



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de un secador Biomásico alimentado de cáscara de café para reducir el tiempo de secado en la procesadora aromas Tabaconas s.a.c.”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR

Walmer Velasco Contreras ORCID: (0000-0002-9857-0655)

ASESOR

Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio (ORCID: (0000-0001-5900-2260))

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERU

2019

DEDICATORIA

Va dedicado a mis queridos y adorados padres, quienes a pesar de las dificultades de la vida pusieron un granito de arena en este proceso educativo, a mis hijos, Analía y Arian; fueron el pensamiento y sabiduría para no dejarme vencer de los obstáculos negativos, a mi esposa Yanet que estuvo pendiente en este difícil camino, a mis hermanos y familiares que de alguna manera fortalecen y alientan el esfuerzo realizado.

El autor

AGRADECIMIENTO

Primeramente dar gracias a quien conduce esta vista, nuestro creador quien permite que me encamine por el lado correcto, gozar de buena salud y fortaleza para seguir superándome en mi vida profesional, a mis padres, hermanos, mi esposa e hijos; A ellos que siempre estuvieron pendientes y dando siempre un aliento para lograr este objetivo.

El autor

PÁGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 17:00 horas del día 12 de julio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1246-2019/UCV-CH, de fecha 10 de julio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **"DISEÑO DE UN SECADOR BIOMASICO ALIMENTADO DE CÁSCARA DE CAFÉ PARA REDUCIR EL TIEMPO DE SECADO EN LA PROCESADORA AROMAS TABACONAS S.A.C"**, presentado por el(la) (los) bachiller **VELASCO CONTRERAS, WALMER**, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza
Secretario : Ing. Edilbrando Vega Calderón
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve;

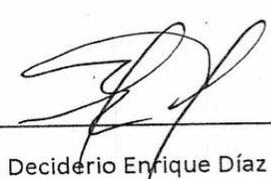
APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 17:45 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 12 de julio de 2019


Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza
Presidente


Ing. Edilbrando Vega Calderón
Secretario


Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
Vocal

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel: (074) 481 616 Anx.: 6514



fb/UCV.PERU
@UCV_PERU
#SALIR ADELANTE
ucv.edu.pe

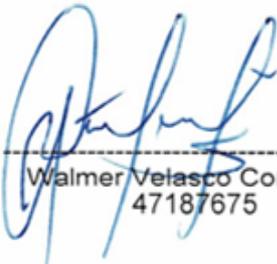
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Walmer Velasco Contreras con DNI N° 47187676, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 15 de diciembre del 2018



Walmer Velasco Contreras
47187675

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página Del Jurado.....	iv
Declaratoria De Autenticidad	v
Índice	vi
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. Introducción.....	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.1.1. Ámbito Internacional	1
1.1.2. Ámbito Nacional	1
1.1.3. Ámbito Local.....	2
1.2. Trabajos Previos	3
1.3. Teorías Relacionadas Con El Tema.....	5
1.3.1. Biomasa	5
Fuentes De Biomasa.....	6
A. Plantaciones Energéticas.....	7
B. Residuos Forestales.	7
C. Desechos Agrícolas.	7
D. Desechos Industriales.....	7
E. Desechos Urbanos.....	7
Tecnologías De Conversión De La Biomasa	8
Procesos Termoquímicos Para La Conversión De Biomasa	9
A. La Torrefacción	9
B. La Pirolisis.....	10
C. La Gasificación.	10
1.3.2. Proceso Productivo Del Café	11
A) Extracción De Las Semillas.....	11
B) Admisión En El Beneficiario	11
C) Despulpado O Descascarado	11
D) Zarandeo	12
E) Fermentación	12

F)	Lavado	12
G)	Clasificación.....	13
H)	Secado	13
1.3.3.	Calculo De Parámetros Para Secadores Mecánicos	13
1.4.	Formulación Del Problema.....	15
1.5.	Justificación Del Estudio	15
	Justificación Técnica	15
	Justificación Ambiental	15
	Justificación Económica	15
	Justificación Social	15
1.6.	Hipótesis	16
1.7.	Objetivos.....	16
	<i>Objetivo General</i>	16
	<i>Objetivos Específicos</i>	16
ii.	Método	17
2.1.	Diseño De Investigación.....	17
2.2.	Variable, Operacionalización.....	17
	Variable Independiente.....	17
	Variable Dependiente	17
2.3.	Población Y Muestra	18
	Población.....	18
	Muestra	18
2.4.	Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos, Validez Y Confiabilidad	19
	Validez Y Confiabilidad	19
2.5.	Métodos De Análisis De Datos.....	19
2.6.	Aspectos Éticos	20
iii.	Resultados	21
3.1.	Determinar El Requerimiento Calorífico Para El Sacado De Café Actualmente En La Procesadora.....	21
3.2.	Determinar La Cantidad De Combustible Requerido Para El Secado De Café.....	24
3.3.	Diseñar El Secador De Café Biomásico Con Cascara De Café.	36
3.3.1.	Mesa De Secado.	36

3.3.2. Ventilador	38
3.3.3. Selección Del Horno	45
3.4. Realizar Una Evaluación Económica Para La Inversión Que Se Realizara.....	47
Gastos	47
Utilidad	51
Evaluación Económica	52
Iv. Discusión.....	53
V. Conclusiones.....	56
Vi. Recomendaciones.....	57
Vii. Referencias	58
Anexos.....	60
Anexo 01. - Radiación Térmica En La Zona.....	60
Anexo 02.- Ventilador Seleccionado	65
Anexo 03.- Planos De La Mesa De Secado	67
Anexo 04.- Calculo Del Intercambiador De Calor	73
4.1 Calculo De Diámetros	74
4.2 Calculo De Longitud Del Intercambiador	76
4.2.1. Coeficiente De Convección Interno	76
4.2.2. Coeficiente De Convección Externo.....	78
4.2.3. Temperatura Media Logarítmica	82
Anexo 05: Instrumentos De Recolección De Datos	84
Acta De Originalidad De Turnitin	86
Formato De Autorizacion De Publicación	87
Autorización De La Versión Final Del Trabajo De Investigación	88

RESUMEN

La presente investigación pretende diseñar un sistema de secado para café recepcionado durante el proceso de cosecha que abarca 4 meses del año (mayo, junio, julio y agosto), por la Procesadora Aromas Tabaconas sac, la cual realiza esta acción por medios artesanales generando esto un retraso de 4 a 5 días que es lo que dura el secado al sol, esta investigación pretende realizar un diseño que por medio de la combustión de la biomasa generada por la cascarilla de café que se desprende como subproducto de la procesadora se pueda aportar el calor necesario para secar el café a la humedad de 12% que es la requerida para que ingresa al pilado, tostado y envasado para su comercialización. La investigación concluye con un sistema compuesto por una mesa de secado de 36 m² de área de contacto con el café y 7% de esta área compuesta por los agujeros que permitirán el flujo de aire a 50°C calentado por medio de la combustión de la cascarilla en un horno fluidizado con recirculación de aire por medio de un sifón el permite la combustión de manera más óptima que otras tecnologías para la cascarilla de café, esta investigación concluye que al segundo año la inversión se volvería rentable solamente al disminuir las horas hombre que se usan en el secado durante los 5 días de secado artesanal.

Palabras clave: cascarilla de café, biomasa, lecho fluidizado, secado de café.

ABSTRACT

The present research aims to design a drying system for the cherry grain received by the Coffee Processor Aromas Tabaconas which performs this action by artisanal means generating this a delay of 4 to 5 days which is what the drying in the sun lasts, this research It aims to make a design that by means of the combustion of the biomass generated by the coffee husk that is released as a byproduct of the processor can provide the necessary heat to dry the coffee at the humidity of 12% that is required for entering At the pile, the investigation concluded with a system composed of a drying table of 36 m² of coffee contact area and 7% of this are composed of the holes that will allow the flow of air at 50 ° C heated by the combustion of the husk in a fluidized furnace with recirculation of air by means of a siphon allows combustion in a more optimal way than other technologies for the husk of coffee, this research concludes that by the year the investment would become profitable only by decreasing man hours used in drying during the 5 days of artisanal drying.

Keywords: coffee husk, biomass, fluidized bed, coffee drying

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Ámbito Internacional

Los mercados de café a nivel internacional, actualmente se ve afectado por criterio de contaminación por este a los ecosistemas donde interactuar, lo que motiva al sector cafetalero a buscar alternativas que permitan generar su industria con total libertad y límites en cuanto a su impacto ambiental. Es conjetura radia en que la calidad del café está ligada directamente durante el procesamiento al beneficiado húmedo de este, el cual llega de diversos valles y cordilleras, aunque este se opone al sentido ambientalista por los gastos que conlleva tratarlo lo que genera consigo un impacto ambiental negativo en los ecosistemas, así como el uso ineficiente de insumos energéticos y el alto consumo de agua. Este problema sumado a las exigencias de varias instancias internacionales para la protección de los recursos naturales, han motivado a todo el sector cafetalero a empezar búsquedas sobre soluciones que puedan aumentar el desarrollo sostenible de las actividades, sin perjudicar la calidad final y productividad del sector cafetalero. Los medianos y pequeños productores que se benefician del grano, así como las grandes empresas o centrales productoras, con el apoyo de organismos supervisoras del país en Colombia y la participación de maquinaria y servicios técnicos han empezado un proceso gradual de reversión con el cual se busca la descontaminación por el beneficiado de café. Apuntando a un cambio de mentalidad para producir una actitud inclemente a modificaciones en la producción, las cuales permitirán reducir el impacto negativo que se genera al medio ambiental, mejorar los rendimientos, mantener una calidad adecuada y reducir los costos de operación.

1.1.2. Ámbito Nacional

En el ámbito nacional las variaciones de las condiciones ambientales crean un grano sometido a diferentes condiciones ambientales como presiones, temperaturas y humedad, estos cambios ambientales son

determinantes para el producto lo que determina el criterio de tratar de controlarlos.

A nivel nacional la Empresas procesadoras de café en sus depósitos donde almacenan sus productos hay presencia de variación ambiental periódicas, esto hace que los granos estén sometidos a temperaturas y humedad relativa. Los granos del café ganan o pierden agua lentamente, el porcentaje de humedad no cambia aun siguiendo los indicadores extremos de las condiciones del ambiente, ante esto toma valores de equilibrio en los contenidos de humedad y máximo. Ante estos cambios ambientales se deben controlar, para tener un mejor beneficio del producto, realizando un manejo tecnificado del ambiente donde están las instalaciones y un mejor control del grano de café, debemos utilizar como ejemplo un sistema de acondicionamiento de aire, activando sistemas de ventilación, aislando térmicamente las instalaciones o manejando escotillas y compuertas. Aun esto presenta una dificultad de mantener constante y uniforme las condiciones ambientales de un almacén o de un silo, pero sí es posible técnicamente reducir las variaciones de las condiciones de almacenamiento buscando el intervalo óptimo de éstas, para lo cual se hacen imprescindible buen conocimiento sobre las características técnicas del grano del café, situación que aún muchas empresas peruanas no han logrado mejorar. (Riaño, s.f., p. 17).

1.1.3. Ámbito Local

En la procesadora Aromas Tabaconas s.a.c, tiene 3 años al servicio de los agricultores cafetaleros de la provincia de Jaén, San Ignacio y Cutervo, pero la falta de tecnología en la zona o lo alto de esta no permite que este salga de la tradicionalidad, sigue desarrollando el proceso de secado de su producto mediante métodos comunes, es decir al ambiente lo que conlleva a un gasto excesivo de tiempo, aumento de gasto por parte de los trabajadores que deben dedicarse a la faena y mal uso del espacio ya que para el sacado deben contar con mucho espacio que no se puede utilizar de otra forma más que para el secado de su producto. Este grano presenta ciertos defectos siendo la etapa más delicada e importante del beneficio del café, esto lleva a tener cierto rigor para poder conservar la calidad, con la exigencia del mercado internacional el secado de modo tradicional no cumple con las exigencias en cuanto a la calidad y sabor,

existen factores que se deben tener en cuenta que continuaciones resaltaremos.

Uno factor es que al no tener un debido proceso de secado esto va a llevar a una fermentación y posterior va a presentar una deformación en el color de los granos, al estar expuesto al secado tradicional esto necesita están moviéndolo con rastrillos, al realizar este método se pisa el café esto hace que se contamine, al no tener un modelo de secado con tecnología es inevitable que el café se moje con las lluvias repentinas, el proceso de secado no tiene que presentar interrupciones, al embolsar el café húmedo para almacenarlo es probable que sea atacado por hongos que causarían reducción de taza, y así nos encontramos con realidades distintas que al no tener la tecnología necesaria se va a traducir en muchos factores negativos para la procesadora, como falta de competitividad ante otras organizaciones de productores cafetales que si contemplan a tecnología de secado.

1.2. Trabajos previos

Huaraz (2013) En su investigación para optar el título de Ingeniero Mecánico cuyo título fue “Diseño de un gasificador de 25 kW para aplicaciones domésticas usando como combustible cascarilla de arroz” planteo el objetivo de proponer un trabajo donde el diseño de un gasificador de 25 kW para su empleo en los procesos de cocción, este trabajo abarco desde el diseño del sistema de generación de gas pobre y la selección del quemador, en donde las conclusiones más relevantes para esta investigación son primero que determino la producción de energía del arroz mediante el proceso de gasificación en toneladas equivalentes de petróleo y estableció que al ser un sobrante del proceso al usarlo como combustible el costo de este es casi nulo, el gasificado fue adecuado debido a que el tamaño es reducido en su caso en particular la relación aire combustible es de 1.8 por lo que uso un ventilador para lograr esta mezcla, recomienda utilizar un intercambiador de calor tipo coraza y tubos, y usar como agente refrigerante el agua en este caso el flujo que estableció fue de 0.033 l/s, establece que para aumentar a una gran escala se deberá usar un ciclón.

Miguez (2013) en su investigación para optar el título de Ingeniero Mecánico cuyo título fue “La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética” planteo el objetivo de estudiar y analizar el comportamiento durante un periodo prolongado, de la planta de operación de biomasa que tiene disponible, en sus conclusiones más relevantes para esta investigación se tiene que al utilizar la biomasa para generación de electricidad deben destacarse las políticas en cuanto a medidas de ahorro y en eficiencia energética con lo que se busca lograr efectos positivos por el parte de la demanda de energía, comenta que realizar mayores trabajos sobre investigación en la disposición acerca de como optimizar el uso de la biomasa mediante la construcción y puesta en marcha una planta de tamaño industrial lograr un impacto ambiental positivo, las alternativas para el incremento de la eficiencia radica en dos criterios primero en la modernización de turbinas en cuanto a las características que debe tener la entrada de vapor y segundo en reducir los autoconsumos de energía que requieren los sistemas auxiliares del proceso de generación.

Toscano (2009) en su investigación para optar el título de Ingeniero Mecánico cuyo título fue “Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa” planteo el objetivo de analizar el comportamiento general del cascarilla de café, bagazo de caña y cascarilla de arroz para poder utilizarlos en hornos de combustión como combustibles alternos, entre sus conclusiones más relevantes establece que los altos niveles de minerales presentados en estas biomazas generan potenciales problemas en sus cenizas por la formación de incrustaciones en las superficies internas del horno y caldera, se garantiza que las cenizas de las diferentes biomazas no se fundirán por que la temperatura adiabática de la llama es menor que la temperatura de ablandamiento, los valores altos de I, generan otro problema que por los altos niveles de óxidos de nitrógeno, en la selección del horno una da las características más importantes es el tamaño de la biomasa ya que se puede recurrir a tratamientos previos.

Martínez (2015) en su investigación para optar el título de Ingeniero Mecánico cuyo título fue “Simulación del proceso de gasificación termoquímica para la obtención de gas combustible, aplicado a cascarilla de café” tuvo el objetivo de usar el software de simulación MATLAB para el proceso de gasificación termoquímica de la cascarilla de café en la caracterización del gas combustible, en esta concluye que estimada el valor para la energía de activación teórica de 220.41 j/mol en la cascarilla de café, para la gasificación sin vapor de agua el máximo valor de entalpía de contenido energético total es de 3440.21 j/gr y la gasificación con agua el valor máximo de entalpía de combustión es de 3937.81 j/gr para el valor máximo el contenido energético total es 4280.29 j/gr,

Espinoza, Menjivar y Najaro (2018) en su investigación para obtener el título de Ingeniero Mecánico titulada “Diseño, Construcción y Caracterización de secador de granos de café, utilizando la energía térmica contenida en fluidos geotérmicos” cuyo objetivo fue justamente diseñar una aplicación industrial para el aprovechamiento de la energía térmica contenida en los fluidos geotérmicos, en ella concluye que la construcción de un prototipo para el producto de casi 2 toneladas demora 29 horas y la temperatura varía desde 39.3°C hasta 50.5°C, la temperatura del ambiente y su humedad relativa afectan a la temperatura del aire que es la correspondencia de la temperatura en él. El diseño resulto tener menos tiempo de secado que el cálculo, las capas e café que se utilizaron fue de 20 cm esto se debió a poder moverlo durante la prueba.

1.3. Teorías relacionadas con el tema

1.3.1. Biomasa

La biomasa es todo residuo orgánico que provee de la naturaleza, es decir toda materia orgánica, esta materia puede ser producto de árboles, plantas y desechos de seres vivos que se pueden convertir en energía, o conllevando a la participación de las actividades del ser humano que también cumplen con el concepto de biomasa, los residuos de aserraderos como podas, ramas, aserrín o cortezas, residuos de la

agricultura como las partes de las plantas que no son utilizados por el ser humano y los residuos provenientes de las urbes como aguas negras o basura. La biomasa es la fuente de energía que podría catalogarse como la más antigua conocida por el hombre, pues se ha usado desde que nuestros ancestros descubrieron el fuego. (FOCER, 2003, p. 9).

La combustión directa ha sido la forma más común de utilizar este recurso convirtiéndola directamente en calor para asumir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, generación eléctrica y producción de vapor, aunque en la actualidad los avances en tecnología permiten hacer un mejor uso de la biomasa como combustible convirtiéndola en combustibles líquidos o gaseosos mayor eficientes que en su estado sólido (FOCER, 2003, p. 4).

La biomasa ingresa en el concepto de recurso renovables porque su valor energético proviene del sol, por la fotosíntesis las plantas capturan la energía y convierten el dióxido de carbono del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar materia orgánica al quemar los carbohidratos estos regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que tomaron del sol. Así se forma en la biomasa una seuda batería de energía solar lo que se puede considerar se produce en forma sostenida o que es lo mismo se produce en el mismo nivel que se consume. (FOCER, 2003, p. 6)

Fuentes de biomasa

Estas fuentes de biomasa que son usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes: los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos orgánicos urbanos y las plantaciones energéticas, se usan, generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de combustibles fósiles. (FOCER, 2003, p. 6)

a. Plantaciones energéticas

Son plantaciones cultivadas con el único fin de ser combustible en forma de biomasa, estos cultivos son de rápido crecimiento, bajo mantenimiento y en tierras de bajo valor productivo, los matorrales que son manejables para su mejor crecimiento también son un recurso óptimo para este enfoque, su gran limitante está en la escala ya que se requiere una área considerable de terreno para producir recurso suficiente para ser rentable en la conversión de energía (FOCER, 2003, p. 7)

b. Residuos forestales.

Poco explotada actualmente, de cada árbol tomado para la obtención de madera se usa solamente un 20% del total, según indicadores se estima también que el 40% no es utilizado y se quedan entre las ramas y raíces de la plana que quedan en los el campo a pesar que el potencial energético, y el otro 40% en el aserradero donde se queda en la producción de astillas, corteza y aserrín. (FOCER, 2003, p. 8)

c. Desechos agrícolas.

Así como en la industria forestal, los residuos agrícolas se quedan en el campo, la agricultura genera una considerable cantidad de desechos, se estima que se desperdicia en valores superiores al 60% y los desechos en proceso entre el 20% y un 40%. (FOCER, 2003, p. 8).

d. Desechos industriales.

Son generados en las industrias alimentarias, como subproductos y residuos que se usan como fuente de energía. (FOCER, 2003, p. 9)

e. Desechos urbanos.

En las urbes se desechan grandes cantidades de residuos orgánicos, como residuos de alimentos, papel, maderas y aguas servidas, varios países centroamericano no usan un sistema adecuado para su procesamiento por lo tanto en vez de ser adecuados para generar energía se vuelven un problema de contaminación. (FOCER, 2003, p. 9)

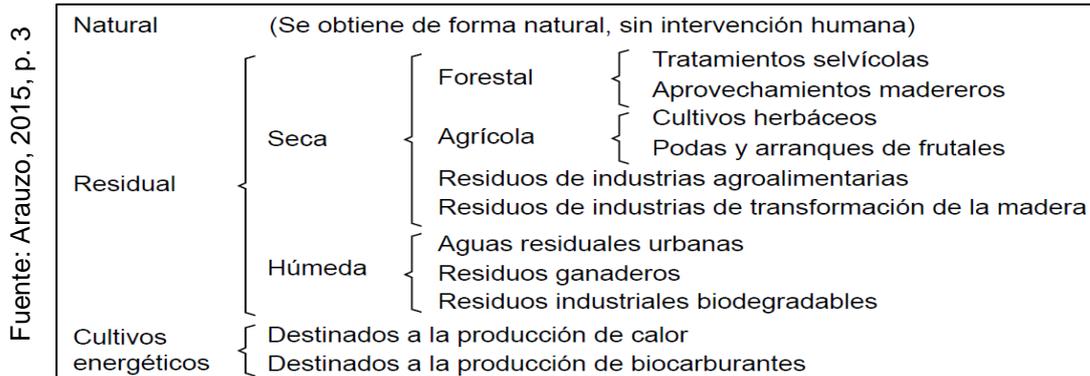
Tecnologías de conversión de la biomasa

Los cuatro grupos en que se clasifican son por conversión biológica, mecánica, termoquímica y química.

En las tecnologías de conversión de biomasa se agrupan en cuatro grupos principales siendo: a). tecnologías de Conversiones biológicas de ellas se dividen en (fermentación, digestión anaerobia, hidrólisis enzimática, compostaje), b). Tecnologías de conversión mecánica, dividido en (prensado, extracción, producción de pellets, composites), c). Tecnologías de conversión química, con sus derivados en (industria papelera, transesterificación), d). Tecnologías de conversión termoquímica (torrefacción, carbonización, pirolisis, gasificación, combustión). Comentado en estos tipos de conversiones, una buena tecnología que se adapta para la conversión es de un tipo más concreto de biomasa que depende fundamentalmente de su composición y el grado de humedad, y por ende, del tipo de producto final al que se desea alcanzar. (Arauzo, 2014, p. 2)

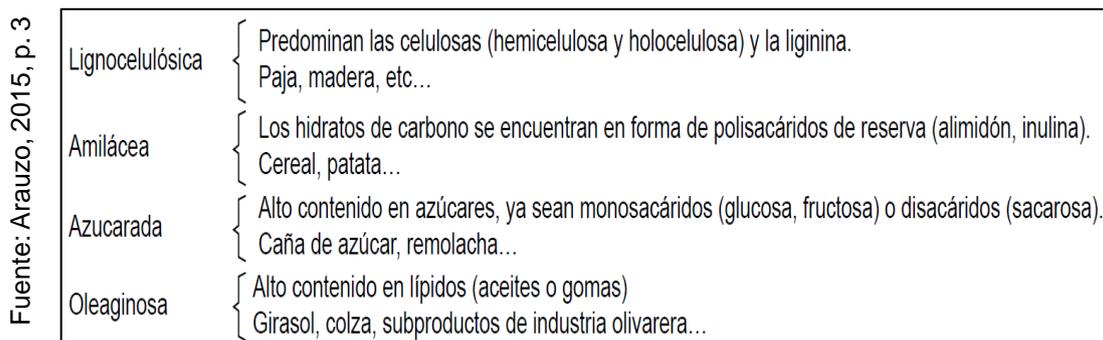
La clasificación de la biomasa puede ser:

Figura 1



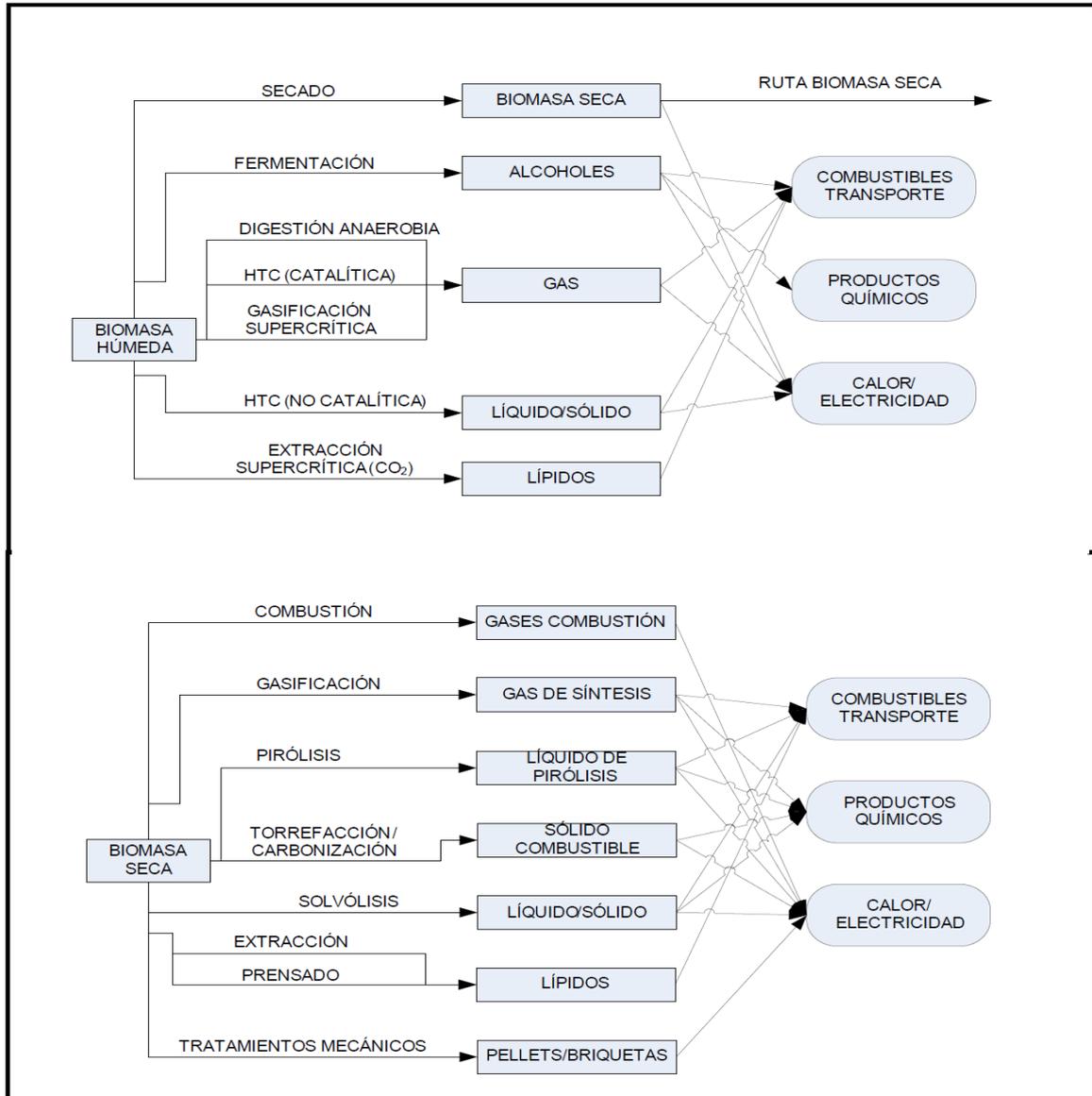
Clasificación de la biomasa de acuerdo a su procedencia

Figura 2



Clasificación de la biomasa de acuerdo a su composición

Figura 3



Fuente: Arauzo, 2015, p. 3

Tecnologías de conversión de la biomasa

Procesos termoquímicos para la conversión de biomasa

a. La torrefacción

Proceso que se puede considerar previo a la combustión donde se seca la biomasa para la producción de combustible sólido por medio de molienda.

La torrefacción es un proceso de pre tratamiento antes de la combustión. Se realiza un calentamiento de biomasa a temperaturas que asciende los 200°C y 300°C en atmosfera libre de oxígeno, al secar completamente la biomasa pierde toda su estructura fibrosa, convirtiéndose más fácil para su demolición. De esto, la densidad energética después del proceso de torrefacción el material

aumenta con respecto la biomasa de partida, aun habiendo una pérdida de su masa hasta en un 30%, un 90 % del contenido energético original de la biomasa se puede conservar en el material torrefactado, facilitando así de esta forma su transporte. (Arauzo, 2014, p. 4).

b. La Pirolisis

Es el calentamiento de la biomasa en ausencia de oxígeno logrando una descomposición térmica de la biomasa, así como tres estados del producto sólido, líquido y gaseoso.

Proceso termoquímico con el que se denomina el calentamiento de un material biomásico en una atmósfera deficiente de oxígeno u otros agentes oxidantes (en la torrefacción, mencionada en el párrafo anterior, es el proceso de pirolisis a temperaturas bajas). A consecuencia de este tratamiento a temperaturas moderadas (a un máximo de 600°C), empieza a realizarse la descomposición térmica de la biomasa para obtener tres fracciones de producto: sólido, líquido y gas. Cabe destacar que el control y las condiciones de operación, especialmente de la temperatura final y la velocidad de calentamiento, permite dirigir el proceso a la obtención prioritaria de uno de estos tres productos, si bien la formación de los otros dos ocurre inevitablemente (aunque en menor medida). La pirolisis es un proceso endotérmico, y la energía para poder llevarla a cabo suele proporcionarse mediante la combustión parcial o total de alguna de las fracciones de producto generadas en el proceso y/o de la materia prima de partida. (Arauzo, 2014, p. 4).

c. La gasificación.

Apunta directamente a la producción de gas mediante reacciones a temperaturas mayores a la pirolisis con presencia de un agente gasificador.

...el objetivo de la gasificación es obtener una cantidad mayoritaria de gas combustible, a través de reacciones que se dan a temperaturas elevadas a las de la pirolisis en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno puro y/o vapor de agua). En conclusión, se trata de una oxidación parcial de la biomasa usando únicamente un 25 a un 30% del oxígeno estequiométrico para la combustión total del mismo. Este proceso de gasificación puede tener carácter auto térmico o requerir, como la pirolisis, de aportes suplementarios de energía para realizarse. (Arauzo, 2014, p. 4).

1.3.2. Proceso productivo del café

Según **Escobar, Aréstegui, Moreno, Sánchez, (2013)** el proceso del grano del café se inicia con la recolección del grano y se necesita paciencia, empeño y delicadez. Para este procedimiento es de igual importancia que el sembrado de la planta, esto inicia principalmente desde la cosecha del fruto o cerezo y después continua con los demás pasos que es el secado, procesado, clasificado. **(p. 9)**.

a) Extracción de las semillas

Vía seca (se cosechan los granos rojos o amarillo, quedando adherido a la rama el pezón), vía húmeda (se cosechan los granos de la planta, se deja en remojo para quitarles la capa y luego lavar las semillas).

b) Admisión en el beneficiario

El mismo día que se ha cosechado, se recepciona el café para su proceso, después del lavado. Al momento de recibir el café se lo pesa procurando que no esté expuesto al sol.

c) Despulpado o Descascarado

Área donde se retira la pulpa del café cuando llega al Procesadora.

El proceso se debe realizar antes de las 6 horas de haberse recolectado, ya que al dejar más tiempo podrían ocurrir afectaciones al producto llegando de producir fermentación de los granos. Se debe construir un tanque de agua de suficiente volumen para su almacenamiento. Tiene que haber una máquina para despulpar de acorde a la cantidad de horas diarias que se utilice. Se debe lavar antes del despulpado, las cuchillas alimentadoras calibrar, la tolva y el cilindro de la despulpadora se debe revisar por ultimo revisar el sistema de movimiento sea eléctrico o manual. Verificar que no haya impurezas como: troncos de madera, objetos metálicos y otros residuos vegetales, etc. Abastecer con suficiente agua a la despulpadora y enseguida dejar pasar los granos de café. Recolectar la pulpa, secar y procesar para darle uso como fertilizante. Las aguas del despulpado se tienen que recoger, juntar con las aguas del lavado para someterlas a un tratamiento y evitar contaminación ambiental. **(Escobar et al, 2013, p.9)**.

d) Zarandeo

Se realiza mediante una zaranda que debe seleccionarse en relación con el resto de la maquinaria o por lo menos de su predecesora (despulpadora) la condición de ser manual o eléctrica no es prioridad el objetivo es separa los granos que no se han despulpado. (Escobar *et al*, 2013, p.9).

e) Fermentación

En un tanque de fermentación se coloca el café despulpado. Dejar entre 12 a 20 horas para sus fermentación (aunque existen otros métodos de fermentado, en este caso se detalla el más común), hasta ver que la textura este rugosa. Se tiene que evitar que el café se sobre fermente, o que no se fermente lo suficiente, esto aria que pierda la calidad, más aun que ahora se exige calidad física y tasa. (Escobar *et al*, 2013, p.9).

f) Lavado

Existen métodos tradicionales que, los recomendados son mediante el lavado en un fermentador o en un canal clasificador:

Fermentador:

En el fermentador se lava el café de inmediato, si por razón alguna no se lava, sumergido en agua limpia y en menor tiempo se debe guardar, lavar entre 2 o 3 veces hasta asegurarse que no quede mucilago, las aguas se recogen o se derivan a una pozo para que se oxigene y purificar antes de desecharlas.

Canal clasificador:

“se realiza esta actividad en el canal clasificador para obtener varios tipos de café. Cuenta con tres secciones separadas por compuertas. En una se realiza el lavado. Se agrega agua la cantidad necesaria y se mueve el café con una paleta de madera o metal. Se desechan la espuma e impurezas obtenidos en el tercer compartimiento” (Escobar *et al*, 2013, p.10).

g) Clasificación

La clasificación se da para obtener diferentes tipos de calidad pueden ser de dos a más. Se realiza la selección a través del canal clasificador, que consta de 3 secciones separadas y por 2 compuertas. Si el lavado se realizó en el tanque fermentador, con abundante agua se envía el café, habiendo realizado el respectivo lavado los compartimientos van a ir seleccionando el café haciéndolo de diferentes calidades.

h) Secado

Se puede realizar con secadores artificiales, también se emplean diversas técnicas, el café se extiende en una carpa o tendal formando una capa que puede ser hasta de 4 cm de alto, con un rastrillo se mueve cuidadosamente entre 4 a 5 veces al día o dependiendo las condiciones climatológicas. Dentro de 4 a 5 días expuesto al sol el café va obteniendo un color verde oliva. Se recomienda ajuntar o cubrir el café con plástico por las noches. Estando listo el café se separa los granos que tienen otro tono de color o anormales. (Esto ocurre si hubo sobrecalentamiento en el proceso de secado, es usado para elaborar café soluble).

i) Almacenamiento

En costales limpios se ajunta el café, en cafés orgánicos se almacenan primero en una bolsa plástica posterior se almacena en costales, registra el peso total de cada saco que el productor entrega, en lugares ventilados y secos que no estén expuestos a posibles contaminaciones se almacena temporalmente el café sobre tarimas de madera o parihuelas. Se determina si hubo ganancias o pérdidas de peso del café. **(Escobar et al, 2013, p.10).**

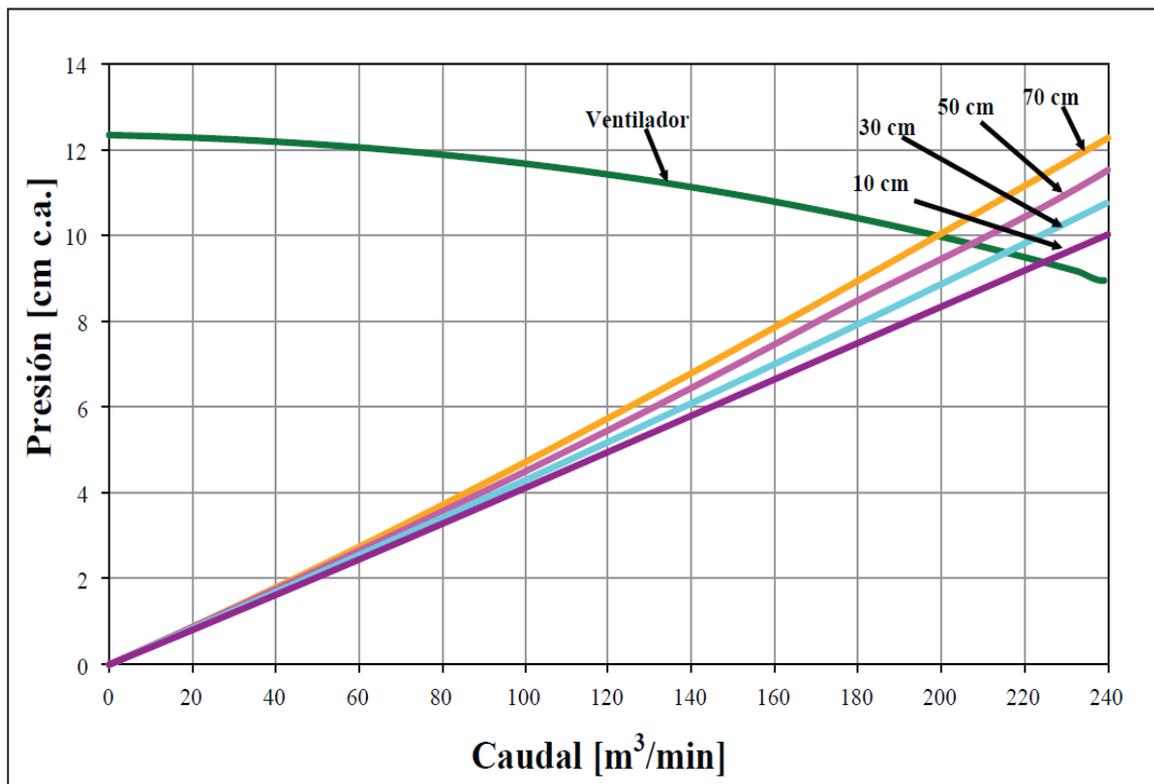
1.3.3. Calculo de parámetros para secadores mecánicos

Se diseñan secadores de café durante el flujo de mayor abundancia de cosecha al año llamado día pico que puede variar en 1.5% a 4% de la producción anual, el volumen de la cámara de secado no solamente depende de este valor sino que también la selección del equipo que se

empleara para el calentamiento del aire y el ventilador que hará fluir el aire caliente para secar el café, aunque este factor se vuelve contraproducente cuando no se logra llenar el secador a su máxima capacidad llevando esto a un sobredimensionamiento de la maquina hasta que la cosecha llegue a su mayor punto. Ya que incurre en mayor gasto de energía ya sea eléctrica o combustible para su operación **(Gonzales, Sanz, Oliveros, 2010, p. 2).**

Figura 4

Fuente: Gonzales et al. 2010, p. 2



Como se muestra en la gráfica se comporta un ventilador centrífugo

Como se puede apreciar en el gráfico, a medida que disminuye el paso del aire el caudal aumenta, las pérdidas de presión va a depender del caudal que va a circular a través de los elementos que conforman el sistema de secado, la gráfica establecida por un secador real de 2 kilogramos con 70, 50, 30 y 10 cm de espesor de café. El sistema funciona en el punto común a la curva característica del ventilador la curva de pérdidas de presión del sistema, por tal razón cuando se tiene una capa mayor a los 70 cm la resistencia al paso del aire es superior que cuando las capas son delgadas. **(Gonzales et al, 2010, p. 4).**

1.4. Formulación Del Problema

¿Cómo se debe plantear la reducción del tiempo de secado del café aprovechando la cascara de café como biomasa?

1.5. Justificación Del Estudio

Justificación Técnica

Se justifica técnicamente porque se desarrollará un método de aplicación de la tecnología para la producción de calor y su aplicación en el secado del café, orientando está a mejorar una tendencia artesanal que muchos años se viene empleando.

Justificación Ambiental

Se justifica ya que la cascara de café siendo un residuo del proceso productivo sin utilidad aparente en la procesadora donde se desarrollará la investigación, es eliminado y contribuyente de la contaminación en la zona, al usar la cascarrilla como combustible reducirá la contaminación siendo beneficioso para el medio ambiente.

Justificación Económica

En cuando a lo económico sobre todo su justificación se da ya que el objetivo general es reducir el tiempo de secado esto contribuiría al aumento de productividad en todo el proceso en general y le daría mejoras resultados en ingresos económicos a la procesadora, aparte que podría incursionar en otros mercados al tener una producción mayor podría entrar en competencia con Procesadoras de mayor producción.

Justificación social

Se justifica socialmente, ya que a nivel general la procesadora tendría un mejor método de secado, llegando a mejores resultados, así también aportaría soluciones para que los agricultores de la zona empleen esta tecnología para que el producto llegue a su calidad y taza que los mercados exigen.

1.6. Hipótesis

Si se diseña un secador biomásico alimentado con la cascara de café entonces se podrá reducir el tiempo de secado en la procesadora Aromas Tabaconas S.A.C de Jaén en el año 2018.

1.7. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un secador biomásico alimentado de cascara de café para reducir el tiempo de secado en la Procesadora Aromas Tabaconas S.A.C en Jaén en el año 2018.

Objetivos Específicos

1. Determinar el requerimiento calorífico para el sacado de café actualmente en la procesadora.
2. Determinar la cantidad de combustible requerido para el secado de café.
3. Diseñar el secador de café biomásico con cascara de café.
4. Realizar una evaluación económica para la inversión que se realizara.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Tipo de investigación

Aplicada. – Se pueden tomar los resultados de manera inmediata para la fabricación del secador biomásico.

No experimental. – Será de este tipo por que no se experimentará con las variables para llegar a los resultados.

Descriptiva. - Será descriptiva según la toma de datos porque no se establecerá ninguna operación adicional para recoger los datos necesarios, estos serán colocados tal y como se muestran recogiendo una descripción exacta de la realidad.

2.2. Variable, Operacionalización

Variable independiente

Diseño de un secador biomásico con cascara de café

Variable dependiente

Reducción en el tiempo de secado del café.

Tabla 1

Variable independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Diseño de un secador biomásico con cascara de café	Diseñar un horno que funciona con cascara de café como combustible cuyo fin sea el secar el café con cascara	Determinar requerimiento energético	Kilo Jules por kilogramos	Razón
		Determinar la disposición del combustible	Kilogramos	Razón
		Seleccionar horno biomásico	Cumple con requerimientos/	Nominal

			no cumple con requerimientos	
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Reducción en el tiempo de secado del café	Reducir el tiempo que requeriré el café para tener la humedad requerida para empezar el proceso de pilado.	Tiempo requerido para el secado artesanal	horas	Razón
		Tiempo requerido por el aire caliente	horas	Razon

Cuadro de Operacionalización de variables, Fuente: Propia

2.3. Población y muestra

La población y muestra es donde se obtendrán los datos para el desarrollo de la investigación debido al reducido tiempo y recursos la muestra se tomó como no probabilística y será del tamaño de la población, se estableció como:

Población

Parámetros del Proceso de secado de café en el procesadora Aromas Tabaconas S.A.C.

Muestra

Parámetros del Proceso de secado de café en el procesadora Aromas Tabaconas S.A.C.

En la investigación las unidades de análisis serán tomadas de la muestra y el tipo de muestreo utilizado es del tipo **No probabilístico** debido a que en esta investigación los sujetos serán tomados por los investigadores de acuerdo a nuestra realidad problemática, es decir no interviene la aleatoriedad y el azar. (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2011, p. 237).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 2

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis de documentos	Determinará producción del café y cantidad de cascara promedio
Encuesta	Determinar el tiempo de secado (trabajadores del proceso de secado) Determinar la aceptación del secado por aire caliente (laboratorista del laboratorio de calidad)

Técnicas e instrumentos de recolección de datos que se usaron. Fuente: Propia

Validez y confiabilidad

Validez:

La validez será determinada por el análisis de los instrumentos por un ingeniero dedicado al área de diseño y por el dueño de la empresa donde se realizará la investigación, la validez se dará por medio de la firma de ambos en el instrumento.

Confiabilidad:

Se determinará por una declaración jurada del tesista cuando esté concluida su tesis, plasmando que todos los datos son verdaderos en la investigación.

2.5. Métodos de análisis de datos

Se usará estadística descriptiva para establecer valores puntuales como la varianza o promedios.

2.6. Aspectos éticos

Se usarán los datos solamente para esta investigación comprometiendo que no se usarán para causar ningún daño a la institución, y se coordinara con ella directamente para la publicación de estos cuando se requiera. Se manejará el tema ético alineándonos al código Ontológico del Colegio de Ingenieros del Perú el cual describe al Ingeniero como un especial con vocación de servicio, vera objetico y ético.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar el requerimiento calorífico para el sacado de café actualmente en la procesadora.

La procesadora Aromas Tabaconas sac que usa el secado artesanal para el café que cosecha y realiza la compra en cerezo y realiza el despulpado para vender café pergamino y a la vez vender café tostado debidamente con su registro sanitario. Esta realiza sus operaciones en los 4 meses de campaña del café que se al año (mayo, junio, julio y agosto). Durante estos meses la procesadora logra registrar alrededor de 18,372 latas de café cerezo, de esto para obtener un quintal de café necesitamos 20 latas de café cerezo, que en su totalidad serian 918.6 quintales que se procesarían durante una campaña, estando el café seco en su totalidad por cada 20 latas de café cerezo obtenemos 54.43 Kg (120 libras) de café pergamino seco a un 12% de humedad que son los estándares que exige el mercado.

El secado artesanal para llegar a su término final, variar entre 4 a 5 días dependiendo las condiciones climatológicas, este proceso necesita una cierta cantidad de área de terreno para el secado, en la procesadora donde se realiza la investigación cuenta con un área disponible de 400 m², en dicha área se instalan 8 carpas en el piso de 6x8m; Llegando a ocupar un total de 384 m², la capacidad de café que podemos secar en la área es de 1,736 Kg (3838.24 Libras).

Para determinar la cantidad de energía que se necesita para el secado del café se puede establecer determinando el área de secado y la energía calorífica que brindo el sol durante el mes más bajo durante 5 días como máximo que demora este proceso en otras palabras:

$$E_r = (E_c \cdot A) D$$

Donde:

E_r : Energía requerida para secar el café.

E_c : Energía calorífica solar en la zona.

- A : Área de influencia de la energía.
- D : Días que requiere para secar el café.

La energía térmica que requiere el café para su secado lo determinaremos de una página que dispone la NASA como un flujo de radiación solar adecuando las coordenadas del sitio las cuales son:

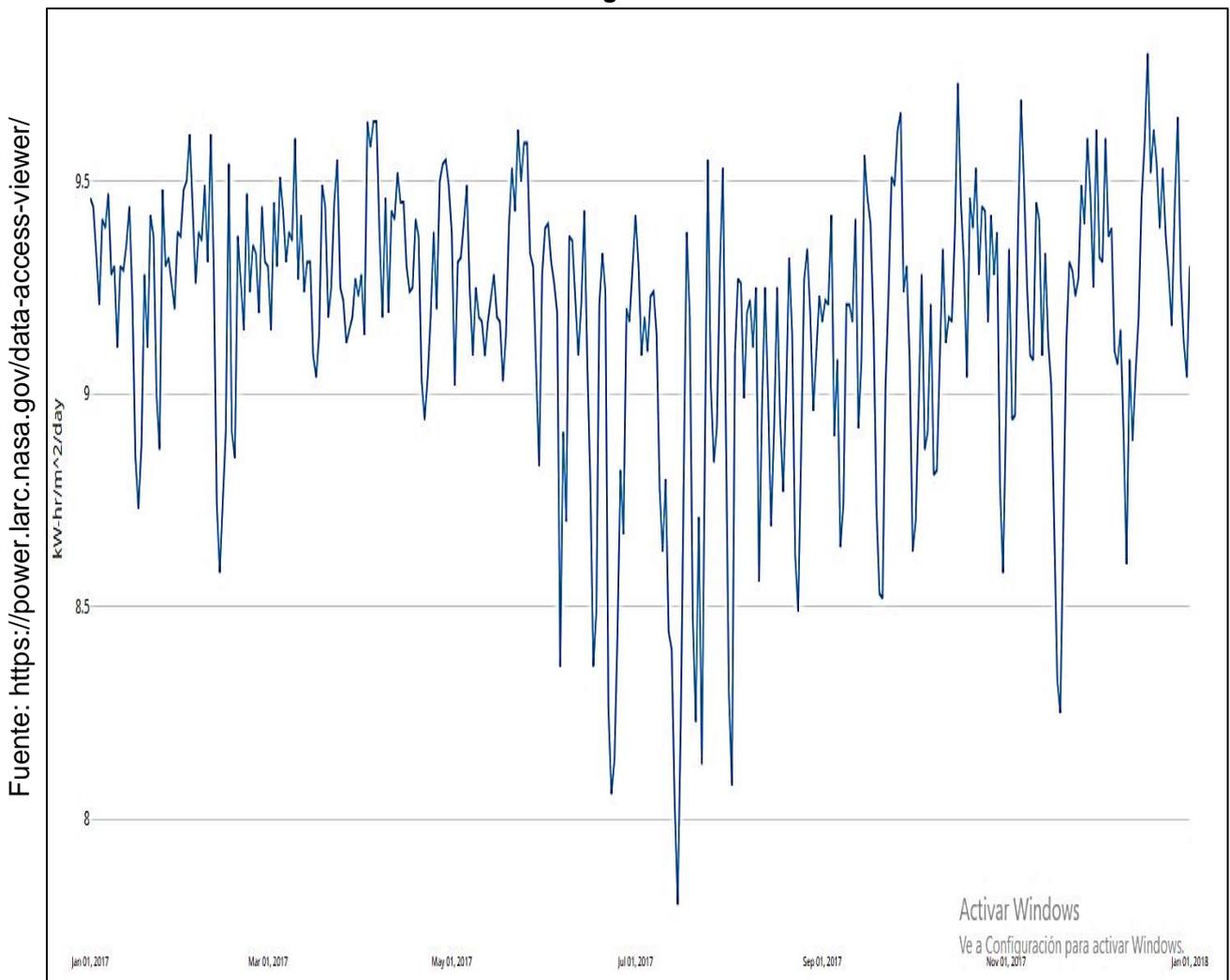
Tabla 3

Coordenadas	
Este	Oeste
-5.68	-78.79

Coordenadas de la ubicación de la Procesadora. Fuente: Propia

Con esta página mencionada nos da:

Figura 5



Fluctuación de la energía térmica en el año 2017

Buscando el calor emitido por el sol en el día más bajo se tiene:

Tabla 4

CALOR (Kwh/m2/dia)		
Mes	Minima	Maxima
ENERO	8.73	9.48
FEBRERO	8.58	9.61
MARZO	9.04	9.6
ABRIL	8.94	9.64
MAYO	8.83	9.62
JUNIO	8.06	9.43
JULIO	7.8	9.55
AGOSTO	8.08	9.34
SETIEMBRE	8.52	9.66
OCTUBRE	8.58	9.73
NOVIEMBRE	8.25	9.69
DICIEMBRE	8.6	9.8

Radiaciones mínimas y máximas en todo el año por mes. Fuente: NASA

Considerando para el calor mínimo que se demoró 5 días en el secado y para el máximo 4 días se determinan con el calor mínimo y máximo emitido que cantidad de calor se usó para cada caso:

Tabla 5

DIA	CALOR (kWh/m2/dia)				
11/07/2017	8.8				
12/07/2017	8.44	8.44			
13/07/2017	8.4	8.4	8.4		
14/07/2017	8.04	8.04	8.04	8.04	
15/07/2017	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
16/07/2017		8.22	8.22	8.22	8.22
17/07/2017			8.78	8.78	8.78
18/07/2017				9.38	9.38
19/07/2017					9.18
TOTAL	41.48	40.9	41.24	42.22	43.36

Posibles combinaciones considerando el calor mínimo. Fuente: Propia

En la tabla se proporciona combinaciones de 5 días donde aparece el calor mínimo.

Tabla 6

DIA	CALOR (kWh/m2/dia)				
16/12/2017	9.46				
17/12/2017	9.59	9.59			
18/12/2017	9.8	9.8	9.8		
19/12/2017	9.52	9.52	9.52	9.52	
20/12/2017		9.62	9.62	9.62	9.62
21/12/2017			9.54	9.54	9.54
22/12/2017				9.39	9.39
23/12/2017					9.53
TOTAL	38.37	38.53	38.48	38.07	38.08

Posibles combinaciones considerando el calor máximo. Fuente: Propia

La tabla proporciona combinaciones de 4 días a partir del día que se generó el máximo calor.

De ambas tablas se puede determinar que según sus totales de calor por metro cuadrado utilizado solo la combinación de los días 15/07 al 19/07 es la mayor cantidad de energía que se utilizó para el secado del calor, ahora referenciando al área que se utiliza para el secado se considera que el requerimiento energético para secar el café en el Procesadora en el caso más crítico llega a:

Tabla 7

Er	16650.24	kWh
A	384	m2
Ec	43.36	kWh/m2

Calor requerido para secar el producto deseado. Fuente: Propia

$$E_r = \left(43.36 \frac{Kwh}{m^2} * 384m^2\right)$$

$$E_r = 16650.24 Kwh$$

3.2. Determinar la cantidad de combustible requerido para el secado de café

Para determinar la cantidad el combustible requerido para el secado se deberá seleccionar una tecnología para cambiar el proceso de secado solar, en la zona la tecnología más común es el sacador mecánico de

capa estática. El café para poder procesarse o para entrar en el Procesadora debe bajar su humedad de:

Tabla 8

Humedad café	53%
Humedad deseada	12%

Humedades requeridas en el café. Fuente: Procesadora de Aromas Tabaconas

Según el artículo “Control de caudal y temperatura de aire en el secado mecánico de café” en la revista agrícola Cenicafe el café solo puede exponer a una temperatura de 50°C en un secador sin que se vea afectado el grano.

Considerando la eficiencia del sistema:

$$\eta_T = \frac{\dot{m}_a c_p (T_s - T_a)}{\dot{m}_c \cdot h_0}$$

Donde:

- η_t : eficiencia termica total.
- \dot{m}_a : flujo másico de aire.
- \dot{m}_c : flujo másico de combustible
- c_p : calor específico del aire a presión constante
- T_s : temperatura del aire.
- T_a : temperatura ambiente
- h_0 : poder calorífico del combustible.

De esta fórmula podemos despejar el flujo másico del combustible y tenemos:

$$\dot{m}_c = \frac{\dot{m}_a c_p (T_s - T_a)}{\eta_T \cdot h_0}$$

Según la revista científica Cenicafe, determina que la eficiencia entre un 70 a 90% para tecnologías de generación de calor usando como

combustible la cascara del café, en el estudio de castillo el cual determina los parámetros fisicoquímicos y cinéticos para la cascarilla de café con la consideración de ser utilizados en simulaciones computacionales plantea el poder calorífico y densidad de la cascarilla de café como:

Tabla 9

η_t	70%	
	90%	
h_0	17.2	Mj/kg
ρ_c	314	kg/m ³

Propiedades caloríficas de la cascarilla de café Fuente: Cenicafe

Para calcular la cantidad necesaria de combustible requerido tomaremos un promedio de la eficiencia teniendo un 80%, y convirtiendo el poder calorífico a kilo joule por kilogramo tenemos 17200 kj/kg.

El flujo másico del aire lo podemos determinar:

$$\dot{m}_a = q m_{cps} \rho_a$$

Donde:

- q : Caudal optimo específico.
 m_{cps} : Masa de café a enfriar.
 ρ_a : densidad del aire

El caudal optimo especifico se tomó de la revista científica Cenicafe, la masa de café a enfriar se determinó por medio de la encuesta realizada al personal de la Procesadora y la densidad del aire a 25°C temperatura ambiente en la zona, se tomó de tablas termodinámicas del libro Sengel. Estableciendo los valores:

Tabla 10

m_{cps}	1736.32	kg
ρ_a	1.184	kg/m ³
q	0.1	m ³ / min. Kg
m_a	205.58	kg/min

Calculo de flujo másico de aire. Fuente: Propia

$$\dot{m}_a = 0.1 * 1736.32 * 1.184$$

$$\dot{m}_a = 205.58 \text{ kg/min}$$

Transformando el flujo másico del aire a kilogramos por segundo obtenemos el valor 1736.32 kg/s.

También establecemos el caudal requerido de aire:

$$\dot{V}_a = m_{cps} \cdot q$$

Tenemos:

Tabla 11

mcps	1736.317	Kg
q	0.100	m ³ / min. Kg

Calculo de volumen de aire requerido. Fuente: Propia

$$\dot{V}_a = 1736.32 * 0.1$$

$$\dot{V}_a = 173.63 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_a = 2.894 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Considerando todos los datos y tomando las temperaturas en kelvin, podemos obtener el flujo másico de combustible:

Tabla 12

ηt	80%	
ma	3.4	kg/seg
cp	0.718	Kj/kg . K
Ts	323	k
Ta	298	k
h0	17200	kj/kg
mc	0.0045	kg/seg

Calculo del flujo másico de combustible requerido. Fuente: Propia

$$\dot{m}_c = \frac{3.43 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} * 0.718 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}} \cdot k * (323k - 298k)}{0.8 * 17200 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}}}$$

$$\dot{m}_c = \frac{61.5}{13760}$$

$$\dot{m}_c = 0.0045 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Para determinar la cantidad de cascarilla que se requiere tendremos que determinar el tiempo de secado, según la investigación de Espinoza, Menjivar y Najaro (2018) se pudo determinar varios datos que nos permitirán establecer los tiempos de secados en dos aspectos, primero aclarar que este es un método predictivo, que, establece un cálculo para la velocidad del aire constante y otro para cuando la velocidad del aire es irregular, ambos para la misma masa de café.

Requerimos un parámetro de diseño del silo que contendrá el café, este fue tabulado considerando que el secador tenga una producción menor a las 24 horas. Para ello se calculó el volumen que ocupara el café:

$$V_{cps} = \frac{m_{cps}}{\rho_{cps}}$$

$$V_{cps} = \frac{m_{cps}}{\rho_{cps}}$$

$$V_{cps} = \frac{1736.32 \text{ Kg}}{650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{cps} = 2.67 \text{ m}^3$$

Redondeando a un valor entero, para disminuir la dificultad de fabricación de la mesa de secado.

Tenemos:

$$V_{cps} = 3 \text{ m}^3$$

Según los artículos científicos de cinecafe la densidad del café cerezo es de 600 kg/m³ por lo tanto tendremos un volumen de 3 m³, si ponemos el café en capas de 8 cm. El área de contacto del café con la plancha agujerada será de 36.17 m².

Calculamos la velocidad del aire por cada agujero de la plancha para esto tabulamos porcentajes que permitan tener un tiempo de secado dentro del rango predicho (24 horas), llegando a establecer después de varios cálculos un porcentaje de área perforada del 7%. Calculando el área perforada:

$$A_{\text{perforada}} = \% \text{perforado} \cdot A_{\text{cs}}$$

Donde:

- Aperforada : área perforada
 %perforado : porcentaje del área de secado que esta perforada
 Acs : área de secado

Tenemos

Tabla 13

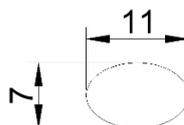
Aperforada	2.532	m2
%perforado	7%	
Acs	36	m2

Área perforada para secador. Fuente: Propia

$$A_{\text{perforada}} = 0.07 \cdot 36.17 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{perforada}} = 2.532 \text{ m}^2$$

Considerando que las dimensiones del grano son:



El agujero no debe ser superior a 7 mm, con lo que se determina el área que tiene el agujero en la plancha:

Tabla 14

Agujero	2.82×10^{-5}	m2
r	3	Mm

Datos de cada agujero en las planchas del secador. Fuente: Propia

$$A_{\text{agujero}} = \pi r^2$$

$$A_{\text{agujero}} = 3.1416 (3)^2$$

$$A_{\text{agujero}} = 28.27 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{agujero}} = 0.0000283 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{agujero}} = 2,827E - 5 \text{ m}^2$$

Determinamos la cantidad da agujeros que tendrá la plancha:

$$n_{agujeros} = \frac{A_{perforada}}{A_{agujero}}$$

Tenemos:

Tabla 15

n agujeros	89556	agujeros
Aperforada	3	m2
Agujero	2.83×10^{-5}	m2

Cantidad de agujeros para el secado. Fuente: Propia

$$n_{agujeros} = \frac{2.532 \text{ m}^2}{0.0000283 \text{ m}^2}$$

$$n_{agujeros} = 89470$$

Considerando el flujo másico requerido de 3 kg/s por el sistema el caudal por cada agujero será calculado por:

$$\dot{V}_{agujero} = \frac{\dot{m}_a v_{as a 50^\circ C}}{n_{agujero}}$$

El valor de $v_{as a 50^\circ C}$ es el volumen específico del aire a la temperatura de $50^\circ C$ dato que se saca de las tablas termodinámicas y también se muestra en el antecedente de donde se obtuvo la fórmula que es de 0.936 m³/kg obteniéndose así una cantidad de agujeros de:

Tabla 16

Vagujero	3.23×10^{-5}	m ³ /s
ma	3	kg/s
v as s 50°C	0.936	m ³ /kg
n agujero	89556	agujeros

Flujo másico por cada agujero. Fuente: Propia

$$\dot{V}_{agujero} = \frac{3.43 \frac{\text{kg}}{\text{seg}} * 0.936 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{89470}$$

$$\dot{V}_{agujero} = \frac{3.21 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{89470}$$

$$\dot{V}_{agujero} = 0.000036 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$\dot{V}_{agujero} = 3.59E - 05 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Requerimos la velocidad del aire de secado del café en metros por hora el cual obtenemos con el caudal por cada agujero y área de cada agujero:

$$C_{sa} = \frac{\dot{V}_{agujero}}{A_{agujero}}$$

El cual da:

Tabla 17

Vagujero	3.59×10^{-5}	m ³ /s
Agujero	2.83×10^{-5}	m ²

Velocidad del aire en cada agujero. Fuente: Propia

$$C_{sa} = \frac{0.0000359 \frac{m^3}{seg}}{0.00002827 m^2}$$

$$C_{sa} = 1.269 \frac{m}{seg}$$

$$C_{sa} = 4371.63 \frac{m}{h}$$

Para poder determinar el tiempo de secado para velocidad constante del aire requerimos el coeficiente de convección de transferencia de calor el cual se determina:

$$h_{sp} = 1.17G^{0.37}$$

Donde G es:

$$G = C_{as} \cdot \rho_{ah}$$

El cual se calcula con la multiplicación de la velocidad del aire de secado y la densidad del aire húmedo a temperatura de 27.48 °C que es la temperatura de bulbo húmedo según la investigación de Espinoza, Menjivar y Najaro (2018) este parámetro vale 1.068 kg/m³, obtenido del software HDPsyChart 7.9.8 con lo que obtenemos:

Tabla 18

Cas	4114.63	m/h
ρ _{ah}	1.068	kg/m ³

Calculo del parámetro G para calcular el coeficiente convectivo. Fuente:

Propio

Y calculamos el coeficiente convectivo:

Tabla 19

Hsp	26.63	W/m ² k
G	4394.156	kg/m ² h

Calculo del coeficiente convectivo. Fuente: Propia

$$h_{sp} = 1.17 * 4658.22 \frac{m^{0.37}}{h}$$

$$h_{sp} = 1.17 * 1.29 \frac{m^{0.37}}{s}$$

$$h_{sp} = 26.63 \frac{W}{m^2 k}$$

Teniendo este coeficiente se calcula el tiempo requerido para velocidad de aire constante:

$$t_{bc} = \frac{m_{cps} h_{fg} (X_B - X_c)}{A_{cs} h_{sp} (T_s - T_W)}$$

Donde:

t_{bc} : tiempo requerido para la velocidad constante

X_c : humedad critica a 19% para secado de cafe

X_B : humedad de ingreso del grano de cafe

h_{fg} : calor latente de ebullicion del agua a 27.48 °C (2435800 j/kg)

T_s : temperatura de ingreso del agua

T_W : Temperatura de bulbo húmedo

T_a : Temperatura de ingreso del aire

Según lo establecido en el mismo estudio, este primer tiempo se determina con los valores del: **Tbc**: tiempo requerido para la velocidad constante, la humedad critica **Xc**: de 19% para el secado de café, **XB**: la humedad a la que ingresa el grano de café, el **hfg**: siendo calor latente de ebullición del agua a 27.48 °C, que tiene un valor de 2435800 j/kg obtenido de las tablas termodinámicas, el **Ts**: temperatura de ingreso del agua, **Ta**: siendo la temperatura de ingreso del aire y **Tw**: temperatura de bulbo húmedo el cual se debe calcular según lo planteado en este antecedente, tenemos:

Tabla 20

tbc	61748.4984	S
	17.1523607	H
mcps	1736	kg
hfg	2.44E+06	j/kg
XB	50%	
XC	19%	
Acs	36.173	m2
hsp	26.06	W/m2 k
Ts	50	°C
Tw	27.48	°C

Tiempo requerido a velocidad constante para el secado. Fuente: Propia

Ahora calculamos la velocidad de secado, mediante:

$$R_c = \frac{h_{sp}}{h_{fg}} (T_s - T_w)$$

Todos estos parámetros ya han sido calculados por lo que se tiene:

Tabla 21

Rc	0.00024098	kg/m2.s
hsp	26.06	W/m2 k
hfg	2.44x10 ⁶	j/kg
Ts	50	°C
Tw	27.48	°C

Velocidad de secado. Fuente: Propia

Calculamos el tiempo necesario para la velocidad irregular del aire:

$$t_{CD} = \frac{m_{cps} X_c}{A_{cs} R_c} \ln \frac{X_c}{X_{bhf}}$$

Siendo Xbhf la humedad que se requiere en el grano:

Tabla 22

tcd	17391.3934	S
	4.83094261	H
mcps	1736	kg
XC	19%	
Acs	36.173	m2
Xbhf	12%	
Rc	0.00024098	kg/m2.s

Tiempo de secado para velocidad irregular del aire. Fuente: Propia

Determinamos el tiempo total sumando estos dos ya calculados:

$$t_{total} = t_{bc} + t_{cd}$$

Teniendo:

Tabla 23

t Total	22.0	h
t bc	17.2	h
t cd	4.8	h

Tiempo total de secado. Fuente: Propia

Al tener el tiempo necesario podemos determinar la cantidad de energía requerida:

$$Q_{aire} = \dot{m}_a \cdot c_p \cdot (T_s - T_a) \cdot t_{total}$$

Con lo cual tenemos:

Tabla 24

t Total	22	h
	79140	s
ma	3.1	kg/seg
cp	0.718	Kj/kg . K
Ts	50	°C
Ta	25	°C
Qaire	4392093.24	kj

Energía requerida por el aire. Fuente: Propia

Considerando la eficiencia del sistema como se explicó en un principio del 80% la cantidad de energía aportada por el combustible será de:

$$Q_{combustible} = \frac{Q_{aire}}{\eta t}$$

Tenemos:

Tabla 25

ηt	80%	
Qaire	4392093.24	kj
Qcombustible	5490116.55	kj

Energía requerí por el combustible. Fuente: Propia

Considerando el poder calorífico de la cascarilla de café se tendrá:

$$m_{cd} = \frac{Q_{combustible}}{h_0}$$

Donde:

m_{cd} : masa del combustible

Tenemos que se requerirá una masa de:

Tabla 26

Qcombustible	5490116.55	kJ
h_0	17200	kJ/kg
m_{cd}	319.2	kg

Masa de combustible requerido. Fuente: Propia

Según lo establecido por la procesadora en sus ratios de producción la cascarilla de café abarca 20% del total, ósea que por cada grado de café en cascara el 20% contiene combustible, por lo que se tendrá para el café dispuesto en el secado:

Tabla 27

m_{cps}	1736.317	kg
porcentaje de cascara	20%	
M_{cd}	347.2634	kg

Masa de cascarilla disponible. Fuente: Propia

Se tiene una relación de 1.09 entre la cascarilla de café resultante del proceso y la cantidad de cascarilla requerida para el secado del café, debido a que el sobrante es solo 28.06 kg no se podría ser utilizado en otro proceso.

Con esto se asegura que se tendrá el suficiente combustible para secar el café requerido.

Cabe recordar que para obtener estos datos, se realizó varios cálculos para poder determinar condiciones previas al diseño del silo, se deben seguir para que este parámetro se respete, como son el área de secado, el espesor de la capa de café, el porcentaje de área libre, el área de los agujeros, la cantidad de agujeros y diámetro de agujeros.

Agentes contaminantes que se producen a la combustión de la cascarilla.

Según la investigación de Manrique Waldo en el 2018 en su tesis “Estudio de la Combustión de Pélet de Cisco de Café” con un exceso de aire logrando una combustión completa de la cascarilla se producen como productos de esta CO₂, CO, H₂O, SO₂, NO, O₂ y N₂, se establecen como agentes contaminantes solamente al CO₂ y al CO ya que el azufre solo se genera en pequeñas proporciones en una combustión y su generación solo perjudicaría a la maquina en mayor grado si se elige una tecnología inadecuada para su generación.

3.3. Diseñar el secador de café biomásico con cascara de café.

3.3.1. Mesa de secado.

Se determinara de acuerdo a los datos obtenidos, como la cantidad de café recolectado, la densidad de café según la revista científica cenicafe. Considerando los parámetros del café como densidad y la masa que debemos trabajar calculamos el volumen de área que ocupara:

$$V_c = \frac{m_{cpc}}{\rho_c}$$

Donde:

mcps : masas del café

ρ_c : densidad del café

Vc : volumen del café

Tenemos:

Tabla 28

mcps	1736.317	Kg
ρ_c	600	kg/m ³
Vc	3	m ³

Volumen del área de la mesa de secado. Fuente: Propia

Este cálculo se consideró desde el título “3.3.- determinar la cantidad de combustible requerido para el secado de café”, bajo este volumen se

estableció para tener un tiempo de secado menor a 24 horas, la altura de la cama lo que dejaría un área de secado como se muestra a continuación:

Tabla 29

H	8	Cm
	0.08	M
Vc	3	m ³
Ac	36	m ²

Altura de la cama de secado. Fuente: Propia

Debido a que no existen restricciones sobre el área se tomó una de 6 x 6 m y se planteó la mesa de secado formada por bastidores de 1 x 6 debido a que la plancha de galvanizado viene en medidas de 1 x 3 m y así no desperdiciar material, el ingreso del aire se determinó el mayor posible quedando la mesa de secado como se muestra:



La mesa será estática la suma de los agujeros de todos los bastidores que será removibles no está soldado a la estructura será la calculada en el ítem de tiempo de secado 89556 con un radio de 3 mm. La mesa está diseñada para que al llenarse tenga una capa de 8 cm de espesor obedeciendo a lo calculado anteriormente.

Para los bastidores se utilizó una plancha de 1/8 "con perforaciones según lo indicado, la estructura se diseñó con perfiles de tubo cuadrado de 1 pulgada con espesor de 2 mm de espesor, estas características fueron sacadas de la investigación de **Espinoza et al (2018)**, según esta una estructura para el peso que elegimos tendrá un factor de diseño superior

a 1.25 será suficiente para justificarla. La fuerza que cada bastidor soportara por el peso del café:

$$w = mcps \cdot g$$

Donde:

mcps : masa del café a secar

g : gravedad (9.89 m/s²)

Teniéndose:

Tabla 30

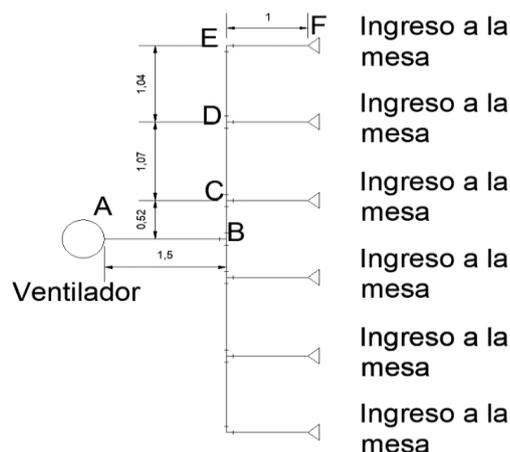
mcps	1736	Kg
g	9.89	m/s ²
w	17172.1751	N

Peso que soportara la cama de secado. Fuente: Propia

Cada bastidor soportara la 6 parte de este peso es decir 2862.03 N,

3.3.2. Ventilador

Se determinó utilizar tres ventiladores porque al realizar un primer cálculo utilizando un solo ventilador se requeriría una potencia neta sin considerar la eficiencia del ventilador de 220 hp, un ventilador de estas magnitudes sería extravagante por lo que se planteó usar un ventilador para cada ingreso de aire para el cálculo del ventilador primero configuramos el recorrido que tendrá, disponiendo otros secadores y los ingresos que se colocaron el esquema de recorrido de la tubería será:



El ventilador se calculara para determinar el caudal que requiere el sistema según lo establecido durante el cálculo de tiempo de secado con el método Cenicafe se deberá tener una caudal de:

Tabla 31

mcps	1736.317	Kg
q	0.1	m3/ min . Kg
	0.00167	m3/s . Kg
v	3	m3/s

Caudal que debe aportar el ventilador. Fuente: Propia

Para realizar el cálculo del ventilador primero corregimos la densidad del aire recordando que es afectada por la temperatura la densidad del aire cambiara al ser elevada a 50° por lo tanto tenemos:

$$\rho_c = \frac{P_{amb}}{286.9 T_f}$$

Donde:

- Rc : densidad corregida.
Pamb : presión ambiente.
Tf : temperatura final.

Tenemos:

Tabla 32

ρ	1.09290372	kg/m3
Pamb	101,325	Pa
Tf	50	C

Corrección de la densidad del aire. Fuente: Propia

Para seguir con el cálculo se deberá establecer el diámetro equivalente de la tubería, la tubería será cuadrada ya que el montaje y las facilidades en cuanto a su afinidad con los equipos como los ventiladores industriales son mayores. Así el ingreso de la mesa se planteó entradas de 0.48 x 0.35 m debido a que al realizar cálculos previos para el caudal requerido necesitara un ventilador con estas dimensiones y con el objetivo de no usar reducciones se plantea una tubería de igual tamaño, para calcular las pérdidas como se mencionó se requiere un diámetro, este al ser una tubería cuadrada el diámetro será:

$$Dh = \frac{by}{b + 2y}$$

Donde:

Dh : diámetro hidráulico

b y y : lados del cuadrado

Donde:

Tabla 33

b	0.48	M
y	0.35	M
Dh	0.14	m2

Diámetro hidráulico de la tubería considerando las medidas del ventilador

Fuente: Propia

Calculamos el número de Reynolds para el recorrido de la tubería considerando la viscosidad cinemática del aire a 50°C, como 1.798×10^{-5} m²/s dato obtenido de las tablas termodinámicas, aplicando la fórmula:

$$Re = \frac{v_s D_H}{\nu}$$

Donde:

Re : numero de reynols

ν : viscosidad cinematica

Dh : diametro hidraulico

v_s : velocidad del fluido

Teniendo para cada tramo:

Tabla 34

TRAMO	LONGITUD	CAUDAL		Dh	v_s	A	Re	TIPO DE FLUJO
AB	1.5	1	2.894	0.142	17.2254	0.1680	1.36×10^5	TURBULENTO
BC	0.52	1/2	1.447	0.142	8.6127	0.1680	6.82×10^4	TURBULENTO
CD	1.07	1/3	0.965	0.142	5.7418	0.1680	4.55×10^4	TURBULENTO
DE	1.04	1/6	0.482	0.142	2.8709	0.1680	2.27×10^4	TURBULENTO
EF	1	1/6	0.482	0.142	2.8709	0.1680	2.27×10^4	TURBULENTO

Número de Reynolds por cada tramo del recorrido Fuente: Propia

Como se puede observar solo el tramo AB tendrá todo el caudal a partir de cada derivación el caudal total se ira fraccionando ya que cada salida debe otorgar 1/6 de caudal a la mesa de secado.

Para las tuberías industriales se construyen de acero laminado nuevo, esta tubería es rugosa ya que según la tabla 9.2 del libro Claudio mataix “Mecánica de Fluidos y Turbo maquinas” rugosidades menor a 0.001 son lisas, mientras que el coeficiente de rugosidad absoluta de material empleado es 0.05 mm, siendo flujo turbulento para aplicar la ecuación de Darcy se debe determinar el factor de pérdidas por medio del diagrama de Mooby este diagrama requiere calcular la aspereza relativa la cual se obtiene dividiendo la rugosidad absoluta entre el diámetro de la tubería en este caso se determinó la aspereza relativa ser 0.0003 con este valor y el número de Reynolds determinamos en la gráfica los factores de perdidas, en la gráfica de mooby no se tiene como aspereza relativa el 0.0003 tomaremos el valor más próximo superior que es 0.0004 :

Figura 6

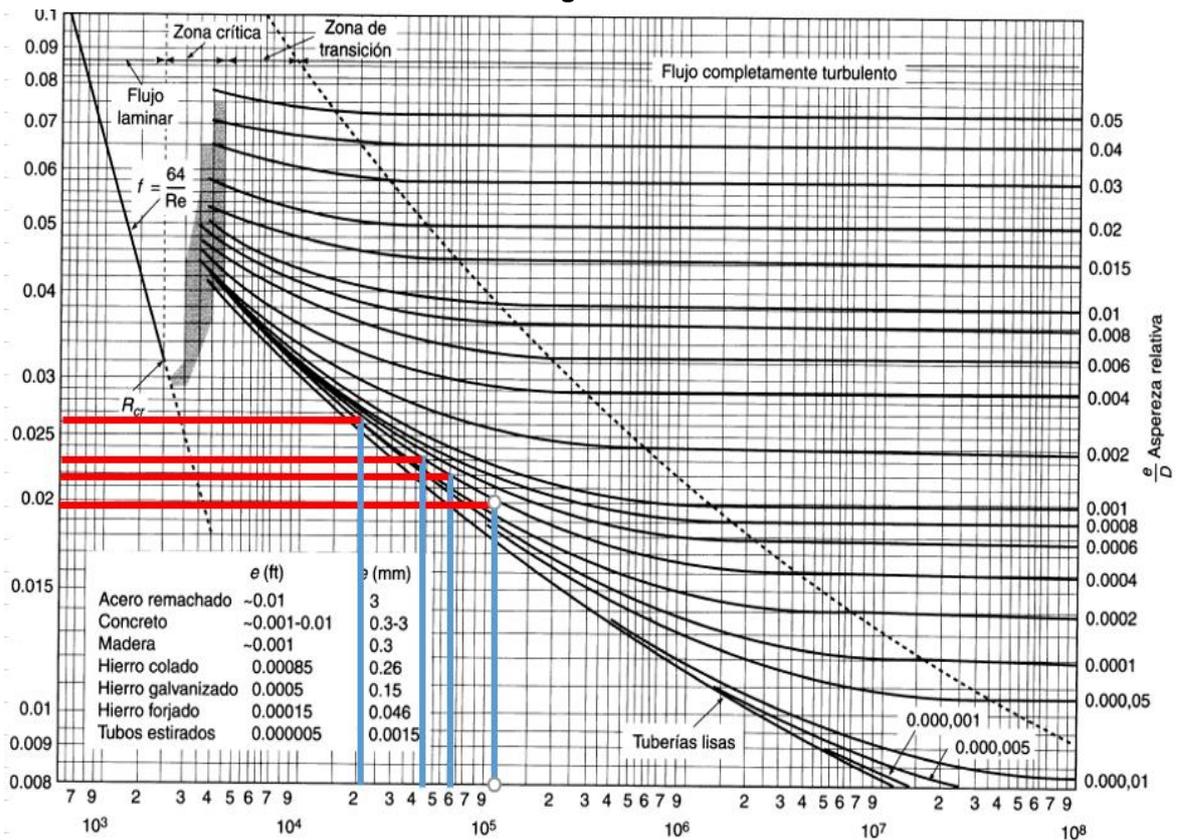


Diagrama de Moody Fuente: Claudio Mataix

Obteniendo como factor de pérdidas para cada tramo:

Tabla 35

TRAMO	Re	TIPO DE FLUJO	k/d	λ
AB	1.36x10 ⁵	TURBULENTO	0.00035	0.0200
BC	6.82 x10 ⁴	TURBULENTO	0.00035	0.0220
CD	4.55 x10 ⁴	TURBULENTO	0.00035	0.0230
DE	2.27 x10 ⁴	TURBULENTO	0.00035	0.0260
EF	2.27 x10 ⁴	TURBULENTO	0.00035	0.0260

Factor de pérdida primaria. Fuente: Propia

Y además con la ecuación de Darcy se establecen las perdidas primarias:

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde

- λ : Factor de perdidas
- L : longitud de la tubería
- v : velocidad del fluido
- g : gravedad (9.89 m/s²)
- D : diámetro.

Tenemos:

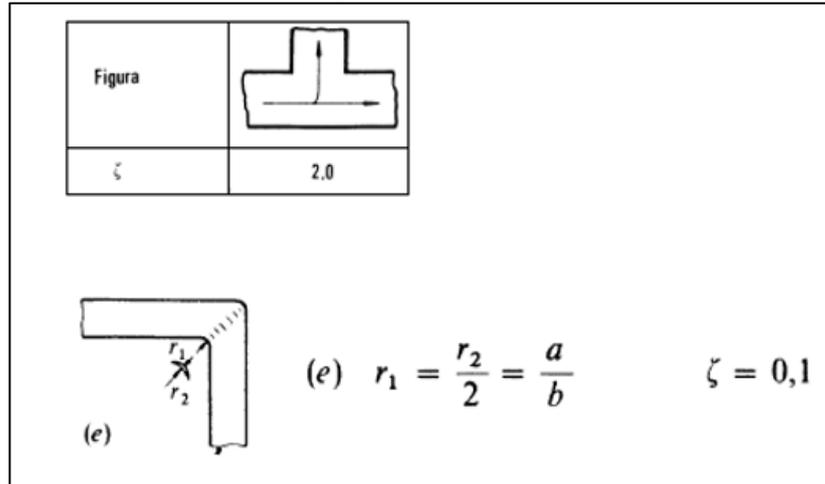
Tabla 36

TRAMO	Hrp
AB	3.16
BC	0.30
CD	0.29
DE	0.08
EF	0.08
TOTAL	3.91

Perdidas primarias para cada tramo. Fuente: Propia.

Calculamos las pérdidas secundarias obteniendo los factores de pérdida de la misma fuente teoría (libro Claudio mataix “Mecánica de Fluidos y Turbo maquinas”), según la configuración que se muestra del ventilador se tendrá solo dos accesorios las Te y los Codos de 90° para lo cual se tiene:

Figura 7



Factor de Pérdidas secundarias. Fuente: Claudio Mataix.

Por medio de la ecuación:

$$H_{rs} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

Calculamos las pérdidas primarias considerando la velocidad del fluido con la que ingresa al accesorio según lo establece la teoría de cálculo:

Tabla 37

PUNTO		ζ	v	Hrs
B	Te	2	17.2254	30.0013418
C	Te	2	8.6127	7.50033545
D	Te	2	5.7418	3.33348242
E	CODO	0.1	2.8709	0.04166853
			TOTAL	40.8768282

Pérdidas secundarias por accesorios. Fuente: Propia

Calculamos la caída de presión requerida por el ventilador:

$$\Delta p_{tot} = H_{L-tot} \cdot \rho \cdot g$$

Calculamos la caída de presión del ventilador considerando las pérdidas totales como la suma de las pérdidas primarias y secundarias:

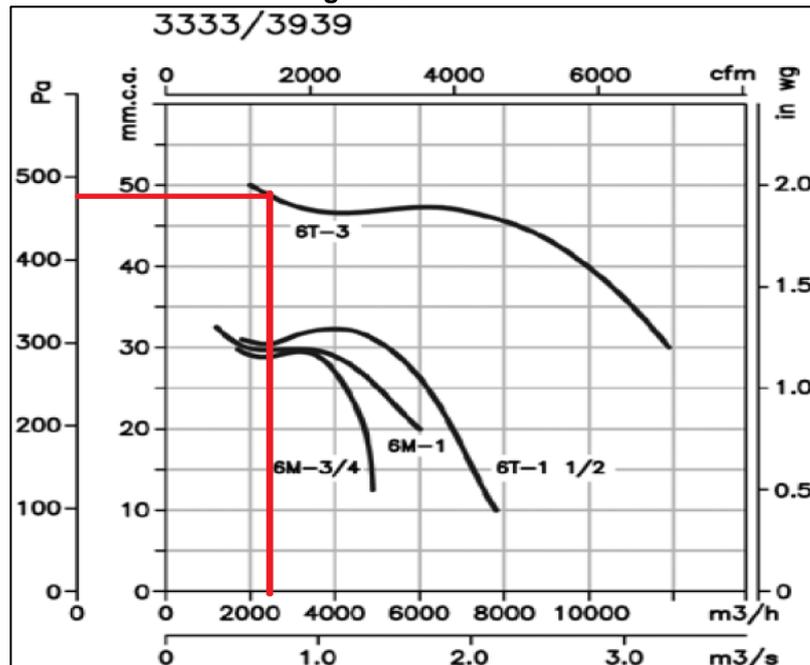
Tabla 38

p_{total}	484	Pas
HI-total	45	m
ρ	1	kg/m ³
G	9.89	m/s ²

Pérdidas Totales. Fuente: Propia

Se tendrá que elegir un ventilador que pueda soportar una pérdida de presión 484 pascal y una caudal de 3 m³/s, o en su equivalente 10418 m³/H. de la marca Sodeca tiene el modelo:

Figura 8



Curva de Rendimiento de ventilador industrial Fabricante Sodeca. Fuente: Manual del Ventilador Sodeca

Tabla 39

Modelo	Velocidad máxima (r/min)	Equivalencia Pulgadas	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel sonoro dB(A)	Peso aprox. (Kg)
			220V	380V				
CBD-3939-6T 3	1068	15/15	10,9	6,3	2,2	11900	75	39

Parámetros de ventilador industrial seleccionado. Fuente: Manual del Ventilador Sodeca

El cual cumple con las condiciones.

3.3.3. Selección del horno

En este ítem se determinará el horno que se ha de usar para calentar el aire que será conducido al silo de secado por medio de los ventiladores, debido a las particularidades de la cascara de café, es decir su composición química, se tienen tres tipos de tecnología que utilizar:

Combustión de lecho fijo

Combustión de lecho fluidizado.

Combustión pulverizada del combustible.

El estudio realizado por Toscano y Barriga, publicado en la revista tecnológica ESPOL determina por medios teóricos los siguientes parámetros:

Tabla 40

	Temperaturas °C		Aire/combustible		Tiempo	Mezcla
	TA [°C]	T_{adiab} llama [°C]	\bar{m}_{Air} [kg aire/kg fuel]	λ	t_r [seg]	Tipo de horno
Bagazo	1314.9	1214.9	4.37	1.48	6.09	Lecho fijo Parrilla móvil
Arroz	997.7	897.7	12.50	2.28	3.12	Lecho fluidizado burbujeante
Café	954.2	854.2	13.77	3.04	3.09	Lecho fluidizado recirculación

Parámetros de diferentes biomásas. Fuente: Toscano y Barriga

Según este estudio la cascara de café es un combustible sólido de aproximadamente 8 a 9 mm² de área y 0.15 mm de espesor, el tipo de combustión para estos residuos debe ser de lecho fluidizado y el horno a utilizar debe ser con recirculación (Toscano y Barriga, 2009, p.10).

El cálculo de un horno de lecho fluidizado no es objeto de esta tesis, por lo que teniendo en existencia en el mercado y teniendo proveedores locales que brindan el servicio de desarrollo de maquinaria para

Procesadoras de café en la zona, se establecerán los parámetros de selección o fabricación del horno.

De acuerdo a los parámetros que se tienen del secador diseñado el horno deberá tener una potencia de:

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}}{\rho} cp (Ts - Ti)$$

Donde

- Q : tasa de cambio de energía o potencia
- V : caudal del fluido
- ρ : densidad del fluido
- Cp : calor específico del fluido
- Ts : temperatura superior
- Ti : temperatura inferior

Según la teoría de transferencia de calor la temperatura para determinar los parámetros del aire es la temperatura media de la película:

$$Tm = \frac{Ts - Ti}{2}$$

Donde:

- Tm : temperatura media de la película
- Ts : temperatura superior
- Ti : temperatura inferior

Tenemos que la temperatura media de la película es:

Tabla 41

Ti	25	°C
Ts	50	°C
Tm	37.5	°C

Temperatura media. Fuente: Propia.

A esta temperatura los parámetros se obtienen de las tablas termodinámicas del aire

Tabla 42

μ	1.92E-05	Ns/m ²
ρ	1.117	kg/m ³
K	2.66E-02	W/mK
Pr	0.7255	
Cp	1.007	kJ/Kg K

Parámetros del aire según tablas termodinámicas. Fuente: Cengel.

Con lo que se puede calcular la potencia requerida para el caudal que necesitaran impulsar al silo donde se encuentra el café a secar:

Tabla 43

Qaire	77.8	kw
Ma	3.1	kg/seg
Cp	1.007	Kj/kg . K
Ts	323	K
Ta	298	K

Potencia requerida por el aire. Fuente: Propia.

Por lo tanto, podemos determinar que el horno debe tener las siguientes consideraciones para su compra o fabricación de:

Tabla 44

POTENCIA	77.8	KW
BIOMASA	cascara de café	

Parámetros para selección del horno. Fuente: Propia.

Solo se requerirá una salida de aire limpio del horno, en el anexo 04 se establece el cálculo del intercambiador de calor mono tubular que se condicione a una longitud menor de 5m como parámetro de diseño considerando el tamaño de otros hornos en el mercado.

3.4. Realizar una evaluación económica para la inversión que se realizara.

Gastos

Los gastos que se presentan son cotizaciones de un fabricante de la zona que provee maquinaria a distintas empresas cafetaleras por lo tanto ahí radica en que el precio sea confiable:

Tabla 45

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
1	MESAS PARA SECADO CAFÉ	UNIDAD	1	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
2	BASTIDORES PARA SECADO	UNIDAD	6	S/ 1,500.00	S/ 9,000.00
3	VENTILADORES	UNIDAD	1	S/ 850.00	S/ 850.00
4	TUBERIAS CUADRADA 0.48 x 0.35 m x 3 mm	METROS	15	S/ 200.00	S/ 3,000.00
5	HORNO DE LECHO FLUIDIZADO	UNIDAD	1	S/ 4,300.00	S/ 4,300.00
6	BRIDAS 4mm FIERRO PARA TUBO CUADRADO 0.5 x 0.5 m	UNIDAD	20	S/ 75.00	S/ 1,500.00
					S/ 23,650.00

Costo de los materiales y maquinas requeridas. Fuente: Propia.

La instalación también dependerá del mismo proveedor debido a que son tres tipos de cotizaciones lo que se le envió: silo, ventilador y horno este cotizo en los mismos aspectos las instalaciones por lo que estableció:

Tabla 46

Item	Descripcion	Cantidad	Costo	Total
1	Silo para secado de café con capacidad de 1.7 toneladas	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
2	Ventilador de 2,2 kW con tubería cuadrada de 0.48 X 0.35 m x 3 mm	3	S/ 750.00	S/ 2,250.00
3	Horno de lecho fluidizado 0.1 MW	1	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
				S/ 8,250.00

Costo de instalación. Fuente: Propia.

En resumen general, el proveedor también estableció dos aspectos más, el de transporte ya que el material y muchos de los elementos de construcción del horno son comprados en distribuidores extranjeros el cual el producto debe ser recepcionado en lima y el de gastos generales. Planteando un igv al total cotizado en suministro mas no en instalación ya que la zona esta exonerada del pago de Igv.

Tabla 47

A	SUMINISTRO	S/ 23,650.00
B	INTALACION	S/ 8,250.00
C	TRANSPORTE (10% de A)	S/ 2,365.00
SUB TOTAL (A+B+C)		S/ 34,265.00
D	IGV (18% de A)	S/ 4,257.00
SUB TOTAL (A+B+C+D)		S/ 38,522.00
E	GASTOS GENERALES (7%)	S/ 2,696.54
F	UTILIDAD (7%)	S/ 2,696.54
TOTAL		S/ 43,915.08

Costo de la inversión. Fuente: Propia.

En cuanto al gasto que originara su funcionamiento se divide en dos, el gasto operativo por consumo de energía de la máquina y el gasto operativo por parte de la mano de obra.

El gasto operativo de la maquina es debido al consumo de energía eléctrica para su funcionamiento, los motores que consumirán energía durante el funcionamiento de la maquina será cuadro de los ventiladores y del sifón del horno que el proveedor propondrá para su fabricación.

Considerando los datos de cada máquina, es decir de cada motor se tendrá:

Tabla 48

Motor	Potencia	cos phi	Tiempo
	kW		h
ventilador	2.2	0.89	22
Sifon (1 hp)	0.7456	0.98	22

Parámetros de los motores. Fuente: Propia.

Calculamos la energía dependiendo de cuantas maquinas existen:

Tabla 49

Motor	Energía consumida	
	kWh	kVAh
Ventilador	48.36	54.34
Sifon (1 hp)	16.39	16.73

Energía consumida durante el trabajo de secado. Fuente: Propia.

Según el pliego tarifario de osinegmin el consto de kW en hora fuera de punta para Cajamarca es de S/. 0.1843 para la energía activa mientras

que para la potencia en distribución y generación no se toma en cuenta por que el trabajo se desarrollara en horas fuera de punta. Por lo tanto el costo de operatividad de todo el sistema será:

Tabla 50

Motor	Energia total		Costo		Total	
	kWh	kVAh	S/.		S/.	
ventilador	48.36	54.34	S/	0.18	S/	8.91
Sifon (1 hp)	16.39	16.73	S/	0.18	S/	3.02
					S/	11.93

Costo de la energía requerida en la operación del secado Fuente: Propia.

El costo de operación de horas hombre es directo a la cantidad de personal que debe estar pendiente del horno mientras este trabaja, solo un operario con ronda de 20 minutos cada hora lo que hace un gasto de operación:

Tabla 51

PERSONAL	Operario	
CANTIDAD DE PERSONAL	1	
TIEMPO POR HORA	20	min
	0.33	hora
HORAS DE FUNCIONAMIENTO	22	hora
COSTO HH	S/ 10.43	
CANTIDAD DE HORAS DE TRABAJO	7.33	hora
COSTO TOTAL	S/ 76.43	

Costo del personal para la operación. Fuente: Propia.

Se establece que, para cada turno de trabajo del secador de 7 horas, en cuanto a operación se gasta:

Tabla 52

Maquina	S/	11.93
Personal	S/	76.43
Total	S/	88.36

Costo total de operación. Fuente: Propia.

El último gasto que genera la maquina es el mantenimiento, según lo cotizado en el proveedor este propone un mantenimiento adecuado para este tipo de sistemas de manera anual:

Tabla 53

Item	Maquina	Accion	costo	cantidad	Total
1	Ventilador	cambio de rodamientos	S/ 35.00	2	S/ 70.00
		limpieza	S/ 20.00	1	S/ 20.00
2	Tuberias	limpieza	S/ 15.00	15	S/ 225.00
3	Mesa	limpieza	S/ 250.00	1	S/ 250.00
4	Bastidores	limpieza	S/ 55.00	6	S/ 330.00
5	Horno	limpieza	S/ 350.00	1	S/ 350.00
6	Sifon	cambio de rodamientos	S/ 35.00	1	S/ 35.00
		limpieza	S/ 55.00	1	S/ 55.00
					S/ 1,335.00

Costos de mantenimiento. Fuente: Propia.

Utilidad

La utilidad que generará primero es el ahorro en personal que se dispondrá por el uso de la máquina, actualmente se dedican entre 7 a 8 personas el costo radica en S/. 35.00 diarios por trabajador y, se tiene 5 días de trabajo se tendrá un gasto en el secado de:

Tabla 54

PERSONAL	8
PAGO DIARIO	S/ 35.00
GASTO DIARIO	S/ 280.00
DIAS DE TRABAJO	S/ 5.00
GASTO TOTAL	S/ 1,400.00

Gasto diario sin el secado propuesto. Fuente: Propia.

El gasto total que se genera para el secado cada vez que la Procesadora Aromas Tabaconas sac completa su carga para empezar a funcionar gira en los S/. 1,400.00 soles por campaña que es una vez al año y dura cuatro meses, durante este periodo este logra completar su capacidad de trabajo solo 20 veces por campaña lo que generaría al año un gasto en el secado de:

Tabla 55

CAMPAÑA AL AÑO	1
TRABAJO POR CAMPAÑA	20
TOTAL AL AÑO	S/ 28,000.00

Gasto al año sin el secador propuesto. Fuente: Propia.

Evaluación económica

La inversión sería positiva a los 2 años de instalación, considerando que la maquinaria de este tipo tiene un tiempo de duración igual al Procesadora podría verse con una proyecto muy rentable, aún más si se logra aumentar los procesos de molienda por el ahorro de tiempo en el secado:

Tabla 56

	GASTO	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	UTILIDAD	BALANCE
0	S/ 43,915.08			-S/ 43,915.08
1		S/ 1,865.18	S/ 28,000.00	S/ 26,134.82
2		S/ 1,865.18	S/ 28,000.00	S/ 26,134.82

Flujo de caja. Fuente: Propia.

Los evaluadores económicos al segundo año serian, para un van con tasa de retorno del 12% de:

Tabla 57

TIR	12%
VAN	S/254.10

Evaluadores económicos. Fuente: Propia.

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un secador que utilice como biomasa la cascara de café reducir el tiempo de secado del grano recepcionado en la Procesadora Aromas Tabaconas SAC, esta empresa se dedica al proceso del café, recepcionan el café con una humedad del 50%, este grano debe ser secado a un 12% o 14% de humedad antes de entrar al proceso, en la Procesadora donde se realiza la investigación para empezar el proceso debe tener una cantidad determinada de café para que le sea rentable, el secado se realiza de manera tradicional extendiendo el café en la tierra y moviéndolo cada cierto tiempo para que el sol seque los granos, y puedan ingresar al proceso, el secado dura aproximadamente entre 4 a 5 días dependiente del clima, la investigación se basó en generar un sistema consistente en un secador mecánico, la generación de flujo de aire y la selección de un horno biomásico que trabaje con la cascara del café como combustible, para lograr reducir el tiempo que requiere el café.

En esta investigación se tuvo que seleccionar un horno que trabaje con cascara de café a total diferencia de **Huaraz (2013)** el cual diseño su propio gasificador para poder obtener combustible de la cascara de arroz, las diferencias de composición en cuanto al arroz y el café hicieron que en nuestro caso no se optara por gasificar la cascara de café, como lo concluye **Toscano (2009)** la combustión de la biomasa puede generar problemas en la tecnología que se use para dicho proceso, el combustionar biomasa no significa solamente incinerar esta y que realice una suerte de lecha reciclada, Toscano establece que la composición de las cenizas resultantes de la cascarilla de café tiene altos índices de minerales que se presentan como potenciales generadoras de problemas debido a las incrustaciones que resultaran en el horno y/o caldera que se use, por lo tanto la selección del horno es una de las características más importantes en la combustión de biomasa, según los estudios revisados como se menciona durante el desarrollo de los objetivos para la cascara de café existe la tecnología de lecho fluorizado el cual es ideal para la cascara de café debido a su humedad y composición, a diferencia del gasificador para la cascara de arroz. En esta tesis no se tuvo que diseñar el

horno sino establecer los parámetros de requerimiento para su compra, se generó esto gracias a que la zona es cafetalera y las procesadoras de café cubran una gran parte de su producción industrial, con esto existen proveedores de maquinarias especializados en máquinas para este rubro y se pudo establecer contacto con uno para determinar la construcción de un horno con características precisas.

Aunque la dirección de la tesis no es generar energía eléctrica como lo estableció de objetivo **Miguez (2013)** en su investigación, en las empresas agroindustriales el uso de la biomasa para abastecer de energía eléctrica siempre aparenta ser una buena decisión como en los ingenios azucareros, en nuestro caso podría quedar como una alternativa ya que según el cálculo se pudo determinar que la cascara de café es casi 4 veces el requerimiento como combustible que necesitara el sistema para generar la energía suficiente para secar la cantidad que procesa la empresa durante su trabajo, con esto puede determinarse un ciclo vapor que ayude a la generación de energía con otro horno o ampliando la capacidad del mismo. Recordar que en la industria el gasto energético es enorme para el proceso productivo, realizar investigación sobre este tipo de soluciones puede resultar muy rentable para estas áreas.

Lamentablemente no se pudo cuestionar las conclusiones de **Martínez (2015)** pero sería adecuado poder simular como lo realizó el por medio del software MATLAB el funcionamiento del horno seleccionado para el proceso de lecho fluidizado con recirculación, y llevar los resultados de la investigación a un escenario más real que el plantado por la presente investigación.

En total concordancia con la investigación de **Espinoza, Enjicar y Najaro (2018)** la mesa de secado así como el análisis de sus tiempo y demás fueron calculados siguiendo su modelo de análisis, el diseño varía al no tener tanto recorrido de la tubería ya que la diferencia de esta investigación la nuestra no estipula una fuente térmica tan alejada de la mesa de secado, otra característica que interponemos como diferencia es que en nuestra investigación se utilizó bastidores que pudieran montarse y desmontarse a voluntad para facilitar la limpieza de estos, la estructura fue diseñada

siguiendo los criterios de la investigación pero el ingreso del aire caliente en nuestro caso se focalizo a la parte frontal para y se de dar el máximo de ingreso de aire caliente, el cálculo del ventilador se realizó con el total de caudal estipulando que el cálculo de tiempo de secado según la experiencia práctica del antecedente es mucho menor que el calculado.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó el requerimiento calorífico determinando el área de secado que usa el molino de 384 m² y estableciendo los días que el sol irradia calor sobre la zona y los días que requiere la procesadora para tener un café al 12% de humedad que son de 4 a 5, se realizaron varios escenarios donde se presenta juegos de 5 días de acuerdo a la radiación anual teniéndose un total de 43.36 kWh/m² y considerando el área expuesta la energía que requiere toda esa cantidad de café es de 16650.24 kWh.
- Para el secador mecánico propuesto el caudal requerido de aire según el método Cenicafe para la masa de café 1736.32 kg es de 2.894 m³/s, el tiempo de secado total es de 22 h determinándose dos tipos de secado con la velocidad de aire de manera constante 17.2 h y con la velocidad de aire irregular 4.8 h, durante este tiempo de secado se requerirá 319.2 kg de cascarilla de café, según lo establecido en la procesadora la cascarilla de café es 20% del producto por lo que se dispone para la cantidad de masa de café un total de 347.26 kg de cascarilla suficiente para abastecer el secado.
- El diseño del horno conlleva a determinar tres elementos primero el silo para el secado este albergara solamente la mitad de producto ya que para toda la cantidad sobrepasaríamos el espacio de secado este silo tiene medidas de 6 x 6 m el grano se retirara al quitar el borde frontal utilizara solo 1 ventilador, el cual brinda un caudal de 11900 m³/h superior al deseado con una potencia de 2,2 kW y velocidad de rotación de 1068 rpm, por último se selecciona una horno del tipo lecho fluidizado con circulación de aire con una potencia mínima de 0.2 MW para trabajar con combustible de biomasa (cascara de café).
- La evaluación económica con solo el ahorro de personal sin plantear otra solución alternativa para un gasto inicial de S/. 43 915.08 el cual recuperará y hará rentable el proyecto al segundo año mediante el ahorro en personal de S/. 28 000.00 anuales, arroja los evaluadores económicos de 12% para el TIR y S/. 254.10 para el VAN

VI. RECOMENDACIONES

- Medir la energía térmica en la zona molinera sería de gran ayuda para las investigaciones de esta índole haciéndolas más precisas.
- El poder calorífico depende del producto, aunque existen tablas que determinan datos o rasgos generales por producto dependiendo de la zona estos datos deberían cambiar. La recomendación radica en también realizar una medición de este poder calorífico de primera mano para no estar muy alejas de la realidad.
- Diseñar el horno de manera más específica solo para la procesadora de acuerdo a los datos obtenidos.
- Ejecutar la investigación como proyecto de inversión ya que se demuestra que es rentable.

VII. REFERENCIAS

- HUARAZ Choi, Carlos Yi. Diseño de un gasificador de 25 kW para aplicaciones domésticas usando como combustible cascarilla de arroz. Tesis (Ingeniero Mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias E Ingeniería, 2013. 117 pp.
- MÍGUEZ Gómez, Claudio Daniel. La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética. Tesis (Doctor). Madrid: Universidad Complutense De Madrid Facultad De Ciencias Políticas y Sociología, 2013. 405 pp.
- TOSCANO Morales, Luis Alberto. Análisis de los parámetros y Selección de hornos para la combustión de biomasa. Tesis (Ingeniero Mecánico). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2009. 182 pp.
- MAXIMILIANO Martínez, Ruiz Esparza. Simulación del proceso de gasificación termoquímica para la obtención de gas combustible, aplicado a cascarilla de café. Tesis (Ingeniero Mecánico). Guayaquil: Universidad Veracruzana, Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2015. 112 pp.
- ARAUZO, J., Bimbela, F., Ábrego, J., Sánchez J.L., Gonzalo, A., Introducción a las tecnologías de aprovechamiento de biomasa [en línea]. Setiembre 2014, n.º 33. [Fecha de consulta: 27 de junio del 2018]. Disponible en http://digital.csic.es/bitstream/10261/108763/1/BoletinGEC_033-A01.pdf ISSN: 1696-8239.
- CONSULSANTOS SRL. Manual De Buenas Prácticas De Manufactura En El Beneficio La Angostura S.A. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 2010. 52 pp.
- RIAÑO Luna, Campo Elías. Tecnología del café. Valencia: Universidad Abierta a Distancia, Facultad de Alimentos, s.f. 244 pp.
- FOCER. Manuales sobre energía renovable: BIOMASA. San Jose: BUN-CA, 2002. 57 pp.

ISBN: 9968-904-02-3

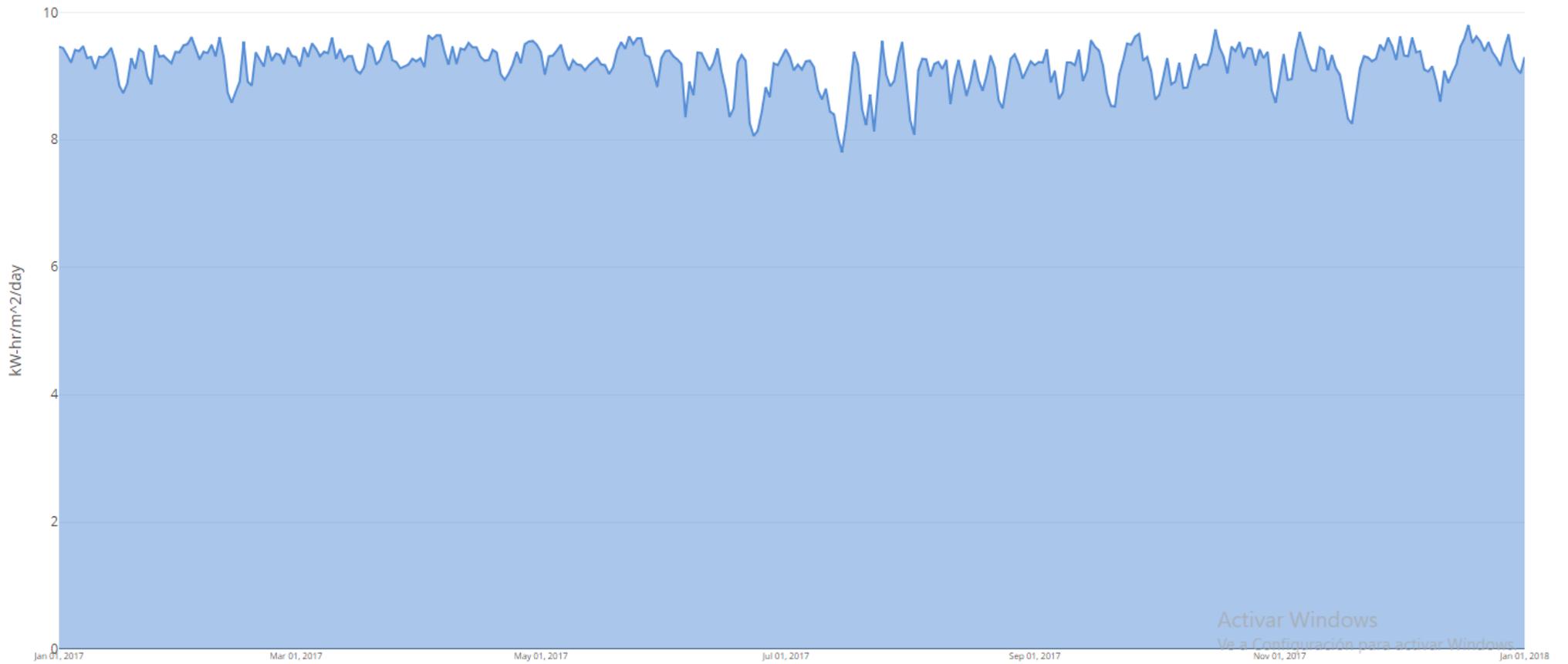
- AMELL Arrieta, A., Cadavid Sierra, F., & Copete L., H.. MANEJO DE COMBU STIBLES. Medellín, Colombia: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2007. 68 pp.

ISBN: 978-958-44-1378-9

- Balat, M. (2008). Hydrogen-Rich Gas Production from Biomass via Pyrolysis and Gasification Processes and Effects of Catalyst on Hydrogen Yield. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 30(6), 552–564.
- Balat, M. (2009). Gasification of Biomass to Produce Gaseous Products. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(6), 516–526.

ANEXOS

ANEXO 01. - Radiación térmica en la zona



ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
01/01/2017	9.46	01/02/2017	9.48	01/03/2017	9.3	01/04/2017	9.28	01/05/2017	9.38	01/06/2017	9.39
02/01/2017	9.44	02/02/2017	9.5	02/03/2017	9.15	02/04/2017	9.14	02/05/2017	9.02	02/06/2017	9.4
03/01/2017	9.33	03/02/2017	9.61	03/03/2017	9.45	03/04/2017	9.64	03/05/2017	9.31	03/06/2017	9.31
04/01/2017	9.21	04/02/2017	9.44	04/03/2017	9.3	04/04/2017	9.58	04/05/2017	9.32	04/06/2017	9.26
05/01/2017	9.41	05/02/2017	9.26	05/03/2017	9.51	05/04/2017	9.64	05/05/2017	9.4	05/06/2017	9.19
06/01/2017	9.39	06/02/2017	9.38	06/03/2017	9.43	06/04/2017	9.64	06/05/2017	9.49	06/06/2017	8.36
07/01/2017	9.47	07/02/2017	9.36	07/03/2017	9.31	07/04/2017	9.38	07/05/2017	9.24	07/06/2017	8.91
08/01/2017	9.28	08/02/2017	9.49	08/03/2017	9.38	08/04/2017	9.18	08/05/2017	9.09	08/06/2017	8.7
09/01/2017	9.3	09/02/2017	9.31	09/03/2017	9.36	09/04/2017	9.46	09/05/2017	9.25	09/06/2017	9.37
10/01/2017	9.11	10/02/2017	9.61	10/03/2017	9.6	10/04/2017	9.19	10/05/2017	9.18	10/06/2017	9.36
11/01/2017	9.3	11/02/2017	9.3	11/03/2017	9.27	11/04/2017	9.43	11/05/2017	9.17	11/06/2017	9.21
12/01/2017	9.29	12/02/2017	8.74	12/03/2017	9.42	12/04/2017	9.41	12/05/2017	9.09	12/06/2017	9.09
13/01/2017	9.35	13/02/2017	8.58	13/03/2017	9.24	13/04/2017	9.52	13/05/2017	9.17	13/06/2017	9.21
14/01/2017	9.44	14/02/2017	8.75	14/03/2017	9.31	14/04/2017	9.45	14/05/2017	9.23	14/06/2017	9.43
15/01/2017	9.22	15/02/2017	8.91	15/03/2017	9.31	15/04/2017	9.45	15/05/2017	9.28	15/06/2017	9.07
16/01/2017	8.85	16/02/2017	9.54	16/03/2017	9.09	16/04/2017	9.3	16/05/2017	9.18	16/06/2017	8.79
17/01/2017	8.73	17/02/2017	8.91	17/03/2017	9.04	17/04/2017	9.24	17/05/2017	9.17	17/06/2017	8.36
18/01/2017	8.88	18/02/2017	8.85	18/03/2017	9.14	18/04/2017	9.25	18/05/2017	9.03	18/06/2017	8.49
19/01/2017	9.28	19/02/2017	9.37	19/03/2017	9.49	19/04/2017	9.41	19/05/2017	9.14	19/06/2017	9.21
20/01/2017	9.11	20/02/2017	9.26	20/03/2017	9.44	20/04/2017	9.37	20/05/2017	9.4	20/06/2017	9.33
21/01/2017	9.42	21/02/2017	9.15	21/03/2017	9.18	21/04/2017	9.03	21/05/2017	9.53	21/06/2017	9.24
22/01/2017	9.37	22/02/2017	9.47	22/03/2017	9.25	22/04/2017	8.94	22/05/2017	9.43	22/06/2017	8.26
23/01/2017	9	23/02/2017	9.24	23/03/2017	9.45	23/04/2017	9.04	23/05/2017	9.62	23/06/2017	8.06
24/01/2017	8.87	24/02/2017	9.35	24/03/2017	9.55	24/04/2017	9.18	24/05/2017	9.5	24/06/2017	8.14
25/01/2017	9.48	25/02/2017	9.33	25/03/2017	9.25	25/04/2017	9.38	25/05/2017	9.59	25/06/2017	8.43

26/01/2017	9.3	26/02/2017	9.19	26/03/2017	9.22	26/04/2017	9.2	26/05/2017	9.59	26/06/2017	8.82
27/01/2017	9.32	27/02/2017	9.44	27/03/2017	9.12	27/04/2017	9.5	27/05/2017	9.33	27/06/2017	8.67
28/01/2017	9.26	28/02/2017	9.31	28/03/2017	9.15	28/04/2017	9.54	28/05/2017	9.3	28/06/2017	9.2
29/01/2017	9.2			29/03/2017	9.18	29/04/2017	9.55	29/05/2017	9.04	29/06/2017	9.17
30/01/2017	9.38			30/03/2017	9.27	30/04/2017	9.49	30/05/2017	8.83	30/06/2017	9.29
31/01/2017	9.37			31/03/2017	9.23			31/05/2017	9.28		

JULIO		AGOSTO		SETEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
01/07/2017	9.42	01/08/2017	8.3	01/09/2017	9.17	01/10/2017	8.63	01/11/2017	8.96	01/12/2017	9.62
02/07/2017	9.3	02/08/2017	8.08	02/09/2017	9.22	02/10/2017	8.7	02/11/2017	9.34	02/12/2017	9.32
03/07/2017	9.09	03/08/2017	9.09	03/09/2017	9.21	03/10/2017	8.98	03/11/2017	8.94	03/12/2017	9.31
04/07/2017	9.18	04/08/2017	9.27	04/09/2017	9.42	04/10/2017	9.28	04/11/2017	8.95	04/12/2017	9.6
05/07/2017	9.1	05/08/2017	9.26	05/09/2017	8.9	05/10/2017	8.87	05/11/2017	9.4	05/12/2017	9.37
06/07/2017	9.23	06/08/2017	8.99	06/09/2017	9.08	06/10/2017	8.91	06/11/2017	9.69	06/12/2017	9.39
07/07/2017	9.24	07/08/2017	9.19	07/09/2017	8.64	07/10/2017	9.21	07/11/2017	9.48	07/12/2017	9.1
08/07/2017	9.14	08/08/2017	9.22	08/09/2017	8.74	08/10/2017	8.81	08/11/2017	9.25	08/12/2017	9.07
09/07/2017	8.78	09/08/2017	9.11	09/09/2017	9.21	09/10/2017	8.82	09/11/2017	9.09	09/12/2017	9.15
10/07/2017	8.63	10/08/2017	9.25	10/09/2017	9.21	10/10/2017	9.1	10/11/2017	9.08	10/12/2017	8.91
11/07/2017	8.8	11/08/2017	8.56	11/09/2017	9.17	11/10/2017	9.34	11/11/2017	9.45	11/12/2017	8.6
12/07/2017	8.44	12/08/2017	8.98	12/09/2017	9.41	12/10/2017	9.12	12/11/2017	9.41	12/12/2017	9.08
13/07/2017	8.4	13/08/2017	9.25	13/09/2017	8.92	13/10/2017	9.18	13/11/2017	9.09	13/12/2017	8.89
14/07/2017	8.04	14/08/2017	8.99	14/09/2017	9.08	14/10/2017	9.17	14/11/2017	9.33	14/12/2017	9.05
15/07/2017	7.8	15/08/2017	8.69	15/09/2017	9.56	15/10/2017	9.38	15/11/2017	9.12	15/12/2017	9.18
16/07/2017	8.22	16/08/2017	8.92	16/09/2017	9.46	16/10/2017	9.73	16/11/2017	9.02	16/12/2017	9.46
17/07/2017	8.78	17/08/2017	9.25	17/09/2017	9.4	17/10/2017	9.45	17/11/2017	8.68	17/12/2017	9.59
18/07/2017	9.38	18/08/2017	8.94	18/09/2017	9.16	18/10/2017	9.31	18/11/2017	8.33	18/12/2017	9.8
19/07/2017	9.18	19/08/2017	8.77	19/09/2017	8.73	19/10/2017	9.04	19/11/2017	8.25	19/12/2017	9.52
20/07/2017	8.48	20/08/2017	9	20/09/2017	8.53	20/10/2017	9.46	20/11/2017	8.7	20/12/2017	9.62
21/07/2017	8.23	21/08/2017	9.32	21/09/2017	8.52	21/10/2017	9.39	21/11/2017	9.12	21/12/2017	9.54
22/07/2017	8.71	22/08/2017	9.14	22/09/2017	9.02	22/10/2017	9.53	22/11/2017	9.31	22/12/2017	9.39
23/07/2017	8.13	23/08/2017	8.62	23/09/2017	9.24	23/10/2017	9.28	23/11/2017	9.29	23/12/2017	9.53
24/07/2017	8.86	24/08/2017	8.49	24/09/2017	9.51	24/10/2017	9.44	24/11/2017	9.23	24/12/2017	9.37
25/07/2017	9.55	25/08/2017	8.85	25/09/2017	9.49	25/10/2017	9.43	25/11/2017	9.27	25/12/2017	9.28

26/07/2017	9.02	26/08/2017	9.27	26/09/2017	9.62	26/10/2017	9.17	26/11/2017	9.49	26/12/2017	9.16
27/07/2017	8.84	27/08/2017	9.34	27/09/2017	9.66	27/10/2017	9.42	27/11/2017	9.4	27/12/2017	9.45
28/07/2017	8.92	28/08/2017	9.19	28/09/2017	9.24	28/10/2017	9.28	28/11/2017	9.6	28/12/2017	9.65
29/07/2017	9.29	29/08/2017	8.96	29/09/2017	9.3	29/10/2017	9.38	29/11/2017	9.47	29/12/2017	9.27
30/07/2017	9.53	30/08/2017	9.11	30/09/2017	9.08	30/10/2017	8.78	30/11/2017	9.25	30/12/2017	9.12
31/07/2017	8.86	31/08/2017	9.23			31/10/2017	8.58			31/12/2017	9.04

Anexo 02.- Ventilador seleccionado

60Hz

CBD CBD 3V



CBD CBD 3V



Turbina de alta calidad y gran robustez, equilibrada dinámicamente según ISO-1940

CBD: Ventiladores centrifugos de doble aspiración con motor directo y turbina con álabes hacia delante

CBD 3V: Ventiladores centrifugos de doble aspiración con motor de 3 velocidades

Ventilador:

- Envoltente en chapa de acero galvanizado
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado
- Se suministra con pies soporte PSB

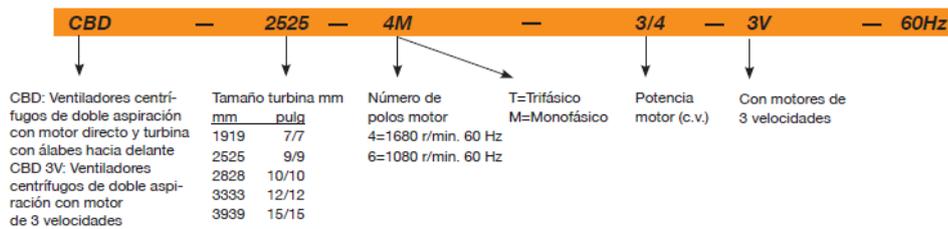
Motor:

- Motores cerrados con protector térmico incorporado, clase F, con rodamientos a bolas, protección IP54
- Monofásicos 220V. 60Hz, y trifásicos 380/660V. 60Hz 380/660V. 60Hz
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C.+ 60°C.

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado

Código de pedido



Características técnicas

60Hz

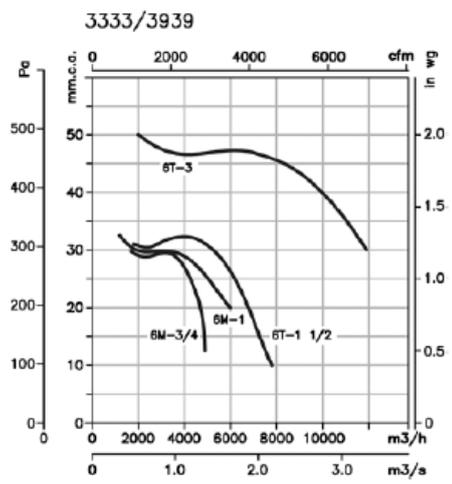
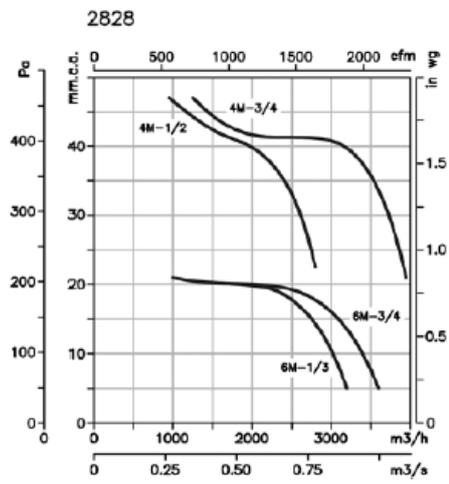
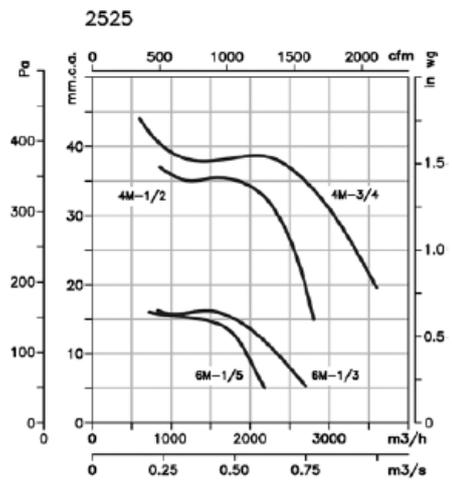
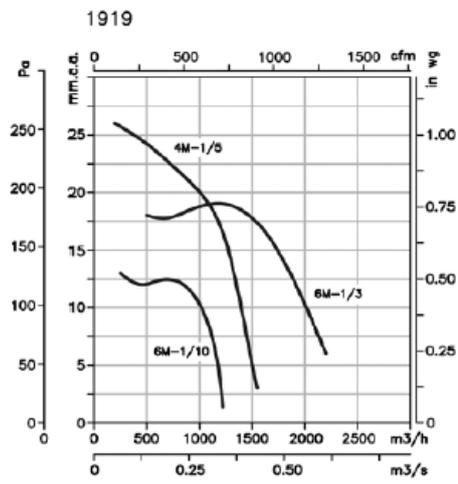
Modelo	Velocidad máxima (r/min)	Equivalencia Pulgadas	Intensidad máxima admisible (A)		Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel sonoro dB(A)	Peso aprox. (Kg)
			220V	380V				
CBD-1919-4M 1/5	1476	7/7	1,75		0,15	1520	59	7
CBD-1919-6M 1/10	984	7/7	0,98		0,07	1230	53	7
CBD-2525-4M 1/2	1584	9/9	3,3		0,37	2800	66	13,2
CBD-2525-4M 3/4	1572	9/9	4,5		0,55	3600	70	14
CBD-2525-6M 1/5	1020	9/9	1,5		0,15	2200	60	11,5
CBD-2525-6M 1/3	996	9/9	2,4		0,25	2700	62	12,7
CBD-2828-4M 1/2	1584	10/10	3,3		0,37	2800	65	15,7
CBD-2828-4M 3/4	1572	10/10	4,5		0,55	3950	70	16,5
CBD-2828-6M 1/3	996	10/10	2,4		0,25	3200	62	15,2
CBD-2828-6M 3/4	1080	10/10	4,4		0,55	3600	64	21
CBD-3333-6T 1 1/2	1080	12/12	6,6	3,8	1,1	7800	75	24,5
CBD-3333-6M 3/4	1020	12/12	5		0,55	4900	64	23
CBD-3333-6M 1	1020	12/12	6,3		0,75	6000	71	24
CBD-3939-6T 3	1068	15/15	10,9	6,3	2,2	11900	75	39

Curvas Características

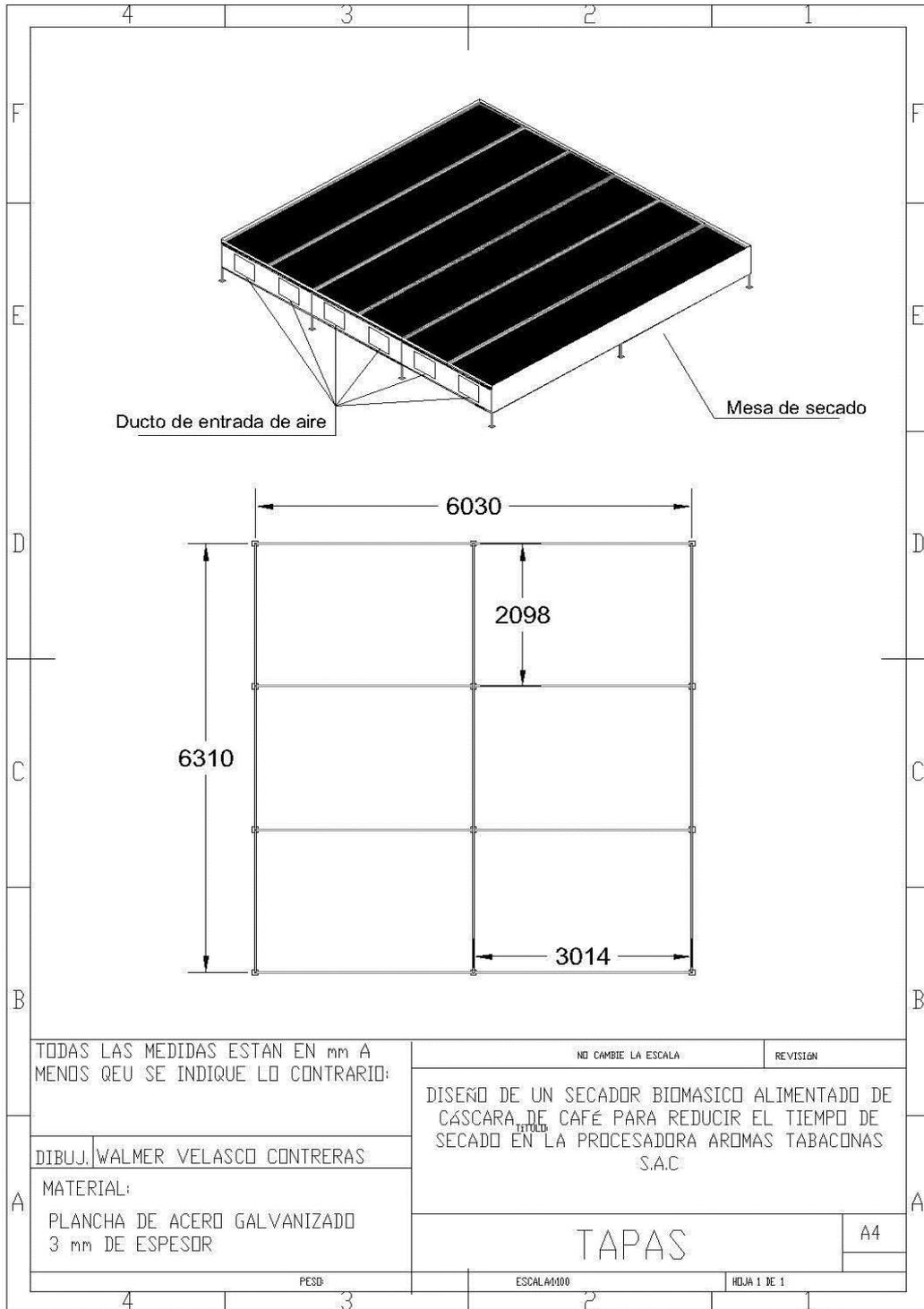
Q= Caudal en m³/h, m³/s y cfm.

Pe= Presión estática en mm.c.a., Pa e inwg.

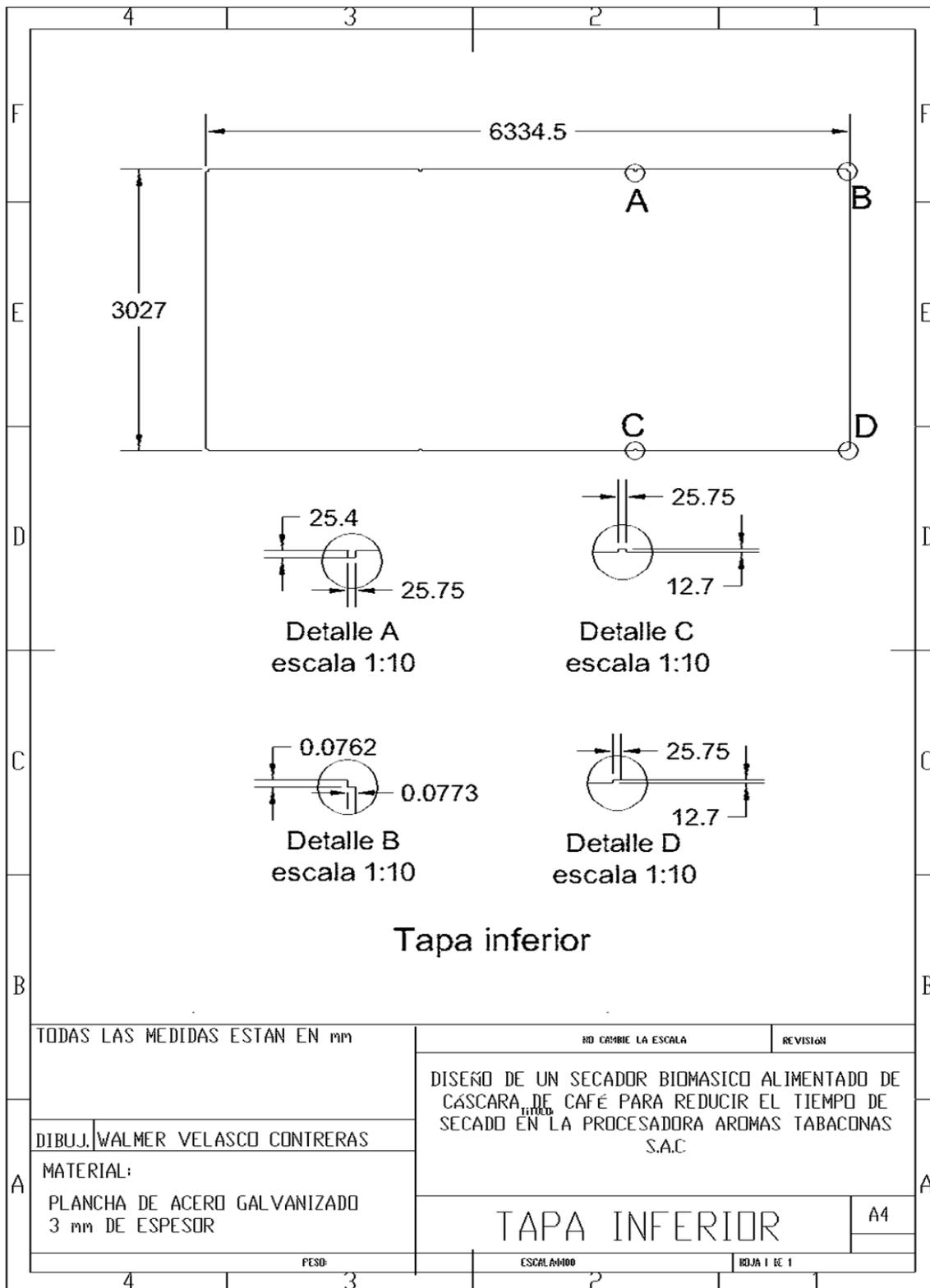
CBD

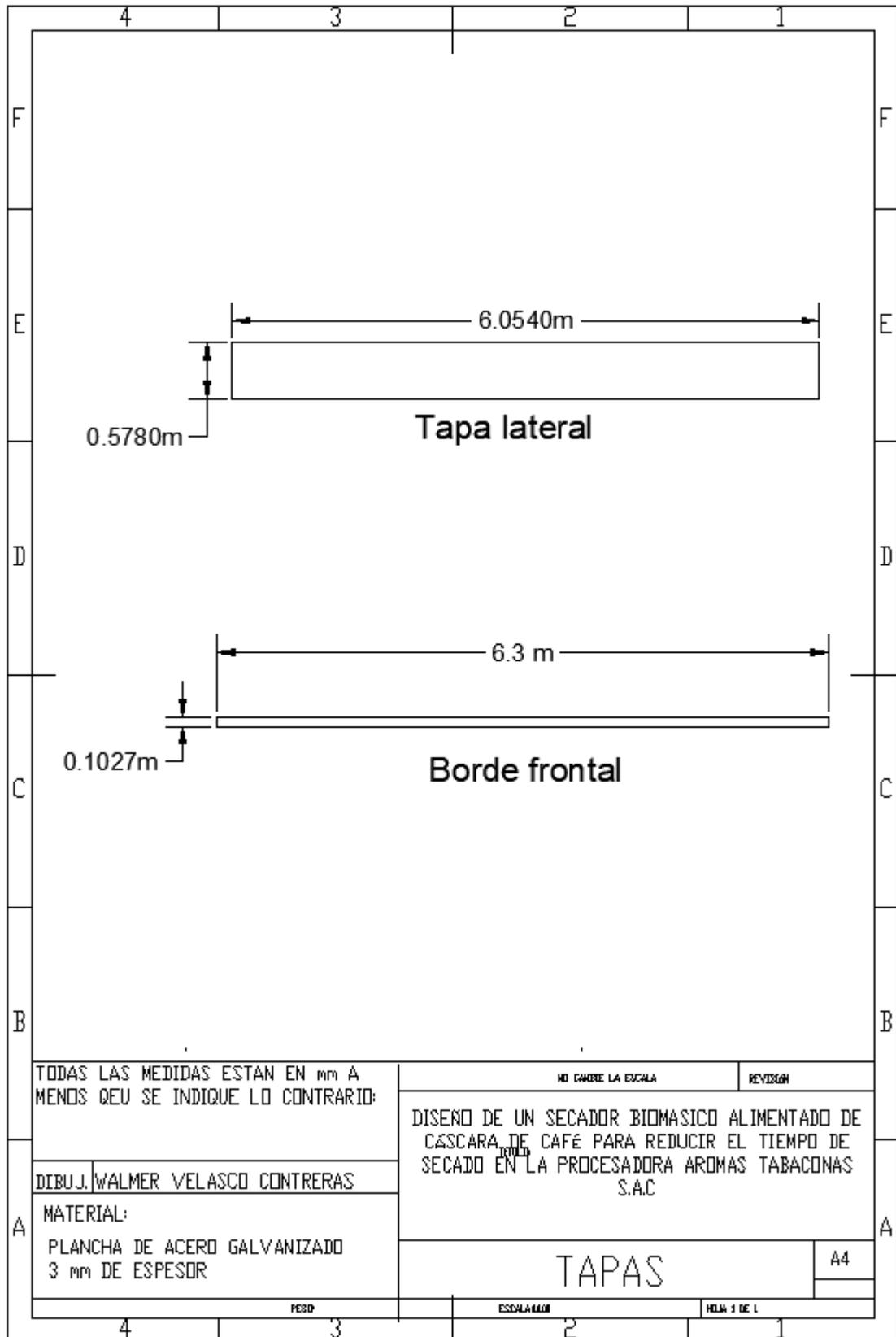


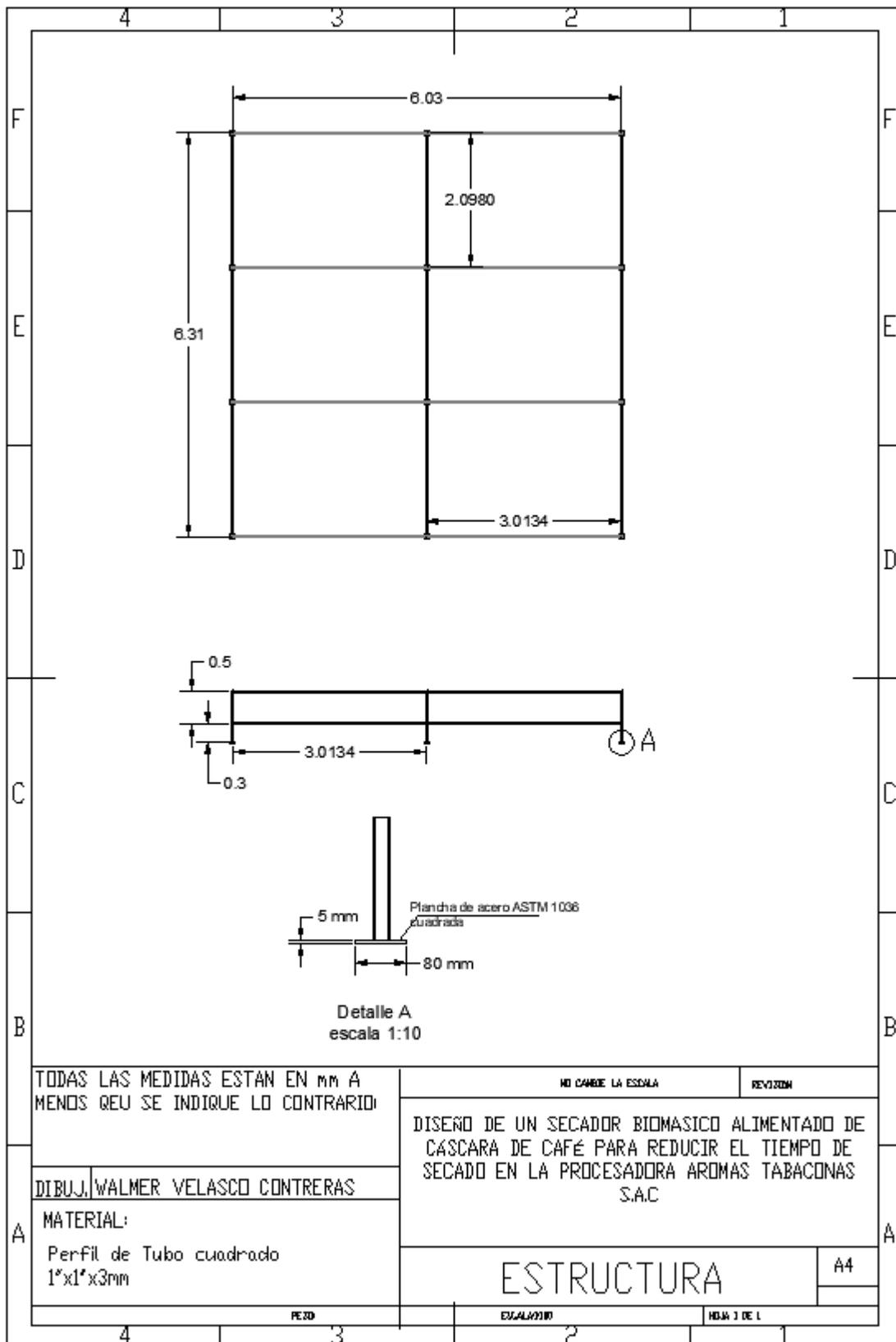
Anexo 03.- Planos de la mesa de secado

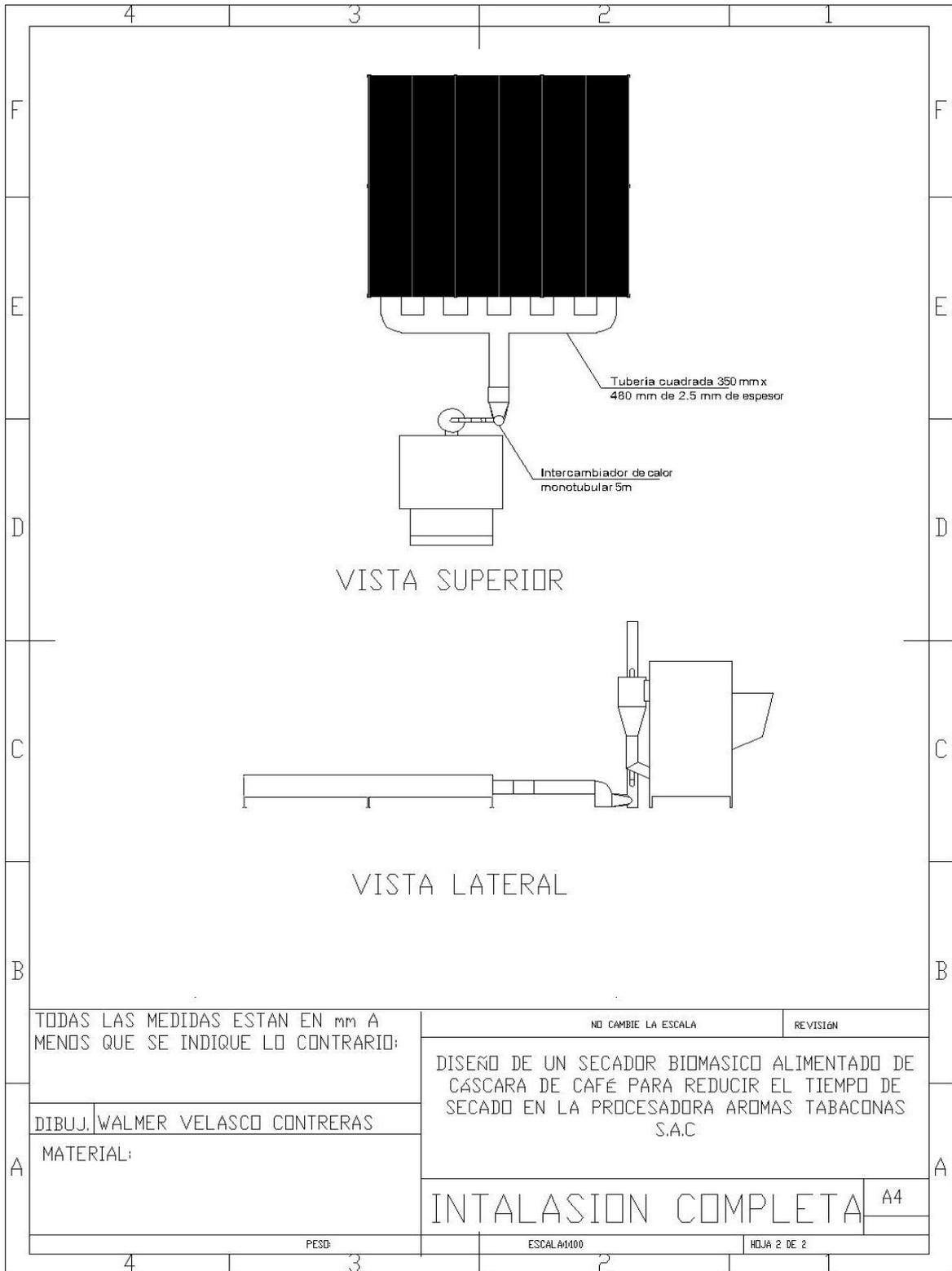


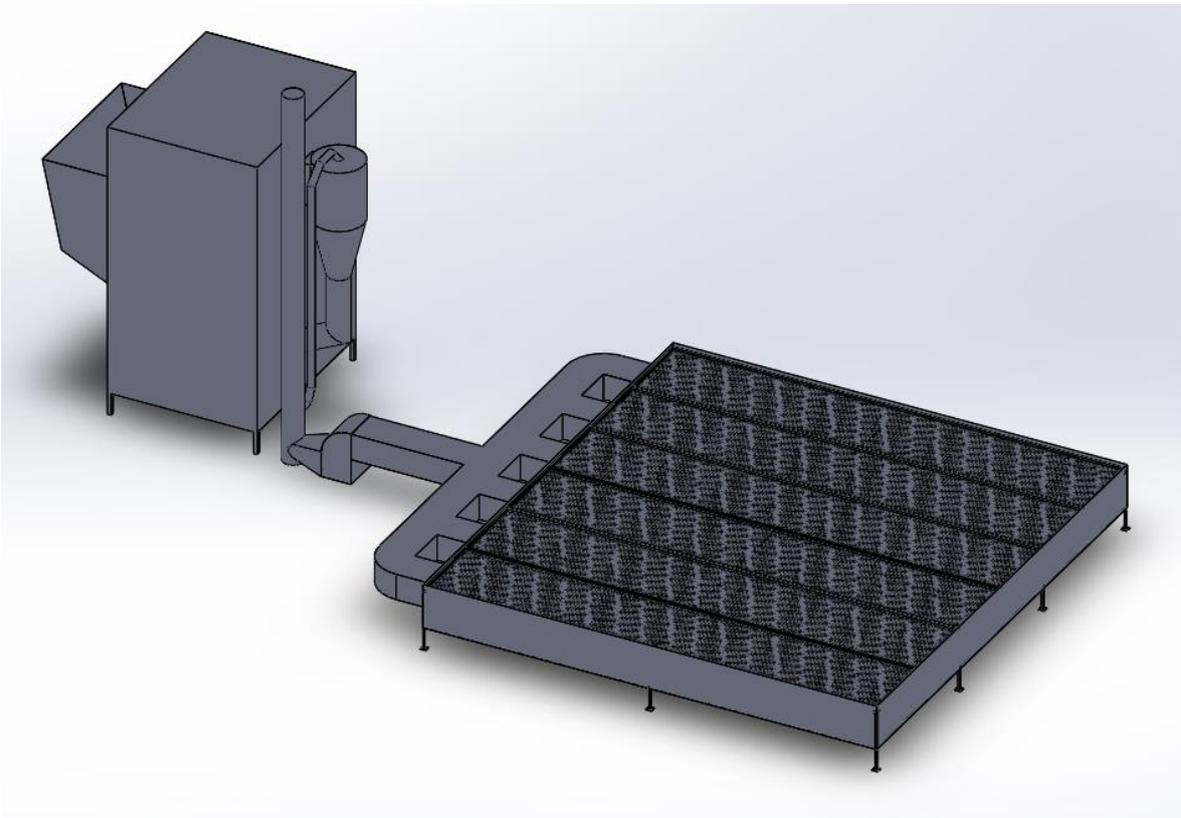
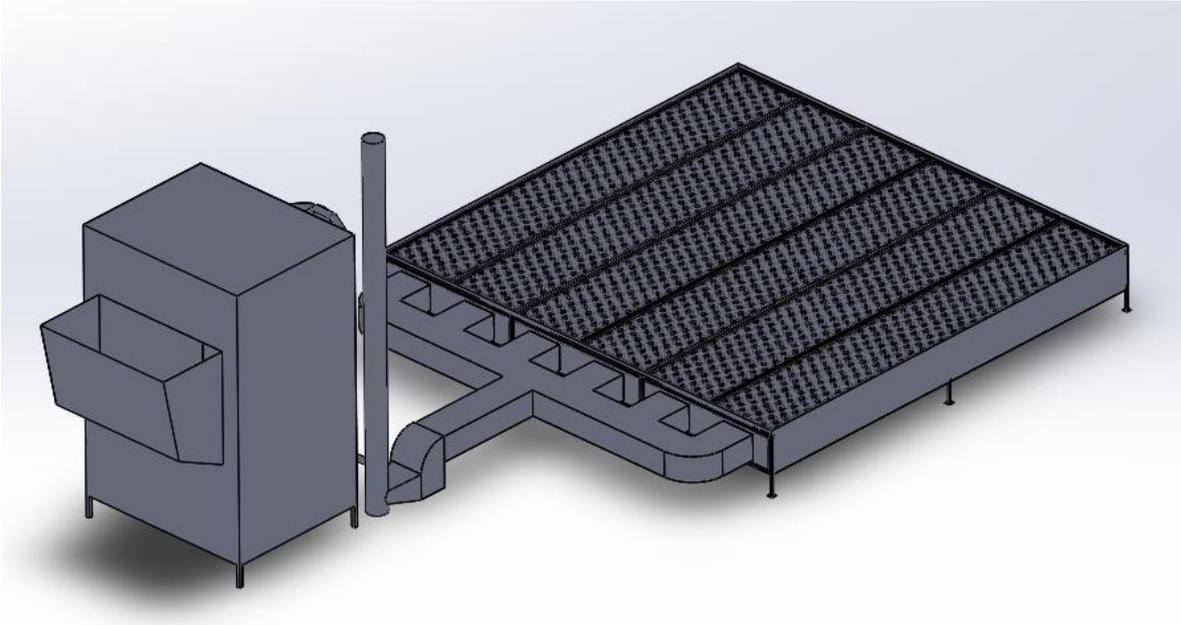
C









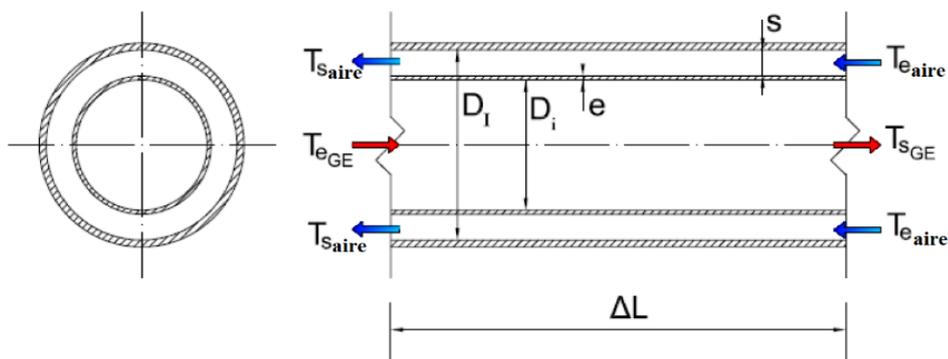


Anexo 04.- Calculo del intercambiador de calor

Para el dimensionamiento del horno, una de las partes principales será el intercambiador de calor el cual tomara el calor de los gases de escape de la combustión de la cascarilla de café y lo transmitirá al aire para el secado.

Para el cálculo se estableció como base teórica la tesis de Isabell Leiro Gómez titulada “RECUPERACIÓN Y REVALORIZACIÓN DEL CALOR RESIDUAL DE UN MOTOR ALTERNATIVO PARA PRODUCCIÓN DE FRÍO” con ella se logró dimensionar un intercambiador mono tubular de flujo cruzado, teniendo en cuenta su procedimiento de cálculo el cual es muy didáctico y responsable.

Como en todo diseño se eligen parámetros el intercambiador será como se muestra en la figura:



Intercambiador de calor mono tubular de flujo cruzado

Distinguimos tres tipos de datos para el cálculo de los diámetros y longitud del intercambiador, primero los datos que se deben asumir. De acuerdo con el antecedente que se toma como base los datos a asumir serán:

E	2.5	mm	Espesor
S	10	mm	Separación entre tubo interno y externo

Datos asumidos para el cálculo

Después los datos que se deben registrar de acuerdo a factores debido a propiedades de los materiales y fluidos, que se irán seleccionando durante el proceso de cálculo. Y los datos calculados que serán los referentes a aplicar las ecuaciones que justifiquen la teoría.

Cabe mencionar que siguiendo la metodología en el antecedente se tendrá que los gases de escape sean el fluido que atraviese la tubería interna y el aire que es el fluido de trabajo para nuestro secador será el que atraviese a la tubería externa.

4.1 Calculo de diámetros

Para determinar los diámetros de los tubos tanto interno como externo, partimos primero calculando el caudal que tendrán los gases de escape determinado a partir de la potencia que se requiere transmitir en el intercambiador:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{GE} c_p (T_{in} - T_{out})$$

Donde

- Q : potencia a transmitir al aire
- m_{GE} : flujo másico de los gases de escape
- C_p : calor específico de los gases de escape
- T_{in} : Temperatura al que ingresa los gases de escape
- T_{out} : Temperatura al que sale los gases de escape

Despejando de esta fórmula el flujo másico:

$$\dot{m}_{GE} = \frac{\dot{Q}}{C_p(T_{in} - T_{out})}$$

Tenemos:

m _{GE}	1.47	kg/s
C _p	1055.30	j/kgK
Q	77800	W
T _{in}	450	°C
T _{out}	400	°C

Con respecto al C_p de los gases de escape se tomó de acuerdo al antecedente que se usa como referencia para el cálculo, y la diferencia de temperatura se asume según los criterios que también se observan en el mismo antecedente.

Teniendo el flujo másico se podrá calcular el diámetro interno, asumiendo una velocidad, después de elaborarse todo el sistema se tabulo hasta establecer una velocidad que dimensione un intercambiador menor a 5 m el cual es referente a los fabricados en el mercado, lo mismo se hizo para las medidas que se tomaron como asumidas para el diseño es decir para el espesor y separación entre tubos.

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}_{GE}}{\rho_{int} v_{int,asum} \pi}}$$

Donde:

- ρ_{int} : densidad del fluido interno (gases de escape)
 $v_{int,asum}$: Velocidad interior asumida
 \dot{m}_{GE} : Flujo másico de gases de escape

Considerando la densidad de los gases de escape referenciada en el antecedente se tiene:

Di	0.235	m
	0.240	m
mGE	1.47	kg/s
v _{nt,asum}	60	m/s
ρ_{int}	0.5643	kg/m ³

Considerando el espesor 1 del tubo el diámetro externo será.

$$D_e = D_i + 2 \cdot e$$

Tenemos:

De	0.245	m
Di	0.240	m
E	2.5	mm

El siguiente diámetro interno, es el del tubo externo que estar condicionado a la separación que se desea, debido a la premisa de dimensionar el intercambiado a menor de 5m, se calcula el segundo diámetro interno:

$$D_I = D_e + 2 \cdot s$$

Tenemos:

Di	0.265	m
De	0.245	m
s	10	mm

4.2 Calculo de longitud del intercambiador

Para determinar la longitud del intercambiador, el antecedente justifica la ecuación para la longitud del intercambiador:

$$L = \frac{\dot{Q}}{\Delta T_{lm}} \left[\frac{1}{h_{int} \cdot \pi \cdot D_i} + \frac{R''_{f,GE}}{\pi \cdot D_i} + \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2 \cdot \pi \cdot k_{material}} + \frac{R''_{f,aire}}{\pi \cdot D_e} + \frac{1}{h_{ext} \cdot \pi \cdot D_e} \right]$$

Se puede observar que existen muchas variables que asimilar debido a que esta ecuación ha sido modelada en relación a las resistencias térmicas que se presentan en el intercambiador de calor, así engloba todos los factores para dimensionarlo. En esta aun debemos calcular tres variables que no son solo datos de material o fluido estas serán coeficiente convectivo interno (h_{int}), coeficiente convectivo externo (h_{ext}), y variación de temperatura media logarítmica (T_{lm}).

4.2.1. Coeficiente de convección interno

Se determinará a partir del número de Reynolds, Prant y Nusselt, para esto primero determinamos el área interna:

$$A_{ci} = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4}$$

Donde:

Aci : Área interna

Di : Diámetro interno

Con lo que se tiene:

Aci	0.0452	m ²
Di	0.24	m

Determinamos el número de Reynolds:

$$Re_{int} = \frac{\rho_{int} v_{int} D_i}{\mu_{int}}$$

Donde:

- Re int : Número de Reynolds interno.
 ρ int : Densidad de fluido interno
 v int : Velocidad del fluido interno
 Di : Diámetro interno
 μ int : Viscosidad dinámica del fluido interno.

Todos los datos han sido preseleccionados en los cálculos anteriores, solamente la viscosidad faltaría seleccionar y se tomara la establecida también en el antecedente de modelo. Con lo cual calculamos:

Re int	250864.79	
ρ int	0.5643	kg/m3
v int	57.758	m/s
μ int	3.12 x 10 ⁻⁵	Ns/m2
Di	0.24	m

Determinamos el número del Prant:

$$Pr_{int} = \frac{Cp_{int} \mu_{int}}{k_{int}}$$

Donde:

- Pr int : Número de Prant.
 Cp int : Calor específico a presión constante.
 μ Int : Viscosidad dinámica del fluido interno.
 k int : Conductividad térmica del fluido

Como se ha venido haciendo los parámetros de los gases de escape como la conductividad térmica se tomará del antecedente, con lo que se tiene:

Pr int	0.69	
Cp int	1.06E+03	j/kgK
k int	4.74E-02	W/mK
μ int	3.12E-05	Ns/m2

De acuerdo a esto se establecen las condiciones de aplicación para determinar el cálculo del número de Nusselt:

$$0.6 \leq Pr \leq 1.60$$

$$Re \geq 10\,000$$

$$\frac{L}{D_i} \geq 10$$

Debido a que dos de estas condiciones se establece:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{0.3}$$

Con lo que se tiene:

Nu	430.23
Re	250864.79
Pr	0.69

Con lo que se calcula el coeficiente de convección como:

$$h_{int} = \frac{k_{int}}{D_i} \cdot Nu_{int}$$

Tenemos:

h int	85.88	W/m ² K
k int	4.79x10 ⁻²	W/mK
Di	0.24	m
Nu int	430.23	

4.2.2. Coeficiente de convección externo

El cálculo es idéntico al anterior pero los parámetros del aire serán los condicionados por el diseño específico de esta investigación, con lo que se determinara, para cada cálculo las propiedades del aire.

Calculamos el área del tubo exterior:

$$A_{ce} = \frac{\pi \cdot (D_I^2 - D_e^2)}{4}$$

Con lo que se tiene:

Ace	0.0080	m ²
DI	0.265	m
De	0.245	m

Calculo del número de Reynolds

$$Re_{ext} = \frac{\rho_{ext} v_{ext} D_{eq}}{\mu_{int}}$$

Corregimos la densidad del aire para una temperatura media según la teoría del antecedente, considerando que el aire ingresa a temperatura ambiente 25°C y se requiere a 50°C, la temperatura media será 38°C, corrigiendo la densidad del aire:

$$\rho = \frac{P_{amb}}{286.9 T_{ambi}}$$

Tenemos:

ρ	1.13688021	kg/m ³
Pamb	101,325	Pa
Taire	38	C

La velocidad del fluido se determinara por el flujo másico de aire que se requiere:

$$v_{int} = \frac{\dot{m}_{aire}}{A_{ce} \cdot \rho_{ext}}$$

Donde:

- v int : velocidad interior
- Ace : área externa
- ρ_{ext} : densidad del aire
- m aire : flujo de aire requerido

Tenemos:

v ext	340.374	m/s
ρ int	1.13688021	kg/m ³
m aire	3.1	kg/s
Ace	0.0080	m ²

Determinamos la viscosidad del aire el cual se sacaran de tablas termodinámicas, al no tener un nuero exacto para la temperatura se interpolara:

T		μaire	
35	K	1.90 x 10 ⁻⁵	W/mK
38	K	1.9088x10 ⁻⁵	W/mK
40	K	1.92x10 ⁻⁵	W/mK

Determinamos el diámetro equivalente:

$$D_{eq} = 4. \frac{A_{ce}}{P_e}$$

Para este se requiere el perímetro mojada, es decir el que estará en contacto con el aire:

$$P_e = \pi. (D_I + D_e)$$

Tenemos:

Deq	0.02	m
Ace	0.0080	m ²
Pe	1.602	m
DI	0.265	m
De	0.245	m

Teniendo los datos necesarios se calcula el número de Reynolds:

Re ext	405453.65	
ρ ext	1.13688021	kg/m ³
v ext	340.374	m/s
μ ext	1.91E-05	Ns/m ²
Deq	0.02	m

Calculamos le número de Prant,

$$Pr_{int} = \frac{Cp_{int}\mu_{int}}{k_{int}}$$

Ya tenemos todos los datos para este número, solamente faltaría determinar el coeficiente de convicción, que se extrapola también de las tablas termodinámicas:

T		kaire	
35	K	2.63×10^{-2}	W/mK
38	K	0.026472	W/mK
40	K	2.66×10^{-2}	W/mK

Con esto se tiene:

Pr int	0.73	
Cp ext	1.01×10^3	j/kgK
k ext	2.65×10^{-2}	W/mK
μ ext	1.91×10^{-5}	Ns/m ²

Se cambian los criterios de diseño:

$$0.52 \leq Pr \leq 2$$

$$3 \cdot 10^3 \leq Re \leq 5 \cdot 10^6$$

Con lo que se establece, el número de Nusselt:

$$Nu_{ext} = \frac{\frac{f_{ext}}{8} \cdot (Re_{ext} - 1000) \cdot Pr_{ext}}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_{ext}}{8}\right)^{1/2} \cdot (Pr_{ext}^{2/3} - 1)}$$

Se debe calcular el f_{ext} :

$$f_{ext} = (0.790 \cdot \ln Re_{ext} - 1.64)^{-2}$$

Tenemos:

Nu	557.00
Re	4.05×10^5
Pr	0.73
f ext	0.014

Se determina el factor de convección del aire:

$$h_{int} = \frac{k_{int}}{D_i} \cdot Nu_{int}$$

Tenemos:

h ext	100.70	W/m ² K
k ext	4.79x10 ⁻²	W/mK
D eq	0.265	m
Nu ext	557.00	

4.2.3. Temperatura media logarítmica

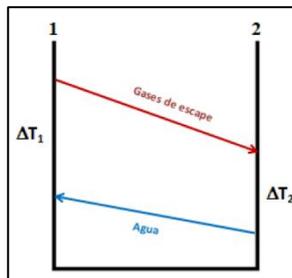
Se desarrolla de las diferencias de temperaturas entre las salidas y entradas de los fluidos:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

Donde:

$$\Delta T_1 = T_{eGE} - T_{s_{aire}}$$

$$\Delta T_2 = T_{s_{GE}} - T_{e_{aire}}$$



Las diferencias de temperatura se determinan

T _e GE	450	°C
T _s GE	400	°C
T _e aire	25	°C
T _s aire	50	°C

Con lo que calculamos las temperaturas:

ΔT_1	400	°C
ΔT_2	375	°C
ΔT_{lm}	387.365554	°C
	660.515554	K

Teniendo calculados en los títulos anteriores, se establecen los faltantes para calcular la longitud que tendrá el intercambiador y como se planteó no pasara de los 5 m, entre los datos requeridos los factores de ensuciamiento R''_{fge} y $R''_{f,aire}$, se obtuvieron el primero del antecedente base de este cálculo y el segundo de tablas para intercambiadores de calor:

<i>TIPO DE FLUIDO</i>	<i>ft²h°K / Btu</i>	<i>m²°C / W</i>
<i>sobre 125°F</i>	<i>0,001</i>	<i>0,0002</i>
<i>sobre 125°F</i>	<i>0,001</i>	<i>0,0002</i>
<i>Aceite combustible</i>	<i>0,005</i>	<i>0,001</i>
<i>Vapores de alcohol</i>	<i>0,0005</i>	<i>0,0001</i>
<i>Vapor exento de aceite</i>	<i>0,0005</i>	<i>0,0001</i>
<i>Aire industrial</i>	<i>0,002</i>	<i>0,0004</i>

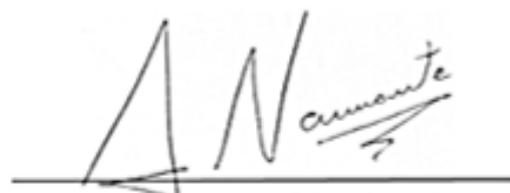
El factor de convección del material del tubo, se tomó como referencia para el acero inoxidable AISI 304 que es el utilizado también en el antecedente de base para el cálculo, con lo que se tiene una longitud de intercambiador como se muestra:

L	4.98	longitud
Q	77800.00	W
ΔT_{lm}	660.52	K
h int	85.88	W/m ² K
h ext	100.70	W/m ² K
Di	0.24	m
De	0.25	m
$R''_{f,GE}$	0.01	m ² K/W
$R''_{f,aire}$	0.0004	m ² K/W
k material	18.27	W/mK

ANEXO 05: Instrumentos de recolección de datos

ENCUENTA		
DETERMINAR LA PRODUCCION Y EL SECADO DE CAFÉ		
PRINCIPALES PROVEEDORES DE CAFÉ DE LA PROCESADORA TABACONAS SAC		
NOMBRE:		
LUGAR:		
EDAD:		
1	COMO SE MIDE LA PRODUCCION EN LA PROCESADORA	
2	CUAL ES LA PRODUCCION ANUAL	
3	CUANTO TIEMPO DEMORA EN SECAR EL CAFÉ DE MODO TRADICIONAL	
4	QUE PARAMETRO DETERMINA QUE EL CAFÉ SE SECO	
5	QUE CANTIDAD DE ESTE PARAMETRO DEBE TENER EL CAFÉ PARA DETERMINARCE COMO SECO	
6	CUANTOS KILOS DE CASCARA SE OPTIENEN POR SACO DE CAFÉ	
7	CUANTA CANTIDAD DE CAFÉ PUEDE ADMITIR EL LA PROCESADORA	
8	CUANTO DURA LA CAMPAÑA	
9	CUANTAS CAMPAÑAS SE DAN EN UN AÑO	

Firma de validación del instrumento por un profesional



Ing. Arturo José Navarrete Núñez

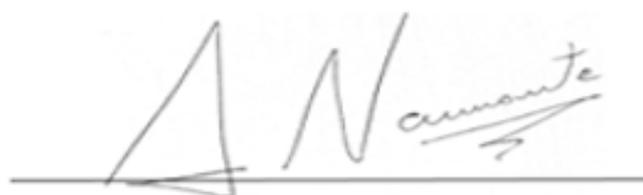
Ing. Mecánico electricista

FICHA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS

FICHA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS	
TIPO DE DOCUMENTO	_____
TITULO DEL DOCUMENTO	_____
FECHA DEL DOCUMENTO	_____
FECHA DE LA CONSULTA	_____
DATO QUE SE BUSCA	

DATOS CONSEGUIDOS	

Firma de validación del instrumento por un profesional



Ing. Arturo José Navarrete Núñez

Ing. mecánico electricista

ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: "**DISEÑO DE UN SECADOR BIOMASICO ALIMENTADO DE CÁSCARA DE CAFÉ PARA REDUCIR EL TIEMPO DE SECADO EN LA PROCESADORA AROMAS TABACONAS S.A.C**", del bachiller:

VELASCO CONTRERAS, WALMER

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 18% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 01 de julio de 2019

Firma

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
16728343

FORMATO DE AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : FC8-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
---	---	---

Yo, **Walmer Velasco contreras**, identificado con DNI N° **47187675** egresado de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **“Diseño de un secador biomásico alimentado de cáscara de café para reducir el tiempo de secado en la procesadora aromas Tabaconas s.a.c.”**

; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



 FIRMA

DNI: **47187675**

FECHA: 22 de agosto del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE: E.P. Ingeniería Mecánica Eléctrica.

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:
Br. Walmer Velasco Contreras.

INFORME TITULADO:

“Diseño de un secador biomásico alimentado de cáscara de café para reducir el tiempo de secado en la procesadora aromas Tabaconas s.a.c.”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

SUSTENTADO EN FECHA: 06-07-2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobado Por Mayoría

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
UCV
CHICLAYO
CHICLAYO
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACION.