su compañía y palabras de aliento.

José Eduardo Martínez Castañeda

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al **Instituto Politécnico Nacional**, a todas las autoridades y personal que lo conforman, por aceptarme en esta gran institución y por permitirme desarrollarme como persona y profesional.

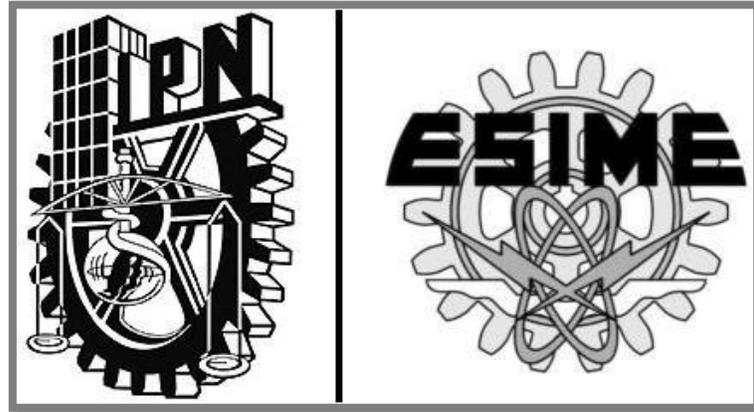
Finalmente, expreso mi más grande y sincero agradecimiento a mis profesores en especial al **Ing. Cobilt** y al **M.C Magaña** quienes con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitieron el desarrollo de este trabajo.

Orlando Dávila Tobón

Quiero agradecer al **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL** porque me brindó la satisfacción de pertenecer a una gran institución; agradezco de igual manera a la **ESIME Zacatenco** porque con apoyo de todos los profesores me brindaron una formación profesional excepcional que no cambiaría por nada; agradezco también a mi compañero **Orlando**, quien fué parte fundamental del desarrollo de este proyecto.

Por último, quiero dar un agradecimiento especial al **M.C Gustavo Magaña** y al **Ing. Juan Manuel Cobilt**, quienes fueron parte fundamental de este proyecto ya que sin sus consejos y apoyo no habría sido posible concluir esta tesis.

José Eduardo Martínez Castañeda



**“Prototipo de
monitoreo del
proceso de secado
del café pergamino
en invernadero”**

Objetivo

Diseñar el prototipo del monitoreo de secado del café pergamino.

Objetivos específicos

1. Analizar el estudio de las etapas de transformación del café.
2. Estudio de las condiciones climatológicas en un invernadero.
3. Describir las características técnicas de los dispositivos del prototipo.
4. Diseñar un prototipo con un óptimo desempeño en el proceso de secado del café.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
OBJETIVO	VII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VII
ÍNDICE	VIII
INTRODUCCION.....	XII
JUSTIFICACIÓN.....	XIV
CAPITULO “I” “ETAPAS DE TRANSFORMACIÓN DEL CAFÉ”	2
1.1 MERCADO DEL CAFÉ EN MÉXICO	2
1.2 PROCESAMIENTO DEL CAFÉ (BENEFICIO)	3
1.2.1 <i>Proceso vía seca</i>	4
1.2.2 <i>Proceso vía húmeda</i>	5
1.3 SECADO DE CAFÉ PERGAMINO.....	7
1.4 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO DEL CAFÉ.....	7
1.4.1 <i>Temperatura de secado</i>	7
1.4.2 <i>Limite seguro de temperatura</i>	8
1.4.3 <i>Humedad relativa</i>	9
1.5 MÉTODOS PARA EL SECADO DEL CAFÉ PERGAMINO.....	10
1.5.1 <i>Secado por método natural</i>	11
1.5.2 <i>Secado por método mecánico</i>	12
1.6 IMPLEMENTACIÓN DE INVERNADEROS EN EL SECADO DEL CAFÉ PERGAMINO	15
1.6.1 <i>Condiciones climáticas en un Invernadero</i>	17
1.6.2 <i>Armazones de invernaderos</i>	17
1.6.3 <i>Sistema de monitoreo en un invernadero</i>	18
1.6.4 <i>Ventilación en invernadero</i>	18
CAPITULO “II” “FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA”	21

2.1 DEFINICIÓN DE TRANSDUCTOR Y SENSOR.....	21
2.2 MÓDULO DHT22.....	21
2.2.1 proceso de comunicación entre el microcontrolador y el módulo DHT22.....	22
2.2.2 Envío de datos del sensor al microcontrolador	23
2.3 TRANSISTOR BJT (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR).....	25
2.4 DIAC Y TRIAC	27
2.5 NODEMCU	29
2.5.1 Características del NodeMCU.....	30
2.6 SERVIDOR WEB.....	30
2.7 PROTOCOLO HTTP.....	31
2.7.1 Solicitud HTTP:.....	31
2.7.2 Respuesta HTTP.....	32
2.8 SERVIDOR DHCP EN RED LOCAL WIFI	33
2.9 PLATAFORMA THINGSPEAK	35
CAPITULO “III” “DESARROLLO DEL PROYECTO”	37
3.1 PROPUESTA DE PROTOTIPO	37
3.2 MÓDULO DE SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	38
3.3 DISMINUCIÓN DE POTENCIA Y MANIPULACIÓN DE ACTUADORES	39
3.3.1 Disminución de potencia en actuadores.....	40
3.3.2 Transistor BJT como interruptor en actuadores.....	41
3.4 Servidor Web y NodeMCU	43
3.5 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL.....	45
3.6 COSTOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO	46
“RESULTADOS”	48
CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO.....	48
CIRCUITO DISEÑADO	49
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SECADO DEL CAFÉ PERGAMINO	50
<i>Secado del café pergamino</i>	<i>51</i>
CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO	54

CONCLUSIONES.....	54
TRABAJOS A FUTURO.....	55
REFERENCIAS	57
ANEXOS	61



“Introducción”

INTRODUCCION

El café es uno de los principales productos agrícolas y Latinoamérica es, junto con el Caribe, la región productora de café más importante en el mundo; estas razones son un gran motivo para el estudio del café.

En los últimos años, México ha implementado prácticas tecnológicas en la cafecultora que han transformado los procesos y provocado una reconversión productiva, incrementando rendimientos, reduciendo la edad promedio de crecimiento de las plantas y aumentando la densidad por hectárea en el cultivo.

El secado es una de las etapas determinantes en la calidad y los costos de producción en el proceso del café, representa entre el 45 y el 60% de los costos de procesamiento. El secado es la etapa del procesamiento del café donde se reduce el contenido de humedad adquirida en etapas anteriores, tiene el fin de llevar el grano de café a condiciones para ser almacenado sin sufrir daños en su aspecto físico y composición química. Un buen secado dará características de calidad a los granos, como puede ser: uniformidad de color, peso justo y sabor.



“Justificación”

JUSTIFICACIÓN

La calidad del café de México ha disminuido sustancialmente en los últimos ciclos además de los desordenados sistemas de mercadeo locales que a menudo mezclan cafés de diferente calidad, lo que da como resultado su calidad reducida y menores incentivos, es por ello que cada vez es más común el abandono de esta actividad de gran importancia económica.

En el proceso del café, el secado va a determinar índices de calidad en el producto final lo cual constituye un indicativo de la importancia de evaluar alternativas técnica y económicamente viables para realizar un secado eficiente, que permita mantener la calidad intrínseca del grano y un mayor impacto en la reducción de los costos de producción del café.

Un invernadero representa una combinación del secado natural y mecánico. Al utilizar un invernadero en el proceso de secado del café contribuye a proteger la integridad del producto por no entrar en contacto con residuos del medio ambiente además la temperatura en el interior la proporciona la energía solar, el invernadero permite la instalación de un sistema que proporcione una ventilación y aumento de temperatura esto en caso que las condiciones al interior del invernadero no sean las ideales para el grano del café.



CAPÍTULO I “ETAPAS DE TRANSFORMACION DEL CAFÉ”

CAPITULO “I” “Etapas de transformación del café”

1.1 Mercado del café en México.

En el ciclo cafetalero 2014/15 se destinaron 727,385 hectáreas al cultivo del café en México. La producción de café se agrupa en cuatro regiones:

- Vertiente del Golfo: comprende los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, México y Veracruz.
- Vertiente del Océano Pacífico: a esta pertenecen los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Nayarit y parte de Oaxaca.
- Región Soconusco: integrada por una gran proporción del estado de Chiapas, destacando la producción de café orgánico, el cual es altamente demandado en los mercados norteamericanos y europeos.
- Región Centro Norte de Chiapas [\[8\]](#).

La caficultura se practica a altitudes que van desde los 300 hasta casi los 2000 metros sobre el nivel del mar en zonas que exhiben una gran variedad de climas, suelo y tipos de vegetación. No obstante, la elevación más indicada para la producción del café se sitúa entre los 600 y 1200 metros, en zonas fundamentalmente semiáridas y justo en la franja de transición entre las regiones ecológicas tropical y templada.

Con base en la Tabla 1.1, la producción cafetalera se concentra en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, representando el 94% del total de la producción. Aproximadamente, el 80% de la producción de café se destina a los mercados de exportación, en los años buenos los ingresos generados por las ventas de café son de alrededor de 800 millones de dólares, sólo superadas por las ventas externas de petróleo [\[6\]](#).

Tabla1. 1 Indicadores de producción de café cereza y su ECV por estado [6]

Entidad	Producción (Toneladas)	Rendimiento (Toneladas/Ha)	Valor Producción (Miles de Pesos)	Producción ECV (Toneladas)	Producción ECV (Sacos de 60 Kg)
Chiapas	532,582.79	2.09	3,481,899,684.22	98,048.49	1,634,141.53
Veracruz	369,455.21	2.65	2,584,749,838.42	68,016.70	1,133,611.74
Puebla	202,947.48	3.43	1,564,469,924.11	37,362.63	622,710.52
Oaxaca	117,439.81	0.94	440,579,491.44	21,620.67	360,344.48
Guerrero	48,447.37	1.03	186,851,849.40	8,919.16	148,652.68
Hidalgo	32,880.30	1.25	212,070,140.00	6,053.26	100,887.72
San Luis Potosí	11,829.87	0.70	18,784,136.00	2,177.88	36,297.98
Nayarit	10,785.20	0.58	90,265,603.59	1,985.56	33,092.59
Jalisco	5,311.38	1.33	33,419,020.20	977.83	16,297.08
Colima	2,043.58	0.82	16,366,251.20	376.22	6,270.38
Tabasco	953.68	0.92	7,131,360.75	175.57	2,926.21
Querétaro	108.00	0.40	972,000.00	19.88	331.38
Nacional	1,336,882.11	1.92	8,647,580,349.05	242,510.41	4,041,840.25

Los canales de distribución del café desde su producción hasta su consumo final o como insumo, es largo y atraviesa a muchas instancias antes de llegar a su destino final. Este proceso inicia con los productores pequeños, medianos y los cafetaleros agroindustriales. De aquí el grano es trasladado hacia organizaciones campesinas, o vendido a comerciantes, beneficiadores, acopiadores o prestamistas locales, quienes a su vez lo venden a beneficiadores e industrializadores mayores, nacionales y extranjeros, o se dirige a beneficios colectivos. [8]

1.2 Procesamiento del café (beneficio)

Los granos del café son las semillas de frutos que parecen cerezas y tienen una piel roja (el epicarpio) cuando maduran. Por debajo de la pulpa (el mesocarpio), se encuentran dos granos aplanados el uno contra el otro, cada una de ellos recubierto por una especie de pergamino (el endocarpio). Cuando el fruto está maduro, una capa delgada y viscosa de mucílago recubre el pergamino. Por debajo del pergamino los granos están recubiertos de otra membrana más delgada, una piel plateada (la semilla revestida). Cada cereza contiene

en general dos granos de café (Figura 1.1); cuando hay sólo uno, toma una forma más redondeada y se llama caracol. Hay que quitar los granos de café del fruto y secarlos para poder tostarlos, y eso puede hacerse con dos métodos: proceso vía seca y proceso vía húmeda [19].

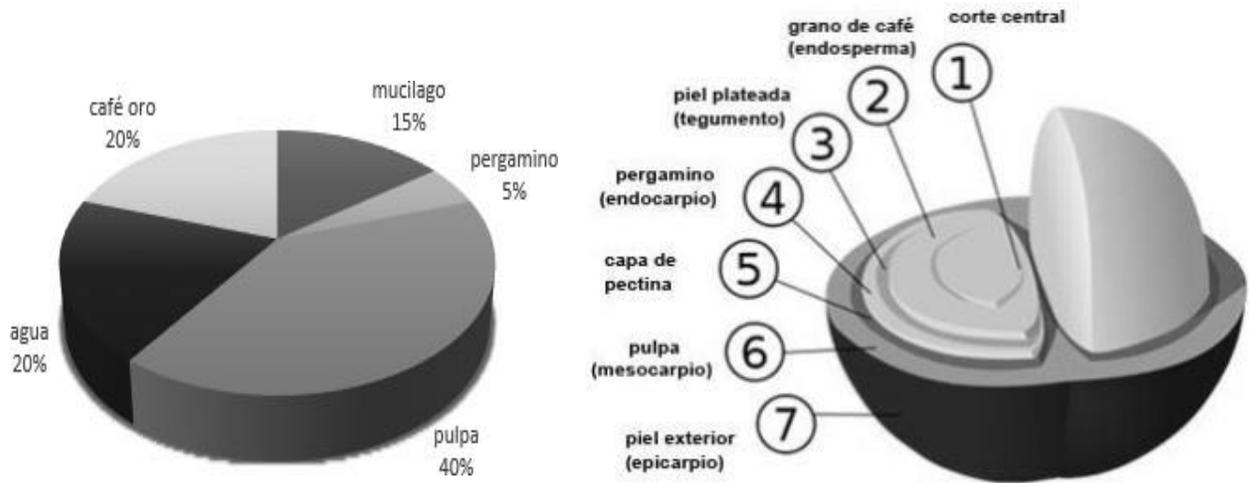


Figura1. 1 Subproductos del fruto de café.

Existen en el mundo principalmente dos métodos del proceso de transformación del grano de café cereza:

- Proceso vía seca.
- Proceso vía húmeda.

1.2.1 Proceso vía seca.

Es el método más antiguo y aún se utiliza en muchos países donde el agua escasea como en Brasil y en la mayoría de los países del Continente Africano. El proceso vía seca se describe en tres etapas básicas, limpieza, secado y descascarillado o pelado de la cubierta

1.2.2 Proceso vía húmeda.

En Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, El Salvador y algunos países del centro de África como Kenia, se utiliza el proceso por vía húmeda, el cual se divide en dos beneficiados; húmedo y seco.

Beneficiado húmedo

Consiste en la transformación del café cereza en café pergamino. Una vez que se ha efectuado el corte del café con una madurez idealmente homogénea, se procede a separar los granos defectuosos de los buenos; posteriormente se procede a efectuar el beneficiado húmedo [23].

- **Despulpado.** El fruto es sometido a la eliminación de la pulpa adherida a los granos.
- **Fermentado.** Los granos se introducen en tanques de fermentación para que el mucílago, que es un material gelatinoso, se descomponga de manera que se permita una mejor remoción.
- **Lavado.** consiste en retirar la miel que queda adherida al café pergamino por medio del paso de una corriente de agua.
- **Secado.** Los granos se exponen al sol, removiéndolos varias veces al día o secados a través de máquinas. Esta fase produce el grano de pergamino.

El proceso de beneficiado húmedo termina cuando disminuye la humedad del café hasta el punto comercial (10-12%). En la Figura 1.2 se puede observar que la etapa del secado concentra el mayor tiempo del proceso de beneficiado húmedo [24].



Figura1. 2 Distribución de tiempo requerido en el proceso de beneficio húmedo.

Beneficiado seco

El beneficiado seco es el segundo proceso de transformación, la materia prima lo constituye el café pergamino obtenido del beneficiado húmedo para obtener el café oro que será utilizado por los tostadores como materia prima.

- Almacenado. Los granos se almacenan en bodegas, esta constituye una de las labores primordiales para la conservación de los mismos.
- Trilla. Los granos se someten a un proceso de descascarillado que elimina el pergamino. En esta fase el producto se convierte en café oro.
- Tueste. Es la etapa final en la que el café es tostado para maximizar las características propias del grano. Existen diferentes tipos de tueste según las características que se quieran resaltar. Un tostado claro revelará características del grano y preservará su acidez, mientras un tostado oscuro desarrolla sabores más dulces y amargos [3].

1.3 Secado de café pergamino

El secado de café es uno de los procesos más importantes del beneficiado húmedo, consiste en eliminar la humedad adquirida en la etapa del lavado; la humedad inicial varía de 48 a 56% y se busca reducirla al rango de 10 a 12%. En su resolución N°407 de enero del 2002, la Organización Internacional del Café (OIC) solicitó a sus países miembros NO comercializar café cuyo contenido de humedad se halle fuera del rango del 8% al 12%; además se estipula la utilización de una norma internacionalmente aceptada para la determinación del contenido de humedad, el cual se expresa “en base húmeda”. [\[18\]](#).

El proceso de secado se realiza para evitar la germinación de la semilla, reducir el contenido de humedad hasta un nivel adecuado para inhibir la formación de hongos y para evitar que el fruto sufra daños en su aspecto físico y composición química. Un buen secado dará características a los granos que afectan a la calidad del café, como pueden ser: uniformidad de color, peso justo y sabor.

1.4 Variables que intervienen en el proceso de secado del café

1.4.1 Temperatura de secado

La temperatura de secado es la temperatura del aire caliente y atraviesa la masa de café que está siendo secada, la temperatura aire es muy diferente a la temperatura del café, una forma de medir la temperatura del café es utilizando un detector de temperatura y humedad electrónico.

1.4.2 Limite seguro de temperatura

La temperatura del café se eleva o disminuye en el transcurso del secado; por estas razones es imposible especificar niveles seguros de temperatura del café o combinaciones seguras de tiempo y temperatura, a veces la superficie de los granos estará considerablemente más caliente que su centro.

Las altas temperaturas pueden provocar daños irreversibles, dañan el embrión y el grano muere, lo cual se distingue por la aparición de un punto negro en el embrión y el grano empieza adquirir un color grisáceo esto ocurre cuando se trabaja con temperaturas superiores a los 65°C. En la Figura 1.3 se observa algunos de los defectos más comunes del grano de café ocasionados durante el beneficiado. [\[18\]](#)

Como una guía aproximada, puede definirse que:

- El café tolera 40°C por un día o dos
- El café tolera 50°C por pocas horas: 4 a 20 horas
- La café tolera 60°C en un período menor a 4 horas

<p>Negro o parcialmente negro</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermentación muy prolongada. • Interrupciones prolongadas durante el secado o mal secado. 	<p>Aplastado</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pisar el café durante el proceso de secado. • Trilla del café húmedo. 	<p>Cardenillo</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermentaciones prolongadas. • Interrupciones largas del proceso de secado. • Almacenamiento del café húmedo. 
<p>Decolorado veteadado</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rehumedecimiento del grano después de secado. 	<p>Cristalizado.</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas en el secado superiores a 50 grados centígrados. 	<p>Decolorado sobresecado</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demasiado tiempo en el secado. 

Figura 1. 3. Defectos del café [8]

1.4.3 Humedad relativa

Da aquí en adelante la humedad relativa se identificará por las siglas HR.

El contenido de HR en el grano de café es crucial ya que modifica sus características, cuando la HR es excesiva se desarrollan hongos y moho, si es muy baja los cultivos transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.

El grano de café contiene 55% de HR y las condiciones a las cuales tiene que llegar el grano es de 10 a 12% de HR, esto se adquiere gracias al secado el cual determinan la humedad final que puede alcanzar la masa de granos, ya que cada combinación de temperatura y humedad relativa del aire corresponde a un contenido de humedad en equilibrio con el producto. En la Tabla 1.2 se analiza que al disminuir la HR, disminuye el contenido de agua en el grano, este contenido vario conforme a las etapas del proceso vía húmeda.

Tabla 1. 2 Peso del grano al disminuir su porcentaje de humedad

% Humedad	Peso Total (Kg)	Material de Café (Kg)	Agua (Kg)	Etapas de Secado
55	45.35	20.41	24.94	Café lavado escurrido
50	40.82	20.41	20.41	Seco superficial
30	33.69	20.41	13.28	Grano blando
15	24.01	20.41	3.60	Grano oscuro y consistente
10	22.67	20.41	2.26	Café pergamino seco

1.5 Métodos para el secado del café pergamino.

El mecanismo del secado de café es más complicado que el de cualquier otro grano, debido a su alto contenido de humedad (55%), por la volatilización de componentes aromáticos que ocurre si se emplean altas temperaturas. Los métodos utilizados se dividen en dos clases:

- Método natural
- Métodos mecánicos

1.5.1 Secado por método natural

En el método natural, el café es esparcido en un patio de cemento (Figura 1.4) expuesto a la radiación solar, de esta forma tienen que pasar entre 8 y 15 días para llegar al nivel óptimo de humedad (de 10 a 12 %). Aunque este procedimiento es simple y barato tiene varios inconvenientes notables, a destacar:

- Requiere características específicas del aire como: alta temperatura y baja humedad
- Alto trabajo operativo como: guardar en caso de lluvias ya que el grano está expuesto a contaminantes.

Existen alternativas al secado en patios para aprovechar mejor la radiación solar: el uso de bandejas o camas africanas (Figura 1.5), marquesinas, parabólicos que dan practicidad al sistema.



Figura1. 4. Café en patio de cemento.



Figura1. 5. Camas africanas.

Marquesinas

Estructuras de metal o madera con techo plano inclinado de vidrio o plástico. No tienen paredes o están hechas de mampostería, igual que el suelo (Figura 1.6).



Figura1. 6. Marquesina

Parabólicos

La diferencia con el anterior es el techo parabólico, normalmente de plástico semitransparente, para aprovechar mejor la radiación solar (Figura 1.7).



Figura1. 7. Marquesina

1.5.2 Secado por método mecánico

Dentro de los tipos de secado mecánico se tienen aquellos que incrementan el flujo másico de aire mediante ventiladores y los cuales calientan el aire quemando combustibles fósiles o biomasa o calentando resistencias eléctricas. La principal diferencia existente entre ellos es la configuración del contenedor del producto y de las vías de circulación de aire. El

secado en máquina demora normalmente entre 10 y 30 horas, acelera la extracción de humedad en la parte más lenta del proceso de secado y ayuda a prevenir fermentaciones no deseadas. A continuación, se describen los más utilizados.

Secadora rotatoria horizontal

La secadora Guardiola es una secadora rotatoria horizontal (Figura 1.8) que se encuentra constituida por dos cilindros, uno en el interior del otro, el aire caliente fluye de la fuente calentamiento a través del interior del cilindro interior saliendo por los barrenos de dicho cilindro para después pasar a través del producto (quitándole humedad); hasta salir a la atmosfera por los barrenos del cilindro exterior, es capaz de manejar 287.5, 575 y 862.5kg en un proceso. El consumo de energía eléctrica y gas LP es considerable debido a que el peso de contenedor es grande y la rotación es necesaria durante todo el proceso.

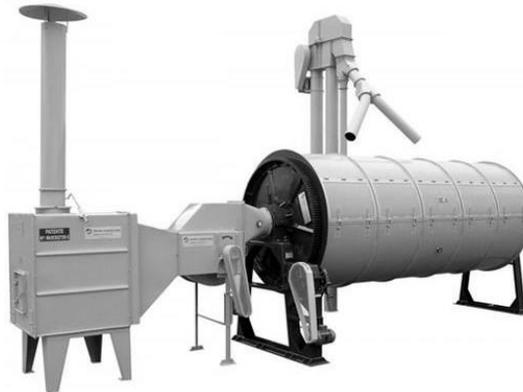


Figura1. 8. Secadora tipo Guardiola

Secadores de flujos cruzados

Los secadores de flujos cruzados (Figura 1.9) se caracterizan por el paso del aire perpendicular a una capa de granos, que se mueven entre planchas perforadas. En el secador de flujos cruzados convencional, aire y granos se mueven en direcciones perpendiculares. Los granos próximos a la entrada de aire tienden a resecarse y recalentarse; los que quedan cerca de la salida, en la columna, tienden a quedar húmedos.

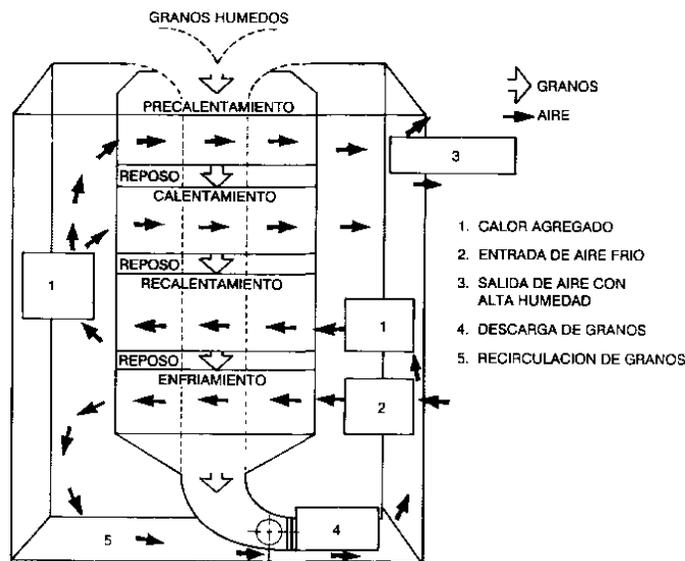


Figura1. 9. Secador de flujos cruzados

Secadores de flujos paralelos

En un secador de flujos paralelos (Figura 1.10), aire y granos fluyen en la misma dirección donde la temperatura del café permanece muy por debajo de la temperatura inicial del aire de secado, aunque las temperaturas alcanzan valores muy próximos a medida que el aire y el producto se mueven hacia abajo. En virtud de la reducción de temperatura del aire y la humedad relativa, se tiene un equilibrio del café [\[31\]](#).

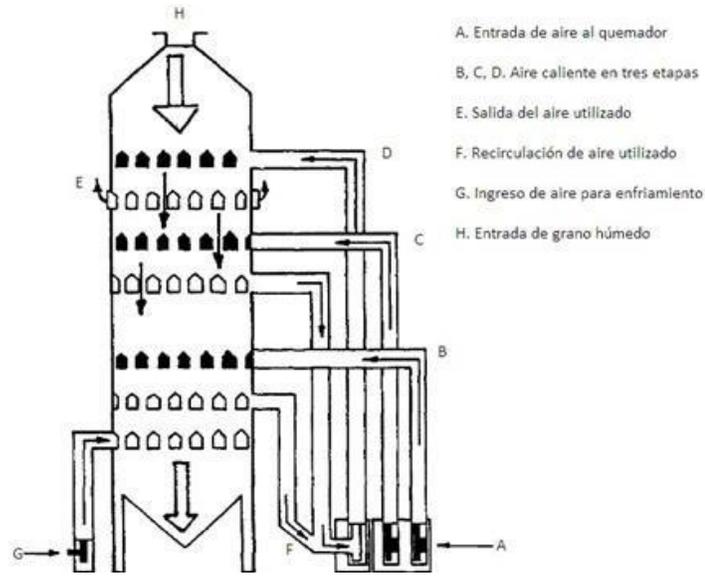


Figura1. 10. Secador de flujos paralelos

1.6 Implementación de invernaderos en el secado del café pergamino.

Los invernaderos son recintos con estructuras de distintos materiales acondicionados con una cubierta protectora transparente, en general de vidrio o plástico traslúcido, que al permitir atravesar los rayos solares, posibilita mantener dentro del mismo óptimas condiciones de temperatura y humedad, los invernaderos dan la posibilidad de obtener:

- Rápido crecimiento y aumento de calidad del cultivo.
- Protección de las condiciones meteorológicas extremas.
- Control de clima interno
- Control de acceso de agentes biológicos y físicos.
- Mejor uso del suelo.
- Producción fuera de época.

Tipos de invernaderos

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas. Según las determinadas características de sus elementos constructivos por su perfil externo, su movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura, etc. La elección de un tipo de invernadero está en función de una serie de factores o aspectos técnicos, a continuación, se hace mención de algunos factores:

- Topografía. Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.
- Vientos. Se tomará en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- Requerimientos bioclimáticos. De acuerdo a la especie en cultivo.
- Características climáticas. De acuerdo a la zona o área geográfica donde vaya a construirse el invernadero.
- Disponibilidad de mano de obra. (factor humano).
- Imperativos económicos locales (mercado y comercialización). **[11]**

El invernadero más utilizado en el proceso de secado es el tipo domo; a continuación, se enlistan algunas características de este invernadero

- Se trata de un tipo de invernadero barato y sencillo.
- Ofrece una mejor capacidad de control del clima que el invernadero plano
- Permite la instalación de sistemas de climatización.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Reduce considerablemente el problema de la condensación y el goteo del agua en los cultivos debido a la cubierta curva, la cual favorece la evacuación hacia las paredes del agua proveniente de la condensación en la cubierta plástica.
- Permite la instalación de ventanas cenitales y laterales.
- Montaje rápido y sin soldaduras.

1.6.1 Condiciones climáticas en un Invernadero

Las condiciones climáticas de la zona son relevantes cuando se trata de instalar un invernadero de cualquier tipo y deben considerarse los siguientes aspectos:

Iluminación

A mayor luminosidad en el interior del invernadero debe aumentar la temperatura, por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores.

Temperatura.

La temperatura en el interior del invernadero va a estar en función de dos aspectos:

- De la radiación emitida por la radiación solar, aunque depende del área del invernadero y no del volumen, no importa qué tan alto esté el invernadero éste recibe aproximadamente la misma cantidad de radiación por unidad de área.
- Incremento de la temperatura mediante resistencias eléctricas.

Humedad relativa (HR)

La HR del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR es excesiva, los cultivos reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento; por el contrario, si es muy baja los cultivos transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse. El exceso puede reducirse mediante ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo.

1.6.2 Armazones de invernaderos

En un invernadero el material del armazón define al tipo de estructura, así como la rigidez y durabilidad del invernadero. Los materiales de armazón del invernadero pueden ser de distintas variedades, algunos tienen propiedades diferentes al ser sometidos a distintas temperaturas. Se puede hacer una clasificación de materiales y en base a las ventajas/desventajas poder elegir si la estructura es óptima para soportar dispositivos mecánicos o un sistema electrónico muy robusto:

- Madera: La madera más utilizada es la de eucaliptos, que tiene un coeficiente de trabajo de aproximadamente $50\text{kg}=\text{cm}^2$ a compresión.
- Hierro y otros metales: Es el material por excelencia para la construcción de invernaderos, ya que no tiene problemas al ser sometido a grandes cargas provocadas por elementos mecánicos o electrónicos de control de temperatura.
- Materiales plásticos: Son muy débiles y flexibles, siendo difícil la instalación de dispositivos mecánicos de control de temperatura.

1.6.3 Sistema de monitoreo en un invernadero

Un sistema de monitoreo en un invernadero es un grupo de dispositivos e instalaciones necesarias para administrar las variables que influyen en el cultivo dentro de la zona conocida como invernadero, mediante la prevención, atención y señalización de eventos no deseados, estos sistemas se basan en el empleo de un ordenador central al que se conectan un conjunto de sensores que recogen las variaciones de los distintos parámetros respecto a unos valores programados inicialmente, se trata de una pequeña estación meteorológica que registra valores de temperatura exterior e interior, humedad relativa, la iluminación, etc. Estos sistemas a su vez pueden estar conectados a los sistemas de regulación climática, los sensores se distribuyen en diferentes sectores, el controlador central recoge la información captada por los sensores y se envían las órdenes a los distintos sectores.

1.6.4 Ventilación en invernadero

Consiste en sustituir el aire caliente interior por aire más frío procedente del exterior y así puede evacuarse gran parte de la sobrecarga de calor disminuyendo la temperatura y, a la vez, modificar la humedad y la concentración de gases. La ventilación en invernaderos es uno de los aspectos más importantes al momento de modificar las temperaturas existentes en el interior del recinto. Existen básicamente dos maneras al momento de ventilar el interior del invernadero, estas pueden ser en forma forzada y no forzada. [\[25\]](#)

Ventilación natural o no forzada.

Los sistemas de ventilación natural (Figura 1.11) disponen de:

- Ventanas: aperturas abatibles, enrollables.
- Mallas anti insectos: elemento que cubre la superficie de la apertura de la ventana con el fin de evitar la intrusión de insectos plagas de los cultivos.
- Sistemas de tracción: conjunto de herrajes y moto reductores, empleados como sistema de apertura y cierre de ventanas.



Figura1. 11. Sistema de ventilación natural.

Ventilación forzada.

Los sistemas de ventilación forzada son un conjunto de pequeños ventiladores helicoidales distribuidos en el área del invernadero con distintas disposiciones. Su funcionamiento tiene el objetivo de generar pequeñas corrientes de aire que permitan mezclar y uniformar las condiciones del mismo.

Cuando las ventanas están cerradas, o la tasa de renovación del invernadero es baja o nula, una pequeña corriente de aire atravesando el dosel de los cultivos mejora sustancialmente el intercambio de gases, evitando condiciones de saturación por exceso de humedad en condiciones de baja temperatura y mejorando la transpiración en condiciones de elevada temperatura.



CAPÍTULO II

“Fundamentación técnica”

CAPITULO “II” “Fundamentación técnica”

2.1 Definición de transductor y sensor.

Un transductor se define como aquel dispositivo que es capaz de convertir una variable física en otra que tiene un dominio diferente. De acuerdo con esta definición, es posible afirmar que el concepto de transductor está relacionado con la definición de sensor, ya que la principal diferencia entre un transductor y un sensor radica en que el sensor no solo cambia el dominio de la variable física medida, sino que además la salida del sensor es un dato para un dispositivo de medición. De este modo, un sensor se define como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida. A diferencia del transductor, un sensor solo puede ser un dispositivo de entrada, ya que es el intermediario entre la variable física y el sistema de medida. [\[26\]](#)

2.2 Módulo DHT22

A continuación, se presenta una descripción del módulo DHT22 que contiene un sensor de humedad relativa y temperatura de bajo costo con una interfaz de comunicación digital. La comunicación y sincronización entre el módulo DHT22 y el microcontrolador se realiza través de una sola terminal. Una transmisión de datos completa es de 40 bits separados por donde se obtiene la temperatura y humedad relativa. En la Tabla 2.1 se muestran las características del módulo DHT22 [\[26\]](#).

Tabla 2.1. Características del modulo DHT22

Modelo	DHT22	
Alimentación	3.3V – 6V CD	
Señal de salida	Señal digital vía bus-simple	
Elemento sensor	Capacitor polímero	
Rango de Operación	0 – 99%HR;	Temperatura -40 - 80°C
Resolución	Humedad 0.1HR;	Temperatura 0.1°C
Exactitud	Humedad +- 2%HR;	Temperatura +-0.5°C
Sensitividad	Humedad 0.1%HR;	Temperatura 0.1°C
Periodo de sensado	2s	
Dimensiones	14 x 18 x 5.5mm	

2.2.1 proceso de comunicación entre el microcontrolador y el módulo DHT22

Cuando el microcontrolador envía la señal de inicio, el módulo dht22 pasa de estado en espera a estado funcional. Cuando el microcontrolador termina de enviar la señal de inicio, el DHT22 envía una señal de respuesta conformado por un dato de 40 bits que representa la temperatura y humedad relativa. Al término del envío de información el sensor está listo para realizar una nueva transmisión.

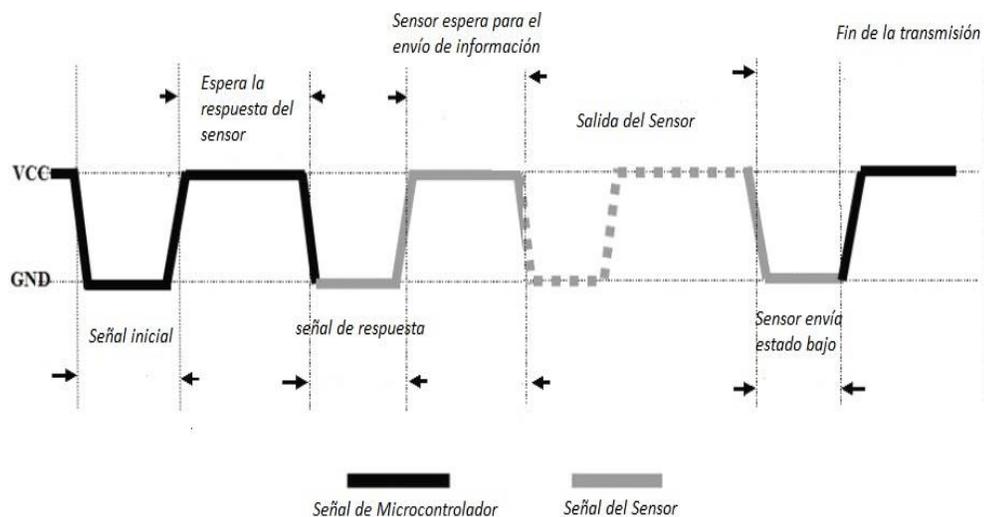


Figura 2.1 Diagrama general comunicación microcontrolador-dht22.

Cuando la comunicación entre el microcontrolador y el sensor inicia, el microcontrolador envía un pulso “bajo” y este proceso dura de 1 a 10ms para asegurar que el sensor detecte la señal del microcontrolador, luego el microcontrolador envía un pulso “alto” y espera un tiempo de 20 a 40us por la respuesta del sensor.

Cuando el sensor detecta la señal de inicio, envía un pulso de respuesta “bajo” de 80us y después envía un pulso “alto” de 80us para preparar el envío de la información. El proceso puede observarse mejor en la Figura 2.2.

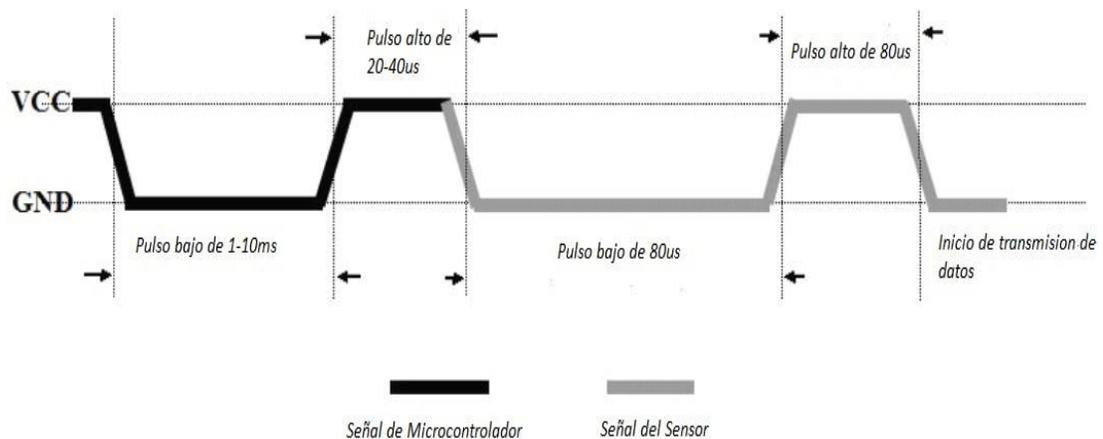


Figura 2.2 Microcontrolador y DHT22 Se preparan para envío de información.

2.2.2 Envío de datos del sensor al microcontrolador.

Cuando el sensor envía datos al microcontrolador, cada transmisión de bit empieza con un nivel bajo de voltaje de 50us y el siguiente valor de voltaje es “1” o “0” dependiendo de los valores de temperatura y humedad relativa detectados. Se puede observar la diferencia de tiempos entre lo que el microcontrolador detecta como un “0” o “1” en las figuras 2.3 y 2.4 respectivamente. [\[22\]](#)

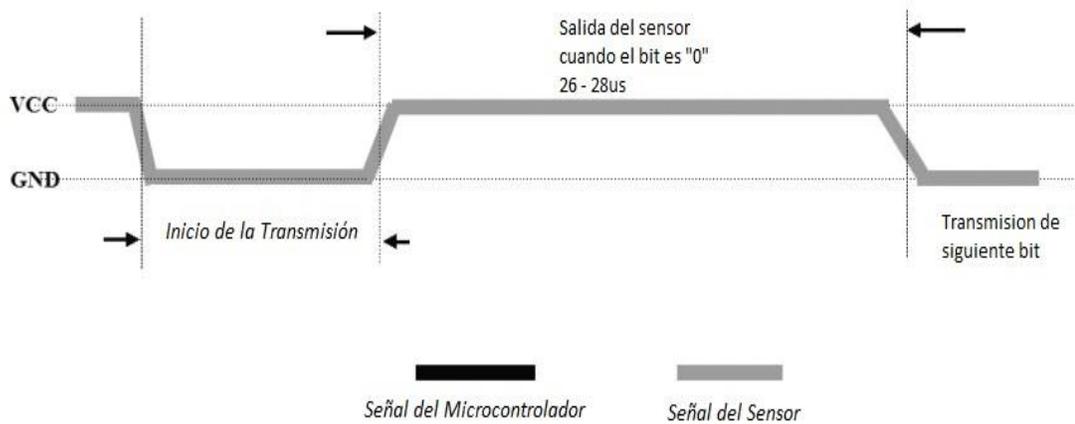


Figura 2.3 Tiempo cuando el bit es "0".

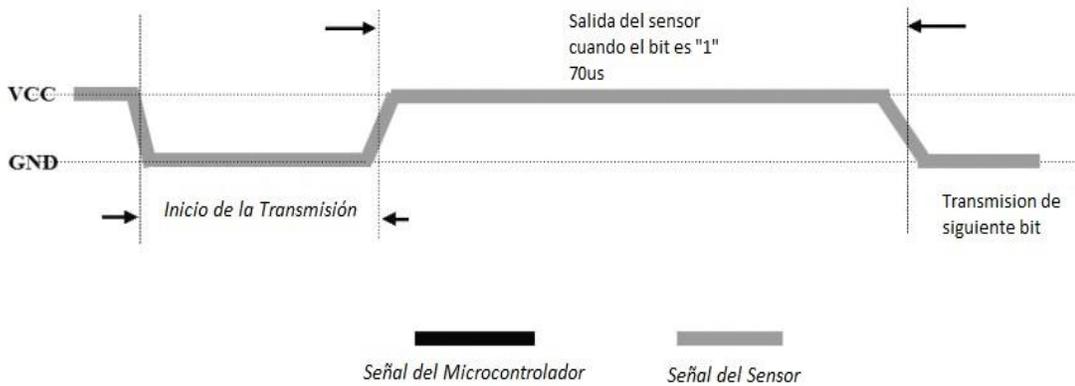


Figura 2.4 Tiempo cuando el bit es "1".

Ejemplo: el microcontrolador recibe un dato de 40 bits:

Humedad	Temperatura	Suma
0000 0010 1000 1100	0000 0001 0101 1111	1110 1110

0000 0010 1000 1100 ➡ 652

HR=652/10=65.2%HR

0000 0001 0101 1111 ➡ 351

T=351/10=35.1°C

2.3 Transistor BJT (bipolar junction transistor)

Consta de dos capas de material tipo n y una de material tipo p se muestran en la Figura 2.5 con la polarización de cd apropiada.

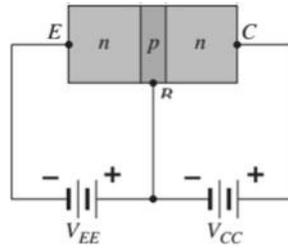


Figura 2.5

Configuración emisor común

Se llama configuración en emisor común porque el emisor sirve de referencia para las terminales de entrada y salida (Figura 2.6).

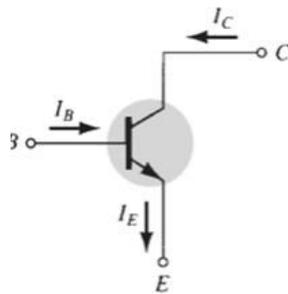


Figura 2.6. Configuración emisor común.

La característica que describe el comportamiento a la entrada, de la configuración en emisor común, se muestran en la Figura 2.7.

La característica que describe el comportamiento a la salida de la configuración en emisor

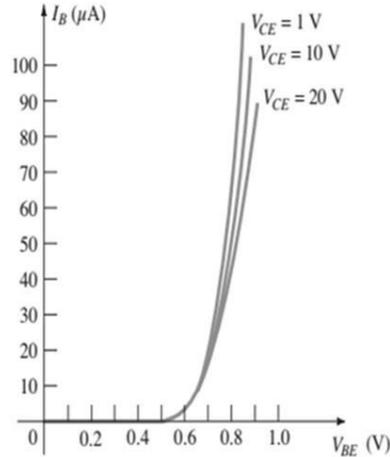


Figura 2.7 Grafica de característica de entrada.

común, se muestran en la [Figura 2.8.\[16\]](#)

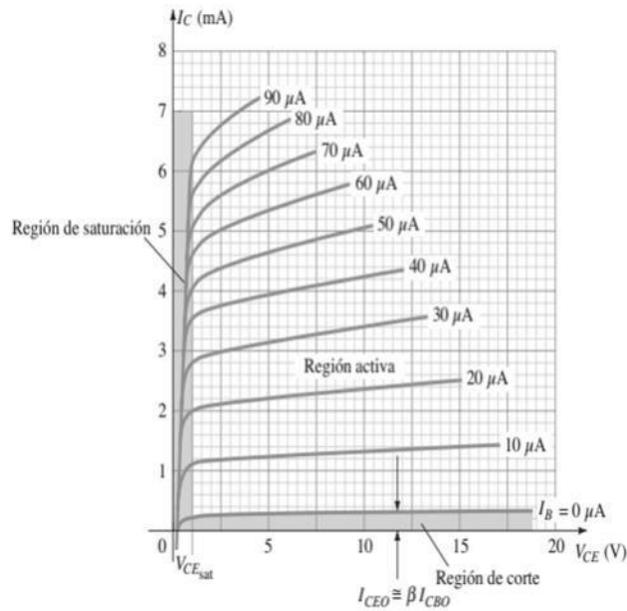


Figura 2.8 Grafica de característica de salida

La condición para corte es:

$$I_B = 0$$

La condición para saturación es:

$$I_B > 0$$

Las relaciones de corriente para la configuración en emisor son:

$$I_E = I_B + I_C$$

La expresión que relación la corriente de colector y la corriente de base es:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

Donde h_{FE} es el factor de amplificación de corriente directa en emisor común.

La acción de un transistor cuando trabaja en modo de corte o en modo de saturación puede ser similar a la de un interruptor. Cuando el transistor está en modo de corte equivale a un interruptor abierto; cuando está en modo de saturación, puede aproximarse a un interruptor cerrado.

2.4 DIAC y TRIAC

La diferencia entre los dos dispositivos, es que el DIAC tiene dos terminales, mientras que el TRIAC tiene una tercera terminal; la cual es la compuerta de disparo. [16]

DIAC (Diodo de Corriente Alterna)

Es un dispositivo semiconductor de cuatro capas y dos terminales que conduce corriente en una u otra dirección cuando se activa. En la figura 2.8 se muestra el símbolo del DIAC. [27].



Figura 2.7. Símbolo del DIAC

En un DIAC, la conducción ocurre cuando se alcanza el voltaje de ruptura con una u otra polaridad a través de las dos terminales. La característica del DIAC se muestra en la siguiente figura:

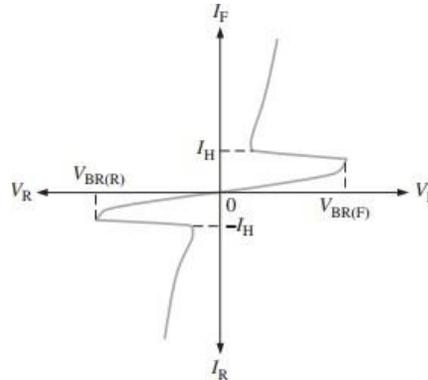


Figura 2.8.

TRIAC (Triodo para Corriente Alterna)

Un TRIAC puede ser disparado por un pulso de corriente en la compuerta y a diferencia del DIAC, no requiere de voltaje de ruptura para iniciar la conducción. El TRIAC puede conducir corriente en ambas direcciones cuando es activado, según la polaridad del voltaje a través de sus terminales A1 y A2. En la Figura 2.10 se ilustra el símbolo de un TRIAC. [16]



Figura2.9. Símbolo de un TRIAC.

Manipulación de fase (potencia)

Existe una aplicación del TRIAC y el DIAC en la que el circuito se encuentra modificando la potencia de CA a la carga mediante la conmutación de encendido y apagado durante las regiones positiva y negativa de la señal sinodal de entrada. La ventaja de esta configuración es que durante la parte negativa de la señal de entrada se obtiene el mismo resultado dado que tanto el DIAC como el TRIAC pueden dispararse en dirección inversa. Al variar el resistor R1 es posible controlar el ángulo de conducción. [22]

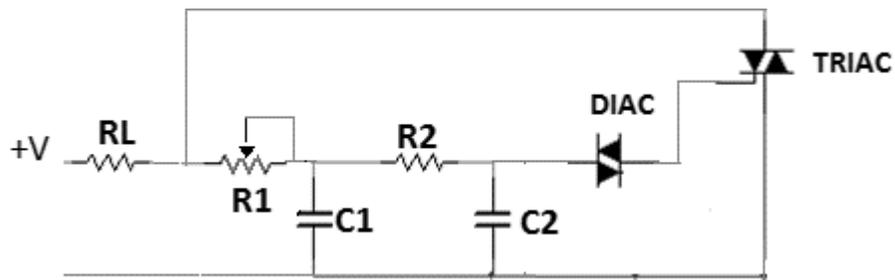


Figura 2.10. Aplicación de TRIAC y DIAC para control de fase (potencia).

2.5 NodeMCU

Es un dispositivo programable de tamaño compacto y de bajo costo compuesto por un chip CP2102 y un chip WI-FI ESP8622, que permite la conectividad hacia una red WIFI y realizar tareas simples. El ESP8622 tiene potentes capacidades de procesamiento y almacenamiento que le permiten integrarse con sensores y dispositivos específicos de aplicación a través de sus puertos de propósito general. Es posible programarlo desde el IDE de Arduino. En la Figura 2.12 se muestra la distribución de pines del NodeMCU

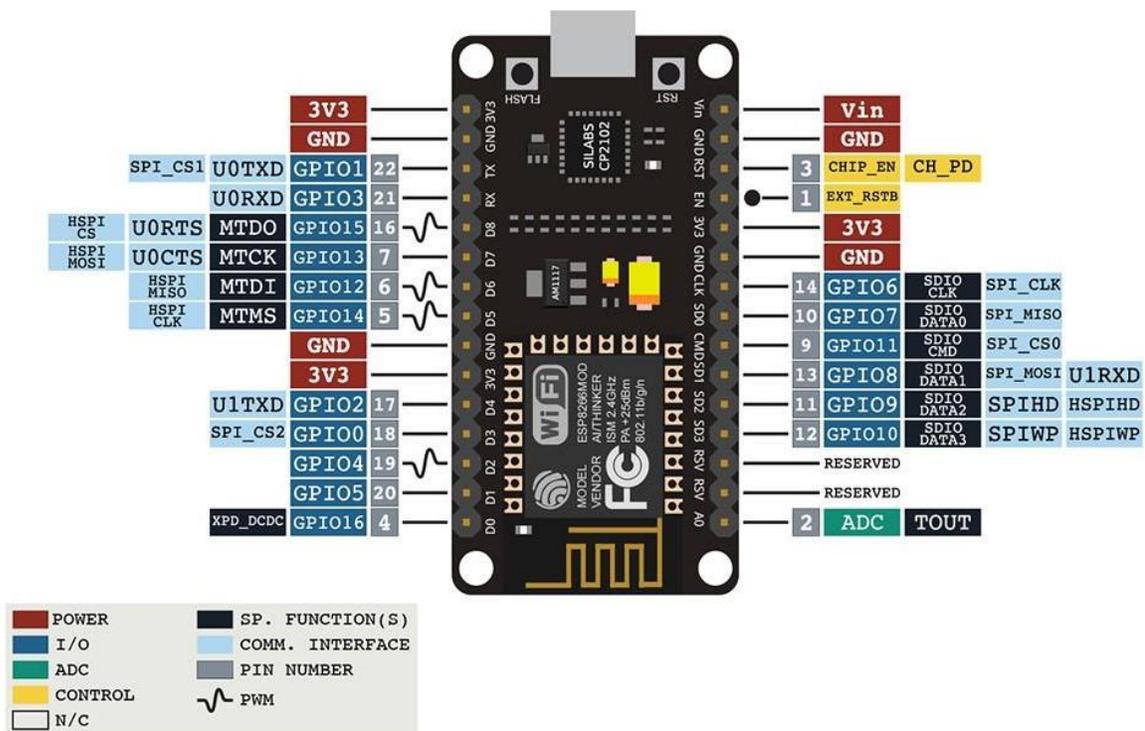


Figura 2.11. Distribución de pines NodeMCU

2.5.1 Características del NodeMCU

- CPU RISC de 32-bit: Tensilica Xtensa LX106 a un reloj de 80 MHz.
- RAM de instrucción de 64 KB, RAM de datos de 96 KB.
- Capacidad de memoria externa flash QSPI - 512 KB a 4 MB* (puede soportar hasta 16 MB).
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi.
- Tiene integrados: TR switch, balun, LNA, amplificador de potencia de RF y una red de adaptación de impedancias.
- Soporte de autenticación WEP y WPA/WPA2.
- 16 pines GPIO (Entradas/Salidas de propósito general).
- SPI, I²C.
- Interfaz I²S con DMA (comparte pines con GPIO)
- Pines dedicados a UART, más una UART únicamente para transmisión que puede habilitarse a través del pin GPIO2.
- 1 conversor ADC de 10-bit. [\[28\]](#)

2.6 Servidor web

Modelo TCP/IP

El servidor web es un programa informático que guarda y transmite datos en formato HTML. Cuando un cliente accede a un servidor web a través del navegador, envía una petición HTTP que recibe el servidor y este envía la información a través del protocolo HTTP al cliente en formato HTML. [\[12\]](#)

2.7 Protocolo HTTP

HTTP es un protocolo que permite la transferencia de mensajes con encabezados que describen el contenido. El propósito del protocolo HTTP es permitir la transferencia de archivos entre el cliente y un servidor web localizado mediante una cadena de caracteres denominada dirección URL. Un URL está compuesto de tres partes: Protocolo, dominio y ruta. (Figura 2.14)

Protocolo **Dominio** **Ruta**

http://ejemplodominio.ipn/ejemplo

Figura 2.12 URL

La comunicación entre el cliente y el servidor se lleva a cabo en dos etapas:

El navegador realiza una solicitud HTTP y el servidor procesa la solicitud y después envía una respuesta HTTP.

2.7.1 Solicitud HTTP:

Una solicitud HTTP es un conjunto de líneas que el navegador envía al servidor.

Comprende:

Una línea de solicitud

Una línea que especifica el tipo de documento solicitado, el método que se aplicará y la versión del protocolo utilizada. La línea está formada por tres elementos que deben estar separados por un espacio: el método, la dirección URL la versión del protocolo utilizada por el cliente.

Los campos del encabezado de solicitud

Un conjunto de líneas opcionales que permiten aportar información adicional sobre la solicitud y/o el cliente (navegador, sistema operativo, etc.). Cada una de estas líneas está formada por un nombre que describe el tipo de encabezado, seguido de dos puntos (:) y el valor del encabezado.

El cuerpo de la solicitud

Un conjunto de líneas opcionales que deben estar separadas de las líneas precedentes por una línea en blanco y, por ejemplo, permiten que se envíen datos por un comando POST durante la transmisión de datos al servidor utilizando un formulario. Se puede observar una solicitud HTTP en la figura 2.13.



Figura 2.13 Solicitud HTTP

2.7.2 Respuesta HTTP

Una respuesta HTTP es un conjunto de líneas que el servidor envía al navegador. Está constituida por:

Una línea de estado

Especifica la versión del protocolo utilizada y el estado de la solicitud en proceso mediante un texto explicativo y un código. La línea está compuesta por tres elementos que deben estar separados por un espacio: La línea está formada por tres elementos que deben estar separados por un espacio: la versión del protocolo utilizada, el código de estado y el significado del código.

Los campos del encabezado de respuesta

Permiten aportar información adicional sobre la respuesta y/o el servidor. Cada una de estas líneas está compuesta por un nombre que califica el tipo de encabezado, seguido por dos puntos (:) y por el valor del encabezado. Cada una de estas líneas está formada por un nombre que describe el tipo de encabezado, seguido de dos puntos (:) y el valor del encabezado.

El cuerpo de la respuesta

Contiene el documento solicitado en formato HTML.

HTML es un lenguaje que hace posible presentar información en internet. Lo que se visualiza en una página es la interpretación que hace el navegador del código HTML. Se puede observar una respuesta HTTP en la figura 2.14. [17]

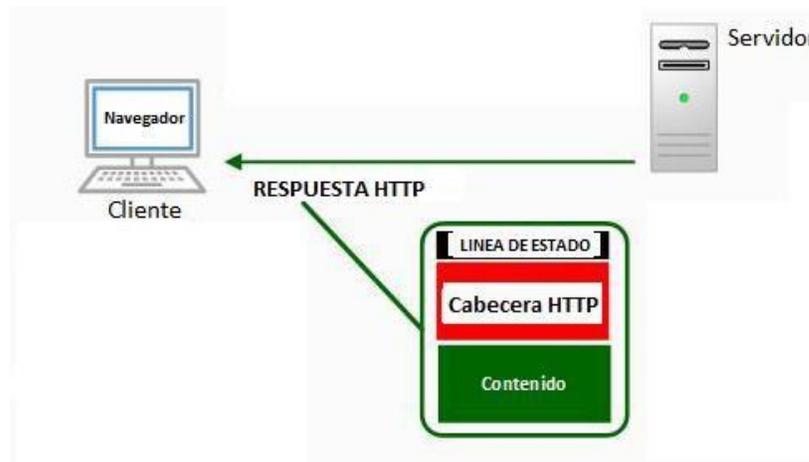


Figura 2.14 Respuesta HTTP

2.8 Servidor DHCP en red local WIFI

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) es un protocolo que permite que un equipo conectado a una red pueda obtener su configuración sin una intervención especial. El protocolo DHCP sirve para distribuir direcciones IP en una red, en este caso en una red WIFI.

Para conectarse a una red WIFI, se hace uso de un punto de acceso o Access Point, el cual es un dispositivo que permite interconectar redes inalámbricas con cableadas; puede actuar como punto central de una red inalámbrica.

Una red inalámbrica, como es el caso de una red WIFI, es aquella que cuenta con una interconexión de hosts relativamente cercanos sin necesidad de cables. El Access Point se encarga de ser una puerta de entrada a la red inalámbrica en un lugar específico y para una cobertura determinada, para cualquier dispositivo que solicite acceder, siempre y cuando esté configurado y tenga los permisos necesarios.

El servidor DHCP se encarga de proveer una dirección IP a los dispositivos que soliciten acceder a la red inalámbrica y el algoritmo para la resolución de direcciones IP es el siguiente:

- El primer mensaje emitido por el cliente es del tipo *DHCP discover* enviado a todos los servidores de la red, si es que hay más de uno, para conocer los servidores disponibles.
- El servidor responde con un mensaje *DHCP offer* a través de la dirección MAC, para enviarle una dirección IP al cliente.
- El cliente establece su configuración y luego realiza un DHCP request para validar su dirección IP.
- El servidor responde con un *DHCP ack* con la dirección IP para confirmar la asignación. Lo anterior se puede mostrar en la figura 2.16.

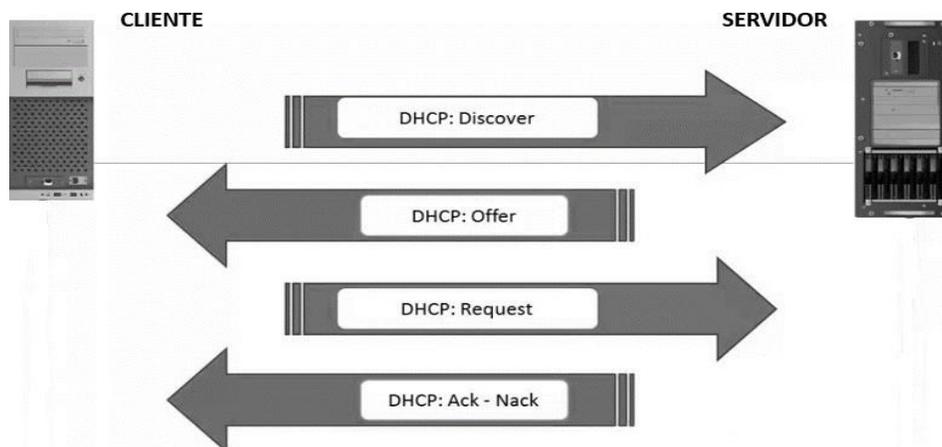


Figura 2.13. Solicitud cliente.

De esta manera el servidor DHCP provee una dirección a cualquier dispositivo que solicite conectarse a la red WIFI. [15]

2.9 Plataforma ThingSpeak

Es una plataforma de código abierto conformada por servidor un web, una base de datos y una API que permite almacenar y transmitir datos usando el protocolo HTTP. Permite visualizar datos provenientes de los sensores, llevando así un monitoreo de las variables a controlar en el sistema. ThingSpeak permite desarrollar una aplicación visual para mostrar los datos registrados y al estar desarrollada por mathworks, ofrece integración con Matlab.

Una API (Application Programming Interfaces) es una especificación formal sobre cómo un módulo de algún software se comunica con otro. Es un conjunto de comandos, funciones y protocolos informáticos que permiten a los desarrolladores crear aplicaciones específicas, permiten utilizar funciones predefinidas para interactuar con otras aplicaciones.

El protocolo sobre el cual basa su funcionamiento es HTTP, más específicamente, sobre una llamada HTTP, el cual utiliza el método POST del protocolo HTTP. POST consiste en enviar información desde el cliente para que sea procesada y actualice o agregue información al servidor.

Canal en ThingSpeak

Un canal de ThingSpeak es un espacio creado en la plataforma del mismo nombre cuyo propósito tiene visualizar de manera gráfica los datos provenientes de una fuente externa. [14]



CAPÍTULO III “Desarrollo del proyecto”

CAPITULO “III” “Desarrollo del proyecto”

3.1 Propuesta de prototipo.

Se propone el diseño de un prototipo de secadora de café que sea capaz de medir temperatura y humedad relativa; a partir de dichas condiciones, encender y apagar mecanismo que introduce aire caliente de manera forzada en el invernadero y así secar los granos de café pergamino. La temperatura y humedad relativa son monitoreadas desde un servidor web (figura 3.1 y 3.2)

- Para llevar a cabo la medición de temperatura y humedad relativa, se usan dos módulos DHT22 colocados en distinta ubicación.
- Para calentar el aire se usa una resistencia y un ventilador, ambos manipulados por la placa de desarrollo NodeMCU.
- El monitoreo es realizado cuando el NodeMCU se conecta a la red WIFI local y envía los datos hacia un servidor web.

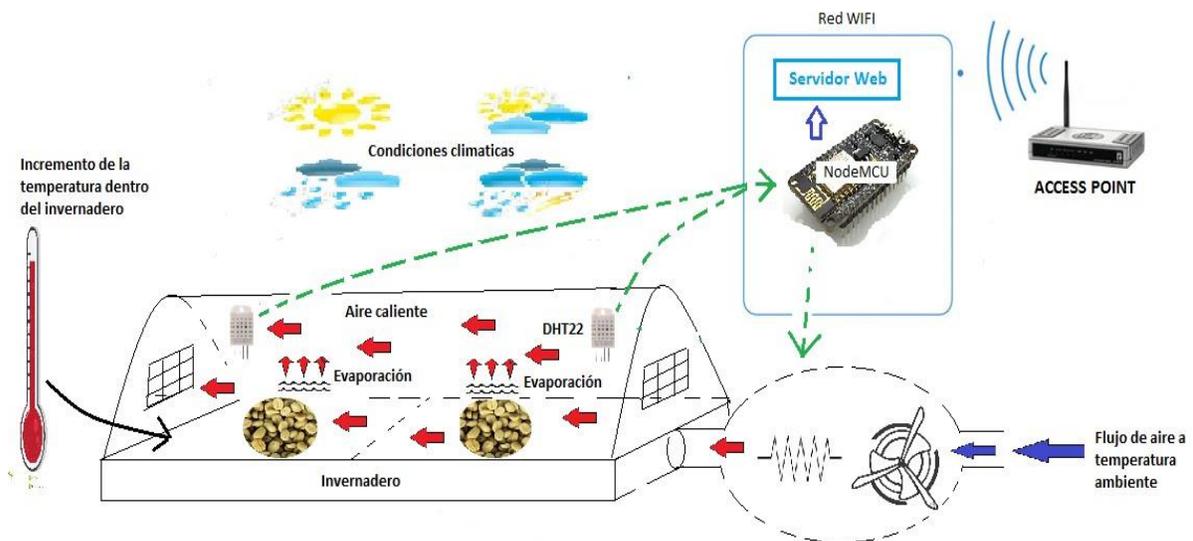


Figura 3. 1. Funcionamiento del prototipo

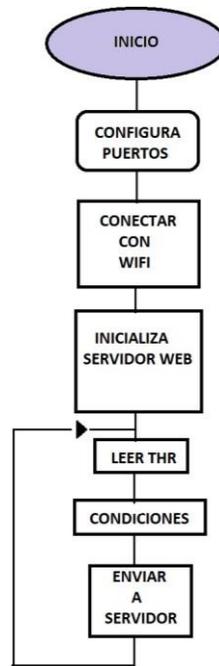


Figura 3. 2. Diagrama de flujo.

A continuación, se explica el funcionamiento los elementos y la función que desempeñan dentro del prototipo.

3.2 Módulo de Sensor de Temperatura y Humedad.

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo 1, para que el proceso de secado del café se lleve a cabo de manera adecuada, se requiere mantener una temperatura dentro del rango de 45 a 50°C y alcanzar una humedad relativa de entre 11% y 13%.

Este módulo se encarga de obtener mediciones de esas condiciones y a partir de dichas mediciones, manipular las condiciones del invernadero.

Se eligió este módulo debido a que se obtienen mediciones de temperatura y humedad relativa en un solo dispositivo y la forma de enviar los datos de salida es mediante un solo pin.

El rango de operación y la exactitud del DHT22 cumplen con las necesidades de este prototipo y al ser un dispositivo comercial puede ser reemplazado en cualquier momento

por otro igual sin alterar el sistema. El modulo proporciona una salida digital que facilita la utilización de los datos por el NodeMCU.

3.3 Disminución de potencia y manipulación de actuadores.

Para introducir aire caliente forzado en el invernadero, se usa un motor de CA como ventilador y una resistencia que, al hacer pasar una corriente eléctrica a través de ella, libera calor. El principio de funcionamiento es hacer pasar aire a través de la resistencia energizada, lo cual genera a la salida aire caliente. El funcionamiento se muestra en la Figura 3.3.

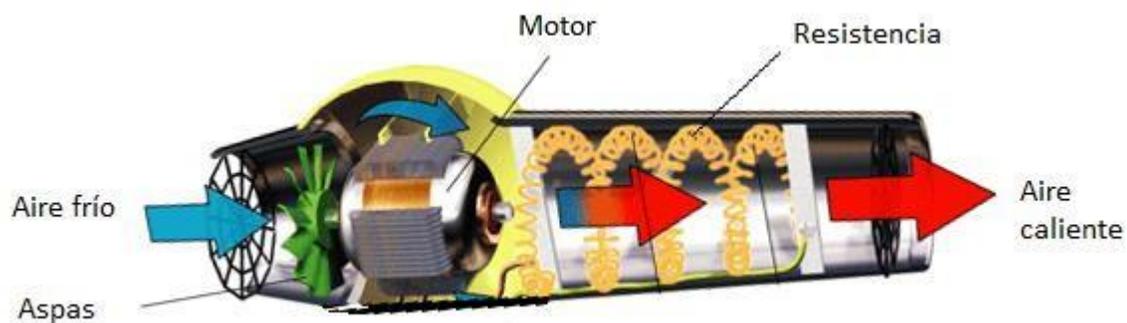


Figura 3. 3

La resistencia posee un mecanismo protector que al sobrecalentarse desactiva la resistencia, evitando posibles daños en el prototipo causados por temperaturas extremadamente altas. La velocidad con la que gira el motor y la temperatura que alcanza la resistencia, son demasiado altas, por lo que se debe emplear un mecanismo para disminuir la potencia en dichos dispositivos.

3.3.1 Disminución de potencia en actuadores

La primera parte de la manipulación de los actuadores consiste en disminuir la potencia del motor y la resistencia a través del encendido y apagado del TRIAC. Dado que la corriente en el DIAC y el TRIAC fluye en ambos sentidos, el TRIAC es disparado en ambos semiciclos de la señal senoidal de entrada. El circuito utilizado se muestra en la Figura 2.11 del capítulo 2, el cual consiste en el disparo del TRIAC a través de un circuito RC y un DIAC.

La ecuación que corresponde a la función de transferencia del circuito RC es la siguiente [21]

$$\frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{1}{\omega^2(R_1C_1R_2C_2) + j\omega(R_1C_1 + R_2C_2) + 1}$$

Y la expresión correspondiente a la constante de tiempo definida por los valores RC es la siguiente:

$$T = \sqrt{R_1C_1R_2C_2}$$

Para el disparo del TRIAC, se tiene en cuenta el valor del ángulo mínimo en el que la corriente fluye a través del DIAC.

Se propone el uso del DIAC DB3 y por hoja de especificaciones se sabe que el voltaje de ruptura del DIAC DB3 es de 32V; entonces la condición para obtener el ángulo mínimo de disparo es la siguiente:

$$V_{Pin} \text{Sen}\theta = V_{BO}$$

Donde:

$$V_{Pin} = \text{voltaje pico de entrada}$$

$$V_{BO} = \text{Voltaje de ruptura.}$$

$$V_{Pin} = \sqrt{2}V_{rms} = 170V_P$$

$$V_{BO} = 32V$$

$$\theta = \text{Sen}^{-1} \left(\frac{V_{BO}}{V_{Pin}} \right) = 10.84^\circ$$

$$10.84^\circ = 0.5ms$$

Se proponen los valores de $C_2R_2C_1$

$$R_2 = 8.2k\Omega$$

$$C_1 = 100\text{nf}$$

$$C_2 = 100\text{nf}$$

$$R_1 = \frac{T^2}{GRC} = 3.044\text{k}\Omega \text{ Valor comercial más cercano} = 3.3\text{k}\Omega$$

De la misma forma se hace el cálculo del ángulo máximo de disparo y se opta por usar un potenciómetro de 220kΩ conectado en serie a la resistencia de 3.3kΩ para variar el ángulo de disparo del TRIAC.

Se propone el uso del TRIAC BTB16-800B debido a que está construido para conectar cargas de hasta 16 A y las corrientes del motor y la resistencia son 1 A y 4 A respectivamente, quedando así definidos los valores del circuito.

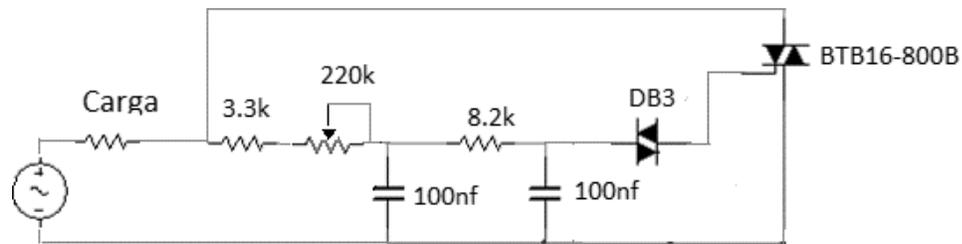


Figura 3. 4

3.3.2 Transistor BJT como interruptor en actuadores.

Para activar y desactivar los actuadores, se usa un mini relevador de 6V el cual es controlado por un transistor bc547b en configuración emisor común.

En la región de corte y saturación un transistor puede controlar el flujo de corriente que viaja a través de sus terminales de colector y emisor, dependiendo de la corriente que existe en su base.

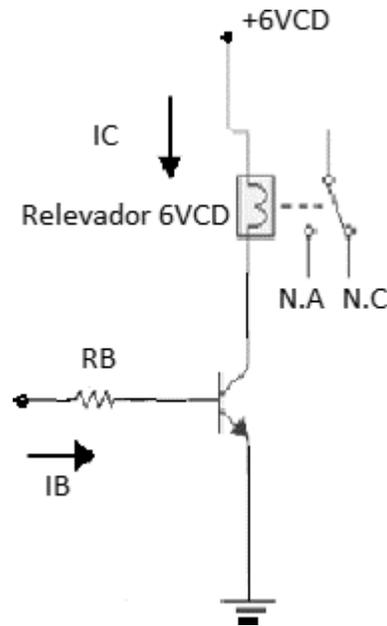


Figura 3. 4 Transistor como interruptor.

Para el diseño de este circuito se toma en cuenta que:

- El voltaje aplicado a la bobina del relevador es de 6v.
- La corriente que consume la bobina del relevador es de 100 mA.
- El valor del factor de amplificación o β , por hoja de especificaciones (anexos), para una corriente de 100mA es de 180.
- El voltaje en la unión base-emisor es de 0.7V.

Tomando la expresión:

$$\beta_{cd} = \frac{I_c}{I_B}$$

Se puede conocer el valor de la corriente de base.

$$I_B = \frac{I_c}{\beta_{cd}} = \frac{100mA}{180} = 555\mu A.$$

Sabiendo que el voltaje de salida de los puertos de propósito general del NodeMCU es de 3.3V, se analiza el circuito desde la base hacia el emisor para conocer el valor de R_1 :

$$R_B = \frac{V_B - 0.7V}{I_B} = \frac{3.3V - 0.7V}{555\mu A} = 4.68K\Omega \text{ Valor comercial más cercano es de } = 4.7K\Omega$$

Uniendo las figuras 3.4 y 3.5 se tiene un circuito que, a partir de un voltaje aplicado en la base del transistor, activa las cargas con potencia disminuida. El circuito en conjunto puede verse en la figura 3.6.

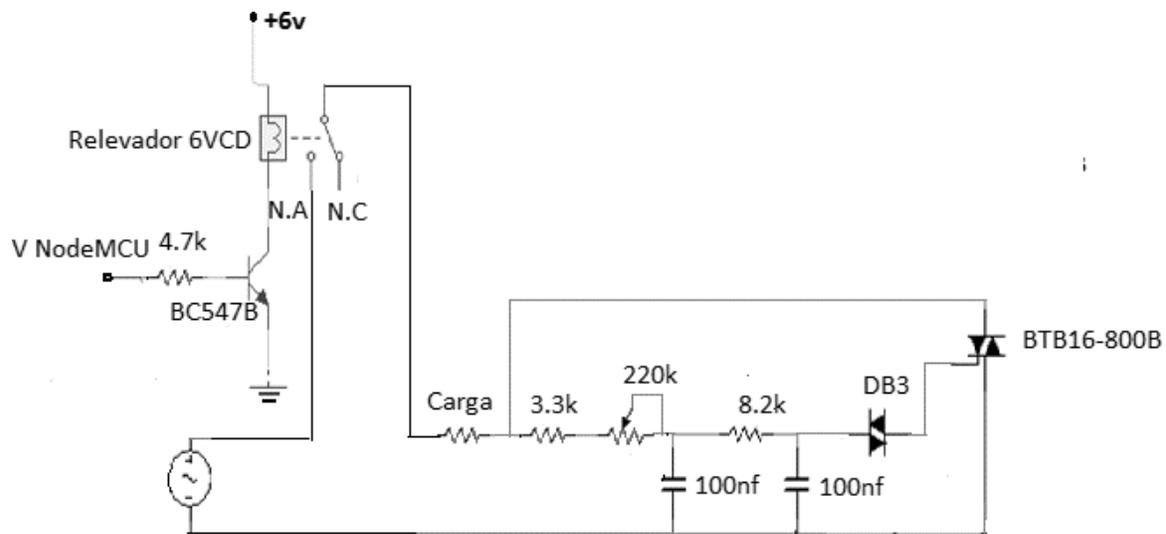


Figura 3. 5 Accionamiento del circuito mediante Transistor.

3.4 Servidor Web y NodeMCU.

. Como se menciona en el capítulo 2, un servidor web tiene la función de guardar y transmitir datos en formato HTML, a través del protocolo HTTP, una vez que el cliente solicita visualizarlos mediante el navegador. Al conectar el NodeMCU a la red WIFI, el Access point funciona como servidor DHCP y le asigna una dirección IP.

Los datos de Temperatura y Humedad Relativa del módulo DHT22, son enviados al servidor Web y cuando un cliente, dentro de la misma red WIFI, introduce la dirección IP del NodeMCU en el navegador, el servidor web envía los datos provenientes del módulo DHT22 en código HTML y así poder ser interpretados por el navegador. (Figura 3.7)

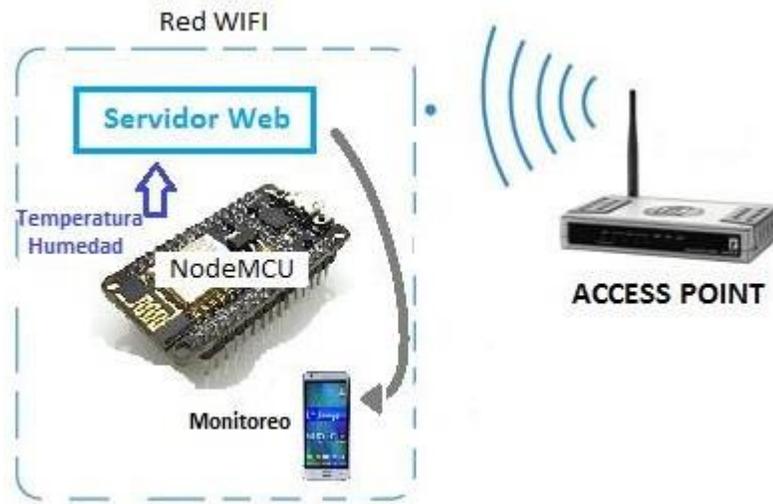


Figura 3. 6 Monitoreo Servidor web.

Otra alternativa para el monitoreo es la plataforma ThingSpeak, mencionada en el capítulo 2, la cual permite graficar los datos provenientes de los módulos DHT22.

Para poder acceder al servidor Web de ThingSpeak se requiere el uso de la red de internet y se propone como alternativa debido a que en las zonas donde hay cafetales, el acceso a internet es casi nulo.

3.5 Diagrama esquemático general

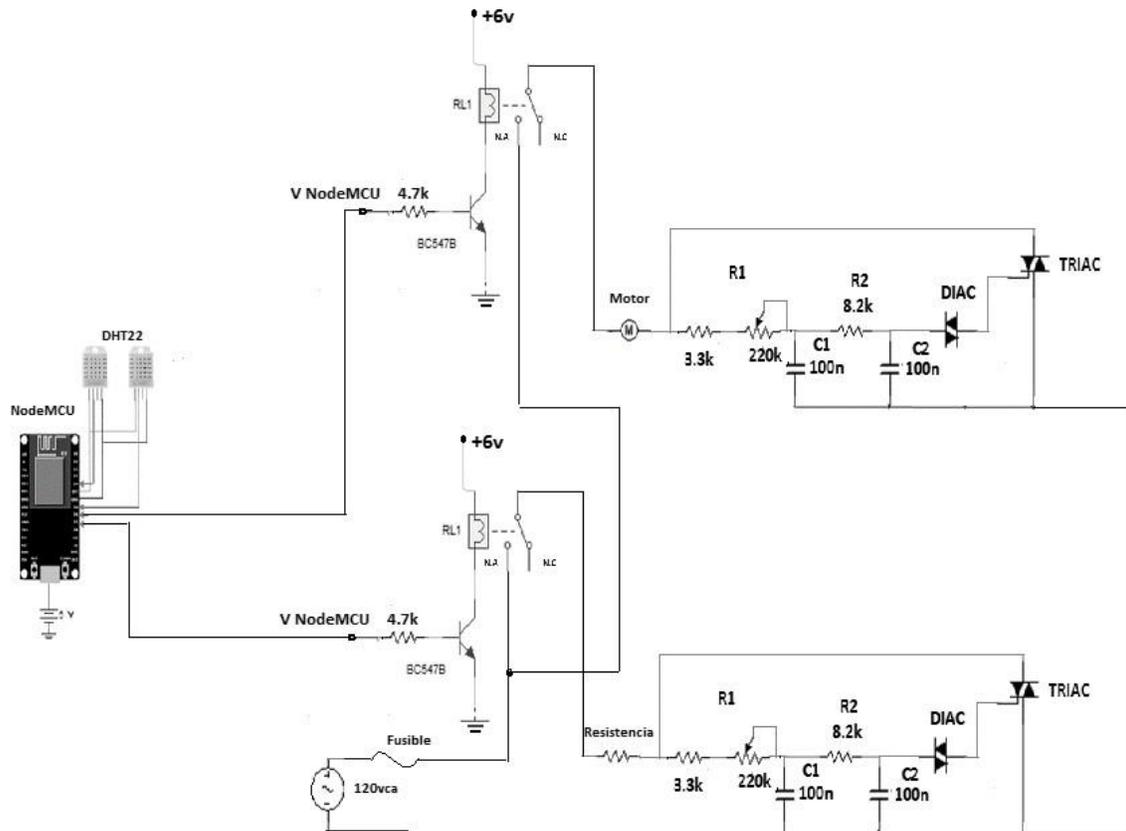


Figura 3. 7 diagrama general.

3.6 Costos de fabricación del prototipo

En la Tabla se desglosan los costos de manufactura del prototipo

Descripción	Cantidad	Costo MX
NodeMCU	1	160
Módulo DHT22	2	164
TRIAC BTB16-800B	2	58
DIAC DB3	2	6
Placa fenólica 10x10	1	19
Capacitor de poliéster 0.1uF 630V	6	14
Transistor BC547	2	10
Relevador 12A/250V	2	40
Potenciómetro 250K	2	15
Diodo 1n4148	2	3
Conector-tornillo 300V 10	6	18
Plástico para invernadero 1m ²	1	50
Tabla de madera 2.5m x 30cm	1	120
Barniz para madera 1L	1	149
Motor 1A	1	300
Resistencia eléctrica	1	200
Trabajo de ingeniería 100 MX por 2 horas diarias (durante 7 meses)	2	56, 000

Total = 57,336 MX



“Resultados”

“Resultados”

Construcción de prototipo

En base a las características de los invernaderos mencionadas en el capítulo 1, se procedió a construir un prototipo de invernadero a escala, el prototipo contiene un diseño de un invernadero tipo domo, el cual cuenta con dos ventanas laterales para que permita la ventilación natural además de un sistema de ventilación forzada, con el cual se tiene un control de la temperatura y la HR gracias a los modulos DHT22 instalados en su interior.

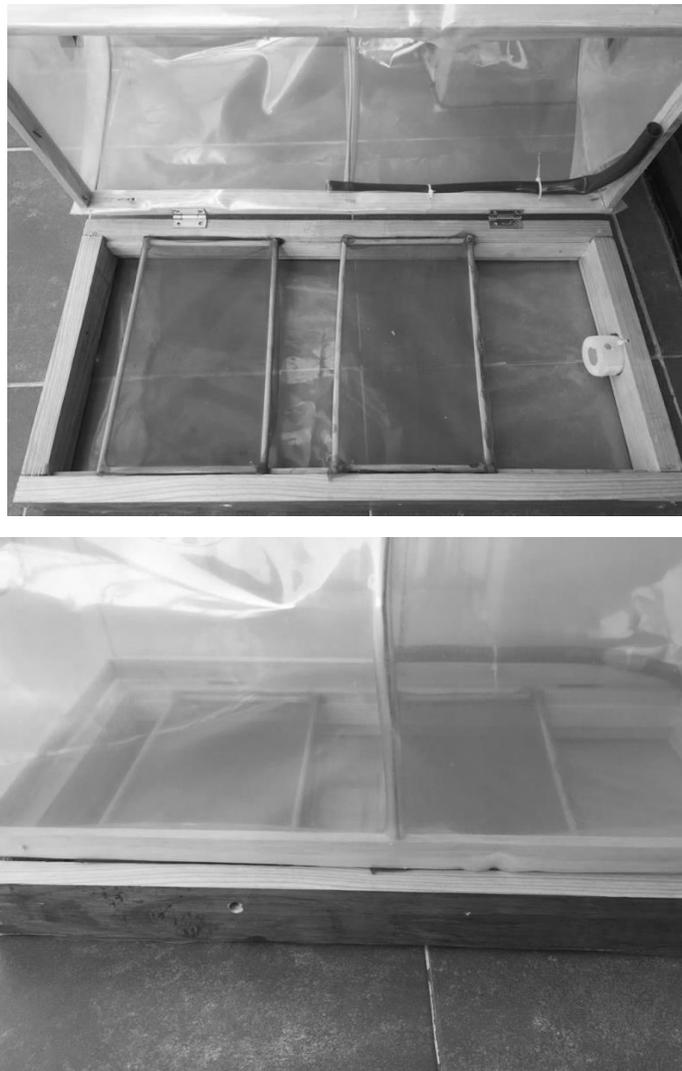


Figura 4.1 Prototipo de un invernadero tipo domo

Circuito diseñado

La potencia en los actuadores debe ser disminuida en función de las necesidades requeridas. Para probar que el circuito está recortando el ciclo útil de la señal de cada carga, se capturaron las señales obtenidas de un osciloscopio las cuales se muestran en la Figura 4.2.

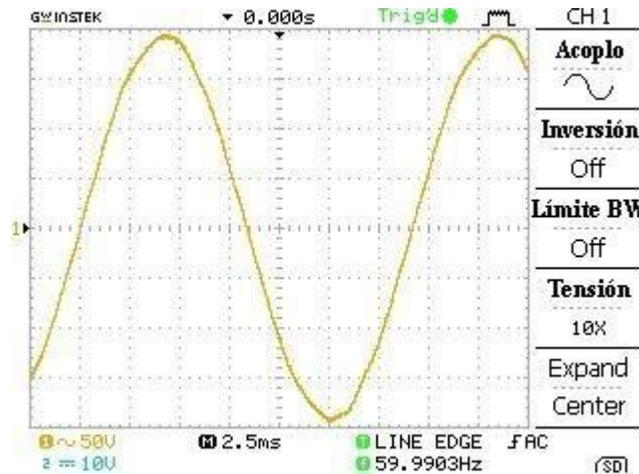


Figura 4.2 potencial al 100%

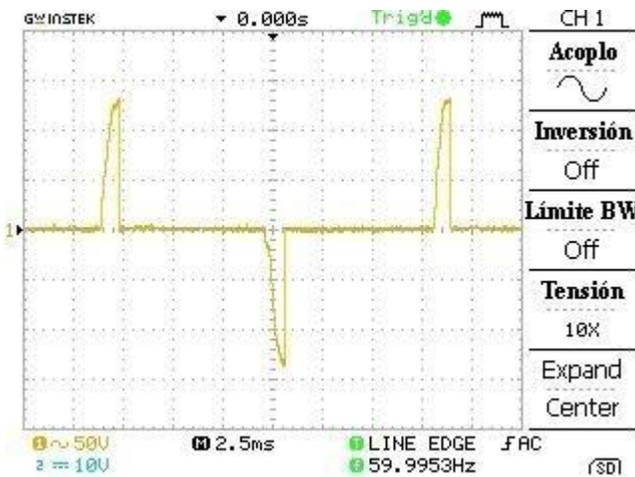


Figura 4.3 potencia mínima

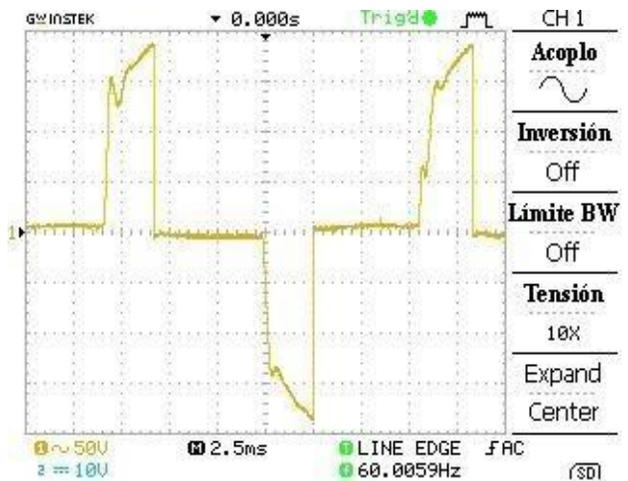


Figura 4.4 potencia al 50 %

Resultados de las pruebas de secado del café pergamino

El monitoreo de la temperatura y humedad se hizo mediante la plataforma thingspeak y un servidor web, estas herramientas ayudan a supervisar el proceso de secado. Con este prototipo se logró obtener un contenido de humedad del 11 al 13% a temperaturas entre 47 y 50°C. En la Figura 4.3 se observa las lecturas de temperatura y humedad al interior del invernadero cada lectura es tomada cada 2min en un lapso de tiempo de 20 min.

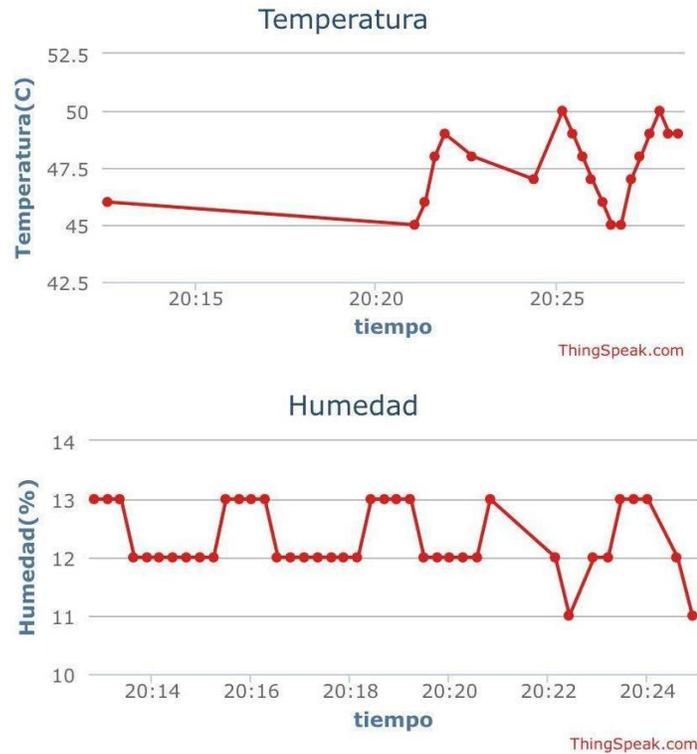


Figura 4.5 Lecturas de thingspeak

En el servidor web solo se muestra la lectura en tiempo real, la actualización del dato es cada 5 segundos se muestra en la Figura 4.4.

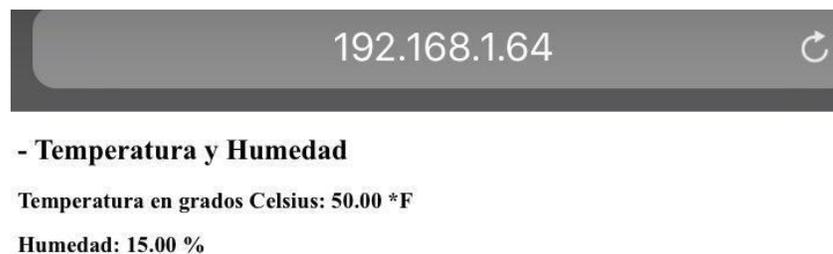


Figura 4.6 Lecturas de servidor web

Secado del café pergamino

El grano lavado fue pesado antes de introducirlo al invernadero (Figura 4.6) para tener una comparación al término del proceso de secado y se hizo la medición de tara (Figura 4.5).

Para cerciorarse que la humedad del grano de café este disminuyendo se quitó el pergamino del grano (trilla) y se observó el color y la dureza del grano; posteriormente se evaluó mediante presión de las uñas o el filo de una navaja. El tiempo que se dejaron las pruebas en el interior del invernadero fue de 12 horas, al concluir este tiempo procedió a medir el grano ya seco (Figura 4.7).



Figura 4.7. Peso del recipiente (tara)

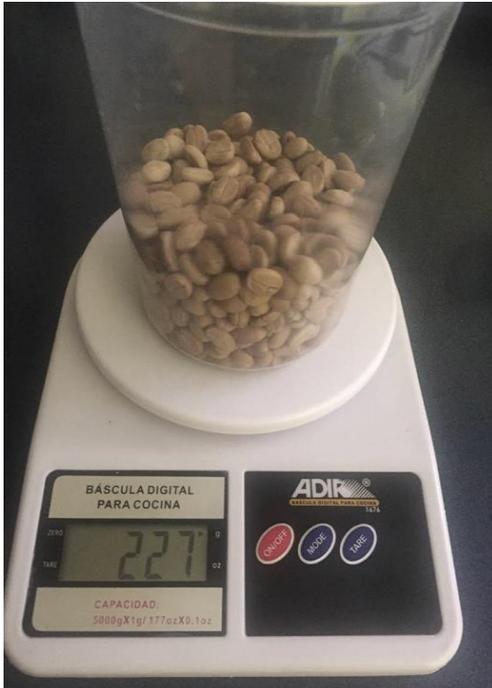


Figura 4.8 Peso de café lavado

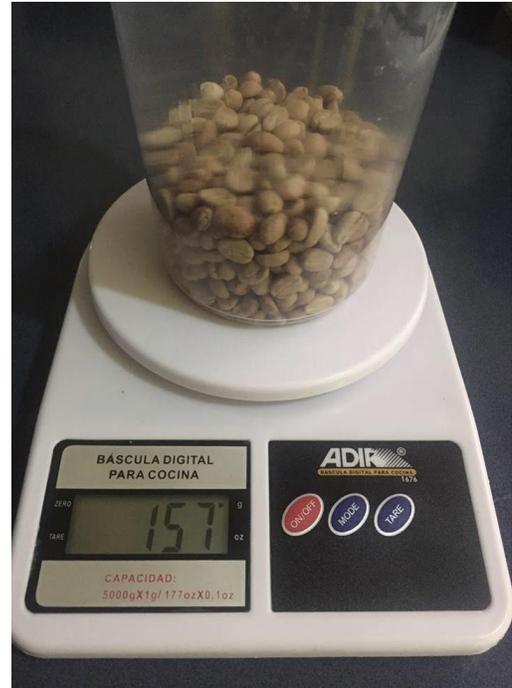


Figura 4.9 Peso de café seco

Los datos de las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 se reportan en la Tabla 4.1.

Descripción	Peso (gr)
Recipiente de plástico (tara)	19
Café lavado	227
Café seco	157

Tabla 1. 1 Peso del grano en el proceso de lavado y secado de café.



“Conclusiones y trabajos a futuro”

CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO

Conclusiones

En este trabajo se presenta una alternativa para realizar el proceso de secado del café pergamino en un prototipo de invernadero tipo domo a escala, principalmente haciendo énfasis en el diseño de la inyección de aire caliente al interior del invernadero, esto para bajar los índices de Humedad Relativa del grano de café; el aire caliente es introducido por debajo de las camas africanas porque la temperatura tiende a subir y para el exceso aire caliente; el invernadero contiene dos salidas laterales para el flujo de aire. A través del control en el método propuesto se construyó un invernadero que disminuye los tiempos del secado, obteniendo un secado en 12 horas con temperaturas promedio de 50°C y con 11% de Humedad relativa.

Los resultados de la investigación indican principalmente que al mantener los parámetros de temperatura y humedad dentro del invernadero se tiene un proceso limpio y optimo lo cual repercute en las satisfacer las necesidades de los caficultores; disminución del tiempo y mejorar la calidad del producto.

Trabajos a futuro

- Para reducir el tamaño del circuito se propone el empleo de componentes de montaje superficial, con eso se puede reducir la parte electrónica del prototipo.
- Para el control de las variables humedad y temperatura, se propone un control electrónico de los potenciómetros para así poder utilizar el invernadero el desarrollo de la planta de café.
- Para un manejo dinámico del servidor web se propone incorporar menús, submenús, alertas si el sistema está fallando, para que el caficultor pueda controlar todos los aspectos del proceso de secado del café.
- Para las camas del café, se propone poner un sistema de barrido de una escoba mediante un motor y así el caficultor ya no tendrá que voltear el café cada cierto tiempo en el proceso de secado.



“Referencias”

REFERENCIAS

- [1] Armando Ulises Chávez Martínez, "Control Bioclimático De Un Invernadero", (TESIS MAESTRÍA), Universidad De Colima, 2009.
- [2] Asociación Nacional Del Café (Anacafe). "El Secamiento Del Café". [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 21 Junio 2017]. Disponible En:
https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Beneficiadohumedo_Secamiento
- [3] Asociación Nacional Del Café (Anacafe). "Del Grano A La Taza". [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 20 Junio 2017]. Disponible En:
https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Buencafe_Delgranoalataza
- [4] Centro Nacional De Investigaciones De Café (Cenicafe). "Beneficio Del Café II". [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 11 Agosto 2017]. Disponible En:
http://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21_secado_del_cafe.pdf
- [5] EVER O. CHACÓN CÁLIX, "EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS TRADICIONAL Y ECOLÓGICO DE BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ", DICIEMBRE, 2001.
- [6] Felipe Flores Vichi, "La Producción De Café En México: Ventana De Oportunidad Para El Sector Agrícola De Chiapas", FEBRERO, 2015.
- [7] Fideicomisos Instituidos En Relación Con La Agricultura (Fira). "Panorama Agroalimentario 2015". [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 11 Agosto 2017]. Disponible En:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/61949/Panorama_Agroalimentario_Caf_2015.pdf
- [8] Francisco Aguirre, (2005). *1.7 Café Y Sus Canales De Comercialización*. [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 11 Agosto 2017]. Disponible En:
http://vinculando.org/comerciojusto/cafe_mexico/canales_comercializacion.htm
- [9] <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0276.pdf> . México: [Fecha De Consulta: 22 Junio 2017]
- [10] http://www.lco.org/es/field_processing.asp México: [Fecha De Consulta: 14 Agosto 2017]

- [11] [Http://Www.Novedades-Agricolas.Com/Es/Blog/Articulos/Item/1379-Tipos-De-Invernaderos-Mas-Rentables](http://Www.Novedades-Agricolas.Com/Es/Blog/Articulos/Item/1379-Tipos-De-Invernaderos-Mas-Rentables) . México: [Fecha De Consulta: 07 Julio 2017].
- [12] <HTTPS://NODEMCU.READTHEDOCS.IO/EN/MASTER/> [FECHA DE CONSULTA: 10 JUNIO 2017].
- [13] <HTTPS://THINGSPEAK.COM/>: [FECHA DE CONSULTA: 12 JULIO 2017].
- [14] <HTTPS://WWW.RFC-EDITOR.ORG/PDFRFC/RFC1531.TXT.PDF>: [FECHA DE CONSULTA: 12 OCTUBRE 2017].
- [15] <HTTPS://WWW.RFC-EDITOR.ORG/PDFRFC/RFC1945.TXT.PDF>: [FECHA DE CONSULTA: 20 SEPTIEMBRE 2017].
- [16] <HTTPS://WWW.SPARKFUN.COM/DATASHEETS/SENSORS/TEMPERATURE/DHT22.PDF>: [FECHA DE CONSULTA: 20 AGOSTO 2017].
- [17] <HTTPS://WWW.W3.ORG/TR/HTML4/INTERACT/FORMS.HTML#H-17.13.4.2>: [FECHA DE CONSULTA: 1 OCTUBRE 2017].
- [18] Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura (IICA).2010. “Guía Técnica Para El Beneficiado De Café Protegido Bajo Una Indicación Geográfica Ó Denominación De Origen.”.
- [19] INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, “PROCESAMIENTO DE CAMPO”, LONDON, 2014.
- [20] Jordi Besora Magem, “Informe Técnico Para La Construcción De Un Secador Solar De Café” [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 07 Julio 2017]. Disponible En: <HTTPS://ESF-CAT.ORG/WP-CONTENT/UPLOADS/2017/04/INFORME-T%C3%A9CNICO-SECADOR-SOLAR-DE-CAF%C3%A9.PDF>
- [21] JUAN MANUEL COBITL C., APUNTES DE FILTROS PASIVOS DE SEGUNDO ORDEN, MÉXICO, 2015, 3.
- [22] LEONEL C., SENSORES Y ACTUADORES: APLICACIONES CON ARDUINO, MEXICO, PATRIA, 2015, 304.
- [23] MARÍA TERESITA ORTEGA POSADAS, “CREACIÓN DE UN BENEFICIO DE CAFÉ, EN LA CONGREGACIÓN DE EL TRONCONAL, VERACRUZ PARA COMERCIALIZARLO EN CAFÉ PERGAMINO”, 2010, PÁG. 22-54.

- [24] RAÚL VALDERRÁBANO RAMÍREZ, "CONCENTRACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA EL SECADO DE CAFÉ PERGAMINO", (TESIS MAESTRIA), ESIME AZCAPOTZALCO, 2011.
- [25] REVISTA MUNDO HVACR, "SECTORES DE LA INDUSTRIA, VENTILACIÓN " [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 14 Septiembre 2017]. Disponible En: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/05/sistemas-de-climatizacion-en-invernaderos/>
- [26] REVISTA MUNDO HVACR, "SECTORES DE LA INDUSTRIA, VENTILACIÓN " [En Línea]. México: [Fecha De Consulta: 14 Septiembre 2017]. Disponible En: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/05/sistemas-de-climatizacion-en-invernaderos/>
- [27] ROBERT L. BOYLESTAD, LOUIS NASHESKY, ELECTRÓNICA: TEORIA DE CIRCUITOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS, MEXICO, PEARSON, 2009, 894.
- [28] THOMAS L. FLOYD, DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS, MEXICO, PEARSON, 2008, 1108.

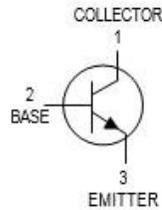


“Anexos”

Anexos

Hoja de especificación transistor BC547 B

NPN Silicon



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 546	BC 547	BC 548	Unit
Collector– Emitter Voltage	V_{CEO}	65	45	30	Vdc
Collector– Base Voltage	V_{CBO}	80	50	30	Vdc
Emitter– Base Voltage	V_{EBO}	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	PD	625 5.0			mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	PD	1.5 12			Watt mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	– 55 to +150			$^\circ\text{C}$

ON CHARACTERISTICS

DC Current Gain ($I_C = 10 \mu A, V_{CE} = 5.0 V$)	BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C	h_{FE}	—	90	—	—
($I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V$)	BC546 BC547 BC548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/BC548C		110	—	450	
($I_C = 100 mA, V_{CE} = 5.0 V$)	BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C		—	120	—	—
Collector– Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA$) ($I_C = 100 mA, I_B = 5.0 mA$) ($I_C = 10 mA, I_B = \text{See Note 1}$)		$V_{CE(sat)}$	—	0.09	0.25	V
Base– Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA$)		$V_{BE(sat)}$	—	0.7	—	V
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V$) ($I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V$)		$V_{BE(on)}$	0.55	—	0.7	V
			—	—	0.77	

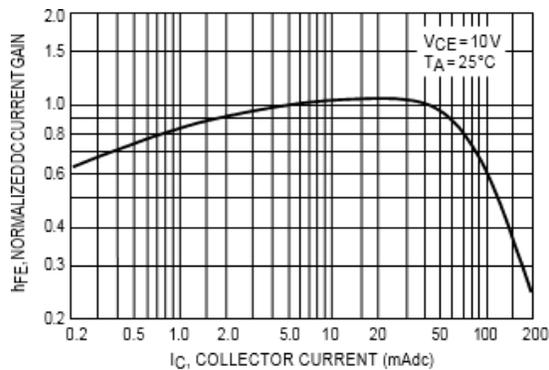


Figure 1. Normalized DC Current Gain

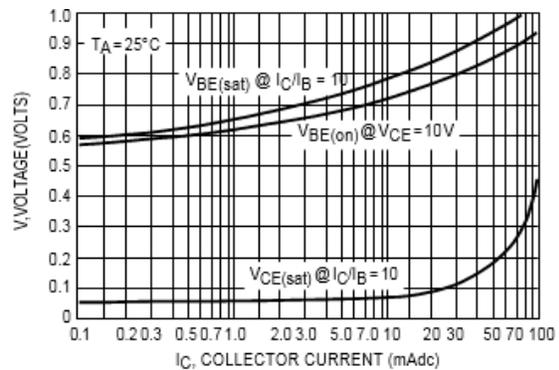


Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages

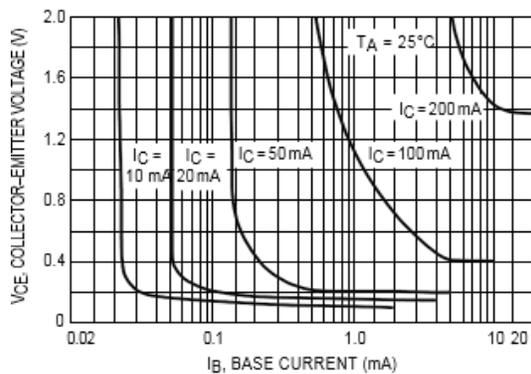


Figure 3. Collector Saturation Region

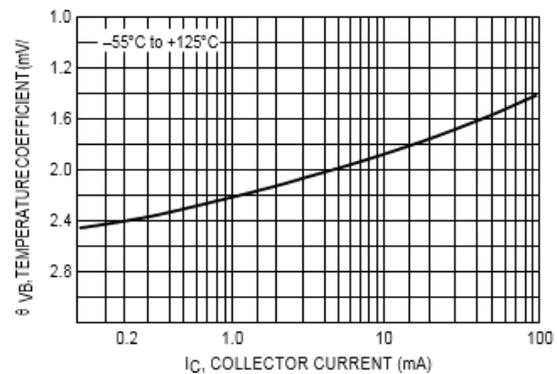
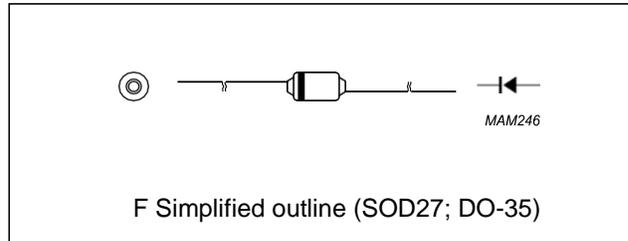


Figure 4. Base–Emitter Temperature Coefficient

Hoja de especificación diodo 1N4148



LIMITING VALUES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	75	V
V_R	continuous reverse voltage		–	75	V
I_F	continuous forward current	see Fig.2; note 1	–	200	mA
I_{FRM}	repetitive peak forward current		–	450	mA
I_{FSM}	non-repetitive peak forward current	square wave; $T_j = 25\text{ °C}$ prior to surge; see Fig.4			
		$t = 1\ \mu\text{s}$	–	4	A
		$t = 1\ \text{ms}$	–	1	A
		$t = 1\ \text{s}$	–	0.5	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} = 25\text{ °C}$; note 1	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+200	°C
T_j	junction temperature		–	200	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage 1N4148 1N4448	see Fig.3 $I_F = 10\ \text{mA}$	–	1	V
		$I_F = 5\ \text{mA}$	0.62	0.72	V
		$I_F = 100\ \text{mA}$	–	1	V
I_R	reverse current	$V_R = 20\ \text{V}$; see Fig.5		25	nA
		$V_R = 20\ \text{V}$; $T_j = 150\text{ °C}$; see Fig.5	–	50	μA
I_R	reverse current; 1N4448	$V_R = 20\ \text{V}$; $T_j = 100\text{ °C}$; see Fig.5	–	3	μA
C_d	diode capacitance	$f = 1\ \text{MHz}$; $V_R = 0$; see Fig.6		4	pF
t_{rr}	reverse recovery time	when switched from $I_F = 10\ \text{mA}$ to $I_R = 60\ \text{mA}$; $R_L = 100\ \Omega$; measured at $I_R = 1\ \text{mA}$; see Fig.7		4	ns
V_{fr}	forward recovery voltage	when switched from $I_F = 50\ \text{mA}$; $t_r = 20\ \text{ns}$; see Fig.8	–	2.5	V

Código de NodeMCU

```
#include <DHT.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#define DHTPIN1 D4 // define pin 4 como bus de entrada para sensor 1
#define DHTPIN2 D5 // define pin 5 como bus de entrada para sensor 2
#define DHTTYPE1 DHT22 // declara como DHT22 el sensor 1
#define DHTTYPE2 DHT22 // declara como DHT22 el sensor 2
DHT dht1(DHTPIN1, DHTTYPE1); // define objeto dht1 de clase DHT y pasa atributos PIN de entrada de datos y tipo de
módulo DHT22
DHT dht2(DHTPIN2, DHTTYPE2); // define objeto dht1 de clase DHT y pasa atributos PIN de entrada de datos y tipo de
módulo DHT22
const char *ssid = "TOBON00"; //declara variable ssid y le asigna el nombre de la ssid
const char *contrasena = "0157529317"; //declara variable contraseña y le asigna el valor de la contraseña de la ssid
WiFiClient client; // inicializa libreria cliente
unsigned long NumeroCanal=359425; //asigna numero de canal a variable NumeroCanal
const char * LlaveEscrituraAPI = "VU0SLGVM3244CZAY"; // asigna numero de canal a variable LlaveEscrituraAPI
uint8_t temperature1, humidity1, temperature2, humidity2, temperature, humidity; //declara variables a utilizar como
bytes (8bits)
WiFiServer server(80); // Web Server on port 80

void setup() //funcion de configuracion
{
  pinMode(D6, OUTPUT); //declara pin digital 6 como salida
  pinMode(D7, OUTPUT); //declara pin digital 6 como salida
  digitalWrite(D6,HIGH);
  digitalWrite(D7,HIGH);
  Serial.begin(115200); //inicializa monitor serial a 115200 bauds
  delay(10); //pausa de 10ms
  Serial.println(); //imprime espacio en monitor serial
  Serial.println(); //imprime espacio en monitor serial
  Serial.print("Conectado a "); //imprime mensaje "conectado a"
  Serial.println(ssid); //imprime nombre de la ssid
  WiFi.begin(ssid,contrasena); //inicializa libreria wifi y le pasa valores de ssid y contraseña
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) // mientras que estatus de wifi sea distinto de "conectado"
  {
void loop()
{
```

```
LeerTHR(); // lectura de modulos DHT22
CondicionesTHR(); limites de temperatura y humedad
EnviaraservidorTHR(); // servidor web
delay(1000);
}
```

Elementos básicos de HTML

HTML es un archivo de texto simple, luego, se puede editar con cualquier editor de texto.

Elementos en un documento HTML

En esta guía, a las instrucciones que forman el lenguaje HTML se llaman "ETIQUETAS". La notación de los elementos consiste en los símbolos < y > que encierran dentro una instrucción. Los elementos pueden ser llenos o vacíos.

Existen tres caracteres especiales

< Menor que, se usa para indicar el comienzo de un comando HTML.

> Mayor que, se usa para indicar el término de un comando HTML.

& Ampersand, se usa para escribir caracteres especiales (símbolos matemáticos, comerciales, así como el signo menor que y el mayor que entre otros) en un documento.

Elementos llenos

Se forman escribiendo la instrucción correspondiente seguida del texto al que se quiere aplicar la instrucción y se termina repitiendo la instrucción, pero con una barra

inclinada inmediatamente antes de la misma.

Por ejemplo, el elemento H1 que sirve para dar el máximo tamaño al texto, se escribirá:

- Texto de prueba

```
<H1> Texto de prueba </H1>.
```

y este sería el resultado:

Si no se especifica </H1> todo el resto de la página tendrá el mismo tamaño grande.

Elementos vacíos

Los elementos vacíos se escriben como los llenos, pero no es necesario poner la instrucción repetida al final con una barra. Esto se debe a que estos elementos no producen un efecto sobre el texto. Generalmente se utilizan para separar bloques de texto, y por tanto no es necesario indicar su fin. Empiezan y terminan en el mismo punto.

Por ejemplo, el elemento <HR> que sirve para dibujar una línea horizontal en la pantalla.

Texto en color

Se puede controlar el color del texto utilizando el elemento con el atributo COLOR="x", donde "x" es el nombre en inglés del color que se desea. Hay que tener presente que algunos no se verán o se verán mal si la máquina no soporta, por lo menos, 256 colores.

Si se escribe:

```
<B><FONT COLOR="red">Texto ROJO </FONT>
```

```
<br>
```

```
<FONT COLOR="blue">Texto AZUL </FONT>
```

```
<br>
```

```
<FONT COLOR="navy">Texto AZUL MARINO </FONT>
```

```
<br>
```

```
<FONT COLOR="green">Texto VERDE </FONT>
```

```
<br>
```

```
<FONT COLOR="olive">Texto OLIVA </FONT>
```

```
<br>
```

Texto AMARILLO

Texto LIMA

Texto MAGENTA

Texto PURPURA

Texto CYAN

Texto MARRON

