



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**“DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE 1.5 Ton. PARA
DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERU
2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

CUBAS ARBILDO JULIO CESAR

ASESOR:

Mg. Ing. Desiderio Enrique Diaz rubio.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO, PERÚ

2018



ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 16:00 horas del día 13 de diciembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N°3028-2018-UCV-CH -2018-UCV-CH, de fecha 10 de diciembre de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE 1,5 TONELADAS PARA DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERU 2018**, presentado por el(la) (los) bachiller CUBAS ARBILDO JULIO CESAR, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Dávila Hurtado Fredy
Secretario : Ing. Celada Padilla James Skinner
Vocal : Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo

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

APROBAR POR UNANIMIDAD

Siendo las 16:40 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, 13 de diciembre de 2018

Ing. Dávila Hurtado Fredy
Presidente

Ing. Celada Padilla James Skinner
Secretario

Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo
Vocal

DEDICATORIA

A Dios primeramente por ayudarme a lograr este sueño tan anhelado.

Todo lo puedo en cristo que me fortalece.

A mi Padre Victoriano Cubas Delgado por su apoyo y consejos para lograr formar en mí una persona de bien.

A mi Madre Mary Arbildo Lozano quien a través de sus enormes esfuerzos me concibió cuido y crio mi niñez.

A mi esposa que eres mi consejera y un hermoso regalo que Dios me dio.

AGRADECIMIENTO

Gracias te doy Padre eterno en el nombre de mi Señor Jesucristo por tu grande amor y bondad que tuviste conmigo al darme una nueva vida en tus caminos y por ayudarme a cumplir los objetivos que tu pusiste en mi mente para formarme como un hijo tuyo con una humilde profesión.

Ahora que estoy terminando y listo para salir a servir a la sociedad ya como ingeniero. Te ruego que me libres de caer en tentación para no ser vergüenza para ti y para las personas que me conocen.

Si usted Dios me permite ejercer un cargo con mi carrera, lo hare en tu nombre porque confió que me guiaras por la senda del bien

Muchas gracias Señor en tus manos pongo mí vida, la de mi familia y mis padres. Amen.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Cubas Arbildo Julio Cesar con DNI N° 46587004, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes considerados de Grados y Titulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la información, datos y documentación que adjunto es verídica y auténtica.

Para tal efecto asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, u omisión tanto de la información, datos y documentación aportada por lo cual me hago responsable y me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, agosto del 2018



CUBAS ARBILDO JULIO CESAR

DNI: 46587004

PRESENTACIÓN

Estimados miembros del jurado:

En acatamiento del Reglamento de Grado y Título de la Universidad César Vallejo presento antes ustedes distinguido Jurado mi Tesis que lleva por título **“DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO PARA DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA SELVA NORTE DEL PERU 2018”**

La misma que ofrezco y someto a vuestra consideración y espero que cumpla con el objetivo y los requisitos de aprobación para lograr obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El Autor

CUBAS ARBILDO JULIO CESAR

INDICE

PAGINA DE JURADO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICE	vii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.1.1 NIVEL INTERNACIONAL	15
1.1.2 NIVEL NACIONAL.....	16
1.1.3 NIVEL LOCAL	18
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	18
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	20
1.3.1 TEORIA DE LOS COMPONENTES DEL SECADOR.....	20
1.3.2 TRANSFERENCIA DE CALOR	25
1.3.3 NORMA TÉCNICA PERUANA DE SECADO DE CAFÉ.....	26
1.3.4 CARACTERÍSTICAS DEL GRANO DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERÚ	27
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	31
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	31
1.6 HIPÓTESIS	32
1.7 OBJETIVOS.....	32
1.7.1 GENERAL	32
1.7.2 ESPECÍFICOS	32
II METODO	33
2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACION:.....	33
2.2 VARIABLES, OPERACIONALES	33
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.	35
2.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	35
2.5 RELACIÓN ÉTICA.....	35

III RESULTADO.....	36
3.1 DIAGNOSTICAR EL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE SECADO DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERÚ	36
3.2 CALCULAR LOS PARÁMETROS TERMICOS EN EL PROCESO DE SECADO DE CAFÉ DENTRO DEL SECADOR ROTATIVO	41
3.3 CALCULAR Y SELECCIONAR ESTRUCTURAS Y EQUIPOS QUE CONFORMARAN EL SECADOR ROTATIVO.....	50
3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO MEDIANTE LOS INDICADORES VAN Y TIR.	83
IV CONCLUSIONES.....	87
V RECOMENDACIONES	88
VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXO 01	92
ANEXO 2.....	94
ENTREVISTAS REALIZADAS A AGRICULTORES DE LA ZONA	94
ANEXO 3.....	98
CUADROS PARA LA SELECCIÓN DE COEFICIENTES	98
ANEXO 4.....	100
FICHA TÉCNICA PARA LA SELECCIÓN DE CADENA	100
ANEXO 5.....	101
FICHA TÉCNICA DE VELOCIDADES MÁXIMAS EN CADENAS.....	101
ANEXO 6.....	102
FICHA TÉCNICA DE DIMENSIONES DE PIÑONES.....	102
ANEXO 7	103
FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE PARA EL TAMBOR	103
ANEXO 8.....	105
FICHA TÉCNICA DEL MOTO REDUCTOR	105
ANEXO 9.....	106
FICHA TÉCNICA DEL VENTILADOR.....	106
ANEXO 10.....	107
FICHA TÉCNICA DEL RODAMIENTO	107
ANEXO 11	108
FICHA TÉCNICA DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS	108
ANEXO 12.....	109
FICHA TÉCNICA DEL AISLANTE TÉRMICO.....	109

ANEXO 13.....	110
FICHA TÉCNICA DEL EJE DEL SECADOR ROTATIVO	110
ANEXO 14.....	111
CARTA PSICOMÉTRICA	111
ANEXO 15.....	112
TESIS MÉTODO PARA MEDIR EL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CAFÉ PERGAMINO	112
ANEXO 16.....	114
TESIS EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DEL CAFÉ Y SU RELACIÓN CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS	114
ANEXO 17	116
TESIS DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA HIBRIDA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO DE SECADO DEL CACAO	116
ANEXO 18.....	118
TESIS INTRODUCCIÓN AL SECADO DE ALIMENTOS POR AIRE CALIENTE.....	118
ANEXO 19.....	120
TESIS DISEÑO, OPTIMIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO DE RECALENTAMIENTO	120
ANEXO 20.....	122
TESIS DISEÑO DE UNA SECADORA DE CACAO PARA ALMACENAJE.....	122
ANEXO 21	124
TESIS USO DE LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA PARA SECADOR	124
ANEXO 22.....	126
FUNDAMENTO CIENTÍFICO DEL CALOR ESPECÍFICO DEL CAFÉ	126
AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....	127
ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	128
TURNITIN.....	129

INDICE DE FIGURA

FIGURA 1 SECADO ARTESANAL DE CAFÉ EN COLOMBIA.....	15
FIGURA 2 ALMACENAJE DE CAFÉ DESHIDRATADO.....	17
FIGURA 3 SECADO DE CAFÉ EN LA CIUDAD DE JAÉN.....	17
FIGURA 4 GABINETE Y RESISTENCIA ELÉCTRICA.	22
FIGURA 5 VENTILADOR CENTRIFUGO.....	24
FIGURA 6 SECADOR ROTATIVO DE FLUJO PERPENDICULAR.....	25
FIGURA 7 SECADO DE CAFÉ SOBRE MANTAS DE POLIPROPILENO.....	29
FIGURA 8 SECADO DE CAFÉ SOBRE PATIOS Y LOZAS DE CONCRETO.....	30
FIGURA 9 SECADO DE CAFÉ SOBRE CARROS DE MADERA.....	30
FIGURA 10 SECADO DE CAFÉ SOBRE SECADOR PARABÓLICO	31
FIGURA 11 SECADO DE CAFÉ EN SAN MARTIN, PERÚ.....	36
FIGURA 12 SECADOR PARABÓLICO UTILIZADO EN RIOJA, PERÚ.....	36
FIGURA 13 SECADOR PARABÓLICO UTILIZADO EN MOYOBAMBA, PERÚ.....	37
FIGURA 14 PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN DE CAFE POR ZONAS EN EL PERÚ.....	39
FIGURA 15 DIAGRAMA DE EXPORTACIÓN DE CAFÉ POR MILES DE TONELADAS.....	40
FIGURA 16 DIAGRAMA DE PRECIO DEL CAFÉ POR MILES DE TONELADAS ...	40
FIGURA 17 TAMBOR ROTATIVO PERFORADO.	51
FIGURA 18 VENTILADOR CENTRÍFUGO MARCA SODECA	62
FIGURA 19 GABINETE DE RESISTENCIA ELÉCTRICA CALELEC HEATING	63
FIGURA 20 EJE DE TAMBOR ROTATIVO	68
FIGURA 21 MOTO REDUCTOR MARCA SHIMPO.....	72
FIGURA 22 CANTIDAD DE DIENTES DE PIÑONES MAYOR Y MENOR	73
FIGURA 23 PIÑÓN DE 38 DIENTES.....	74
FIGURA 24 PIÑÓN DE 19 DIENTES.....	74

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 CULTIVO DE CAFÉ POR CAMPAÑA CAFETALERA EN EL PERÚ.....	18
TABLA 2 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAFÉ.....	27
TABLA 3 OBTENCIÓN DE BENEFICIO DE CAFÉ EN PIURA.....	27
TABLA 4 OBTENCIÓN DE BENEFICIO DE CAFÉ EN CAJAMARCA	28
TABLA 5 OBTENCIÓN DE BENEFICIO DE CAFÉ EN AMAZONAS	28
TABLA 6 OBTENCIÓN DE BENEFICIO DE CAFÉ EN SAN MARTIN	28
TABLA 7 CUADRO DE VARIABLES	34
TABLA 8 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
TABLA 9 PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CAFÉ.....	37
TABLA 10 TABLA DE RESULTADOS DE SECADO DE CAFE DE FORMA EMPIRICA.	38
TABLA 11 TABLA DE RESULTADOS DE SECADO DE CAFE CON INSTRUMENTOS.	38
TABLA 12 VARIABLES DE PROCESO DEL SECADOR ROTATIVO	49
TABLA 13 VALORES LÍMITES DE CORONA DISEÑADA.....	80
TABLA 14 RESULTADO DE CÁLCULO DE CADENA.....	82
TABLA 15 RESULTADO DE PIÑÓN MENOR.....	82
TABLA 16 RESULTADO DE PIÑÓN MAYOR	82
TABLA 17 COMPONENTES ELÉCTRICOS DEL SECADOR.....	83
TABLA 18 CUADRO DE FLUJO DE INGRESO TRIMESTRAL.....	83
TABLA 19 CUADRO DE FLUJO DE EGRESO TRIMESTRAL.....	84
TABLA 20 CUADRO DE COSTO DE MAQUINA SECADORA DE CAFÉ.....	84
TABLA 21 CUADRO DE ANÁLISIS SEGÚN INDICADORES VANTIR.....	85
TABLA 22 CUADRO DE FORMULACIÓN DE DATOS	85

INDICE DE PLANOS Y LAMINAS DE DETALLE

P - 0 1: SECADORA DE CAFÉ DE 1.5 TONELADAS

P - 0 2: CABINA DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

P - 0 3: EJE TUBO DE ACERO INOXIDABLE AUSTÉNICO

P - 0 4: TAMBOR DE SECADORA DE CAFÉ DE ACERO INOXIDABLE

P - 0 5: AROS DE SOPORTE DE TAMBOR

P - 0 6: CARCAZA DE SECADORA

P - 0 7: CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE CONTROL Y MANDO.

RESUMEN

La necesidad de obtener un grano de café completamente deshidratado nos ha llevado a un importante estudio y diseño de una maquina titulada: "DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO PARA DESHIDRATAR SEMILLAS CAFÉ EN LA SELVA NORTE DEL PERU 2018", Para el desarrollo del diseño de la maquina se ha considerado estudios de otros pensadores con el mismo objetivo.

Se propone el diseño de una maquina con un Sistema de calentamiento por resistencias eléctricas dentro de un cilindro concéntrico el cual generara el calor y será impulsado por dos ventiladores a sus extremos y un tambor rotativo que girara sobre el cilindro concéntrico con la carga de semillas de café y estará accionado por motores eléctricos con engranajes y polines, el cálculo del deshidratamiento de las semillas lo hará un sensor que actuara como balanza y los controles de encendido, apagado, temperatura, pesado, estarán en un panel de control visiblemente ubicado en la parte superior de la máquina.

El conjunto de este estudio esta detallado desde los capítulos I donde se desarrolló la introducción, realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación del estudio, hipótesis, objetivos.

En el capítulo II se detalla el diseño de investigación, variables operacionales, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, aspectos éticos.

En el capítulo III se detalla los resultados de la investigación que comprende planos de los componentes y de la maquina armada, aplicación de software a la máquina, formulas térmicas, mecánicas y eléctricas.

En el capítulo IV, V, VI, VII, se aplican la discusión, conclusión, recomendación y referencias.

PALABRAS CLAVES

Secador rotativo, deshidratador, café.

ABSTRACT

The need to obtain a completely dehydrated coffee bean has led us to an important study and design of a machine titled: "DESIGN OF A ROTARY DRYER TO DEHYDRATE COFFEE SEEDS IN THE NORTH JUNGLE OF PERU 2018", For the development of the design of the machine has been considered studies of other thinkers with the same objective.

It is proposed the design of a machine with a heating system by electrical resistances inside a concentric cylinder which will generate heat and will be driven by two fans at their ends and a rotating drum that will rotate on the concentric cylinder with the load of seeds. coffee and will be powered by electric motors with gears and rollers, the calculation of the dehydration of the seeds will be done by a sensor that will act as a balance and the on, off, temperature, and heavy controls will be in a control panel visibly located in the top of the machine.

The whole of this study is detailed from the chapters I where the introduction was developed, problematic reality, previous works, theories related to the topic, formulation of the problem, justification of the study, hypothesis, objectives.

In chapter II, it details the research design, operational variables, population and sample, techniques and data collection instruments, ethical aspects.

Chapter III details the results of the investigation that includes plans of the components and the armed machine, application of software to the machine, thermal, mechanical and electrical formulas.

In chapter IV, V, VI, VII, the discussion, conclusion, recommendation and references are applied.

KEYWORDS

Rotary dryer, dehydrator, coffee

INTRODUCCION

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1 NIVEL INTERNACIONAL

[...]Actualmente el proceso de secado del café es una etapa de máxima importancia en el proceso de beneficio. Se recurre a este proceso para minimizar el florecimiento del grano, disminuir el grado de humedad, evitar la proliferación de néscalos, evitar que la semilla sufra alteraciones en su fisionomía corporal, y para percibir un fruto estable que mantenga su calidad por largos periodos de almacenamiento. Este procedimiento tiene dos periodos fundamentales: la primera clase que se manifiesta en la parte de la superficie del grano, donde se realiza una deshidratación prácticamente ininterrumpido y se logra la más considerable evaporación de agua en un tiempo menor; en esta jornada la humedad se reduce de 55 - 60% a 20-25%.La segunda jornada se realiza en la parte interior del forúnculo en la cual se produce un deshidratado lento porque la evaporación de humedad se da de 20-25% a 10-12%. En este tiempo se han realizado diferentes investigaciones para desarrollar tecnologías en el proceso de secado del café con intención de prolongar una proporción entre eficacia y renta. Las formas de desarrollos más rentables se realizan mediante el empleo de energía solar y oscilación de aire por disimilitud de densidad, pero este hábito está sometido a las restricciones climáticas de cada departamento, necesitan de amplias demarcaciones para el extenuado y mayor trabajo manual. Para dar desenlace a esta problemática se han diseñado secadores los cuales logran un importante aporte en la tecnología del secado (Henaó, 2015, p.16).

Figura 1



Secado artesanal de café en Colombia.

Para referencia Rodríguez sostiene:

Los secadores de hoy en día utilizan el afrecho como combustible para aumentar la temperatura del aire que se utiliza en el secado de la semilla de café los cuales emplean una clase de intercambiador con flujo lineal en paralelo de las corrientes de gases y aire. Si la combustión de la cascara de la semilla de café se ejecuta con eficiencia y se añade el perfeccionamiento de la dinámica del aire en el proceso de secado se utilizara al máximo la energía calorífica contenida en los gases, momento después de que los gases hayan salido de la cámara de combustión del horno (Zamora, Sarria, Cisneros, 2004, p.56).

1.1.2 NIVEL NACIONAL

El Perú ocupa el 2do lugar a nivel mundial como productor y exportador de café orgánico, es el primer proveedor de EE.UU. El café se produce en 210 distritos rurales ubicados en 47 provincias de 10 departamentos de un total de veinticuatro que conforman el Perú. La superficie cultivada con café ocupa 230,000 hectáreas distribuidas en tres zonas, La zona norte consta de 98 mil hectáreas cafetaleras que constituyen el 43% del área total cultivada y está conformada por los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. La zona central abarca unas 79 mil hectáreas, es decir un 34% de los cafetales de la nación, que comprende Junín, Pasco y Huánuco. En la zona sur, 53 mil hectáreas que componen el 23% del área total, está integrada por los departamentos de Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno. (Mincetur 2017).

Teniendo en cuenta la cantidad de café que se produce en el Perú es muy necesario secar el grano con un importante cuidado porque un café mal secado y con un grado de humedad mayor al de los márgenes permitidos para el almacenamiento atraerá cuantiosas pérdidas económicas. Si el café tiene mayor humedad del 12% será atacado fácilmente por hongos y tomara un sabor de semilla vieja y por otra parte un café muy seco también produce perdidas económicas ya que el peso disminuye.

Figura 2



Almacenaje de café deshidratado.

En la actualidad se ha realizado investigaciones donde se puede ver como se ha desarrollado prototipos para mejorar la rapidez del secado del café, buscando obtener diversas mejoras en el procesos de secado y esto se produce dado a que los climas son adversos para el secado de café. En la actualidad la forma más usada es la de expandir el café sobre lozas en grandes extensiones de terreno para ser secado por radiación, esto demanda gastos de mano de obra y pérdidas de tiempo, ya que nuestro clima es muy variante.

Figura 3



Secado de café en la ciudad de Jaén

1.1.3 NIVEL LOCAL

La zona norte está constituida de 98 mil hectáreas cafetaleras que constituyen el 43% del área total cultivada y en tiempo de cosecha existe gran dificultad en el proceso de obtención del grano de café, ya que la forma de secado que estos utilizan es de manera artesanal exponiendo los granos de café al sol sobre mantas de polipropileno (sacos) sobre superficies de tierra y lozas de concreto, es allí donde se encuentra la problemática de exponer el grano de café y de este modo estar propenso a insectos que lo pueden contaminar, asimismo se va a ofrecer una mala calidad de secado porque no se tiene un control sistemático.

Tabla 1

ZONA CAFETALERA		CULTIVOS POR CAMPAÑA %		
		1	2	3
AMAZONAS	R. mendoza	10	60	30
	Utcubamba	10	80	10
	Bagua	5	85	2
AYACUCHO	Valle del rio apurimac	2	96	5
CAJAMARCA	San ignacio	40	55	5
	Jaen	35	60	2
CUZCO	Quillabamba	5	93	5
HUANUCO	Tingo maria	10	85	80
JUNIN	Chanchamayo	20	60
	Satipo	5	35	70
PASCO	Villa rica	...	30	10
	Oxapampa	10	80	30
PIURA	Canchaque	...	70	25
	Montero	...	75	20
PUNO	San juan de oro	15	65	50
SAN MARTIN	Lamas	...	50	20
	Moyobamba	...	80	10
	Rioja	5	85	2
	Tocahe	7	91	10

Fuente: Ministerio de agricultura del Perú

Cultivo de café por campaña cafetalera en el Perú.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Según con Plaza y Yangue en su investigación: Diseño e implementación de una secadora hibrida para el control y monitoreo del proceso de secado de semillas; expresa lo siguiente:

[...] se obtuvo un sistema apropiado siendo mínimo la intervención de personas, a comparación con procesos artesanales los cuales necesitan personas que vigilen el clima y se preocupen de dar vueltas al grano de café, la orientación es lograr un producto de calidad buena y mostrar ahorro en tiempo y espacio que se beneficia el agricultor.

La intención es disminuir las horas de secado y se recomienda no aumentar la temperatura del aire sino aumentar la circulación de la ventilación dentro del ambiente del salón y subir la potencia del extractor principal de aire (Plaza y Yangué, 2012, p.132).

De acuerdo con Flores en el resumen de su tesis: “Cinética del tostado de café utilizando un horno microondas” manifiesta lo siguiente:

“Se ejecutaron experimentos anticipados los cuales fueron dos en un horno microondas de 700 watts de potencia y en diferentes intervalos de tiempo. Dando como resultado que dicha potencia no es la correcta para secar este tipo de semillas con estos resultados se tomó la decisión de modificar la potencia y el tiempo de secado... (Flores y Yanelly, 2008, p.30).

Segun Henao en la conclusión de su tesis: “estimación del procedimiento de secado de café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza” manifiesta lo siguiente:

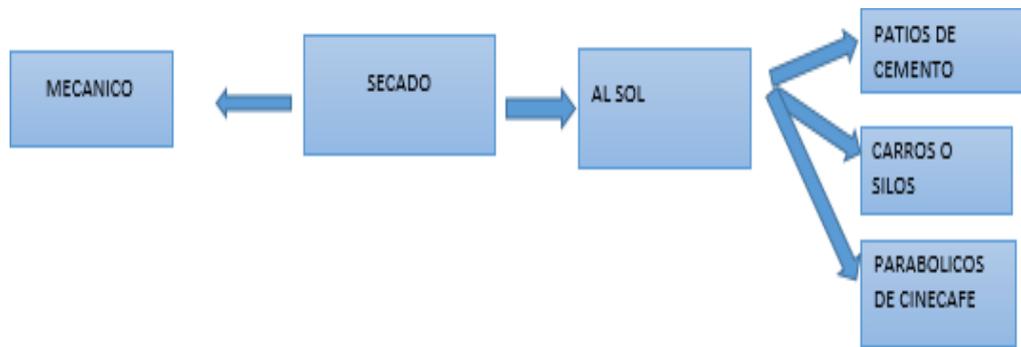
Con una adecuada temperatura del flujo de aire en razón a 50°C-60°C y 300m³/min se adquiere un café de alta calidad sensorial.

No existen muchas diferencias sensoriales entre las variedades castillo y caturra, quedando así demostrado que con las variedades que se realizó este análisis son variedades de buena calidad.

Durante el proceso de secado no es alterado el contenido de cafeína porque la acumulación de sus componentes químicos se realiza en procesos anteriores al secado (Henao, 2015, p.65).

Diagrama de flujo de proceso de secado de café

De acuerdo con Cárdenas y Pardo en su tesis: “Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera”. Se obtiene el siguiente diagrama de flujo y procesos.



1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 TEORIA DE LOS COMPONENTES DEL SECADOR

A. Aire caliente en el secado.

El objetivo de la cantidad de aire caliente inyectado es disminuir la cantidad de agua de un producto para posteriormente ser almacenado por largos periodos de tiempo conservando sus propiedades físicas y características.

B. Temperatura de bulbo húmedo.

Temperatura de bulbo húmedo (TGBH) (del inglés *wet-bulb globe temperature*, también muy conocido como índice WBGT) estima el efecto de la temperatura ya que es una medida de la temperatura aparente, la humedad, el efecto refrescante de la velocidad del aire y generalmente la radiación solar en humanos. Es usada por higienistas industriales, atletas y militares para determinar la exposición apropiada a altas temperaturas.

C. Temperatura de bulbo seco

Temperatura de bulbo seco o temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco.

Esta temperatura junto a la temperatura de bulbo húmedo es utilizada en la valoración del bienestar térmico, en la determinación de la humedad del aire y en psicrometría para el cálculo y estudio de las transformaciones del aire húmedo.

Mediante el diagrama psicrométrico o carta psicrométrica es posible a partir de dos valores de entrada, uno de los cuales suele ser la temperatura seca por su fácil

determinación, conocer el resto de las propiedades de las mezclas de aire seco y vapor de agua.

D. Resistencias eléctricas.

Descubierta en 1827 por Georg Ohm, la resistencia eléctrica tiene un parecido conceptual con la fricción en la física mecánica. La unidad de la resistencia en el Sistema Internacional de Unidades es el ohmio (Ω). Para su medición, en la práctica existen diversos métodos, entre los que se encuentra el uso de un óhmetro. Además, su magnitud recíproca es la conductancia, medida en Siemens.

De acuerdo con la ley de Ohm la resistencia eléctrica de un material puede definirse como la diferencia de potencial eléctrico y la corriente en que atraviesa dicha resistencia, así:

$$R = \frac{V}{I}$$

Donde:

R: resistencia en ohmios.

V: diferencia de potencial en voltios.

I: intensidad de corriente en amperios.

También se define que "la intensidad de la corriente que pasa por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a su resistencia"

La resistencia de un conductor depende directamente de dicho coeficiente, además es directamente proporcional a su longitud y es inversamente proporcional a su sección transversal el cual disminuye conforme aumenta su grosor.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

p: coeficiente de proporcionalidad o la resistividad del material.

L: longitud del cable.

S: área de la sección transversal del mismo.

Figura 4



Cabina y resistencia eléctrica.

E. Tambor cilíndrico de acero inoxidable.

Un tambor cilíndrico de acero inoxidable contiene propiedades mecánicas excelentes a altas temperaturas en comparación con otros materiales, Su buena ductilidad, elasticidad y dureza combinados muestran una buena resistencia al desgaste producido por roce, abrasión, golpes y elasticidad esta ventaja permite utilizar el tambor de acero inoxidable en un sin fin de proyectos. El acero inoxidable manifiesta la mejor resistencia al fuego en aplicaciones estructurales gracias a una temperatura de fluencia elevada superior a 800° C, tiene la clasificación A2s1d0 de cara a resistencia a altas temperaturas y no desprende humos tóxicos. Con un contenido de cromo de 10,5%, el acero inoxidable está protegido por una capa pasiva de óxido de cromo que se genera naturalmente en su superficie cuando entra en contacto con la humedad del aire. La capa pasiva se regenera si se daña la superficie, esta particularidad provee a los tambores cilíndricos de acero inoxidable su resistencia a la corrosión.

Para hallar el volumen del cilindro se recurre a la fórmula:

$$v = \pi r^2 h$$

Donde:

V: volumen.

r: radio.

h: altura.

Para hallar la flexión del cilindro se recurre a la fórmula:

$$\vartheta = \frac{W}{L}$$

Donde:

ϑ : flexión.

W: peso.

L: longitud.

F. Aislamiento térmico en fibra de vidrio

Las fibras de vidrio son excelentes aislantes térmicos gracias a su alto índice de área superficial en relación a su masa. Sin embargo, la sobre dimensión la hace mucho más vulnerable al ataque químico. Los bloques de fibra de vidrio atrapan aire entre ellos, haciendo que la fibra de vidrio sea un buen aislante térmico, con conductividad térmica del orden de 0,05 W / (m °K).

La fibra de vidrio incluye aislamiento acústico, aislamiento térmico y aislamiento eléctrico en recubrimientos, como refuerzo a diversos materiales, palos de tiendas de campaña, absorción de sonido, telas resistentes al calor y la corrosión, telas de alta resistencia, pértigas para salto con garrocha, arcos y ballestas, tragaluces translúcidos, partes de carrocería de automóviles, palos de hockey, tablas de surf, cascos de embarcaciones. También se ha usado para

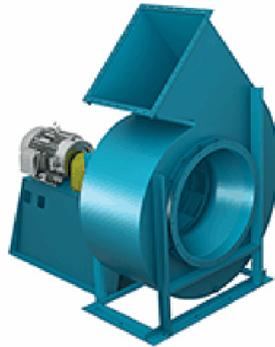
propósitos médicos en férulas. La fibra de vidrio es ampliamente usada para aislamiento de tuberías y conductos en equipos de aire acondicionado.

G. Ventilador de flujo guiado

Un ventilador de flujo guiado es un propulsor, el cual está inmerso dentro de una cubierta o un conducto cilíndrico. El conducto evita pérdidas en el empuje del flujo evitando el desgaste en las puntas de las hélices, al variar la velocidad y la presión del flujo de aire también varía la sección transversal del conducto con esto es posible que el diseño se vea afectado ventajosamente de acuerdo con el principio de Bernoulli.

Figura 5

Fuente: SODECA VENTILADORES.



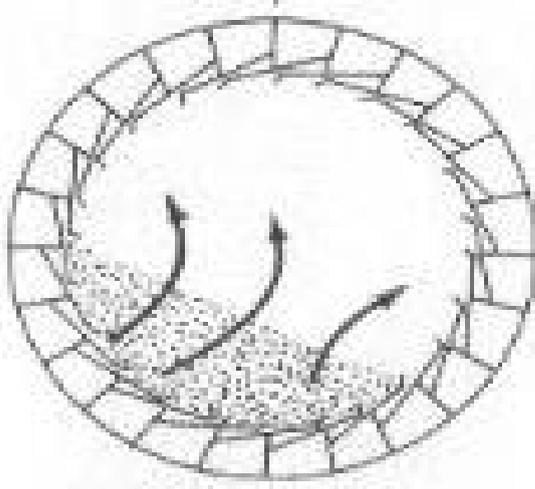
Ventilador centrifugo.

H. Flujo perpendicular de aire caliente en secador rotatorio

Los granos caen en forma de lluvia a través de un flujo gaseoso de aire caliente que se mueve lentamente, con frecuencia dando lugar a un arrastre no deseado de las partículas finas. El flujo del aire caliente es transversal (caballero, 2015, p.12)

Figura 6

<http://www.quieroapuntes.com/secadores>



Secador rotativo de flujo perpendicular.

I. Transmisión por cadena

La cadena de transmisión sirve para transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.

$$Z1.\omega1 = Z2.\omega2$$

Donde:

Z = número de dientes

ω = velocidad angular/revoluciones por minuto

1.3.2 TRANSFERENCIA DE CALOR

Se le define como la energía transitando desde un sistema con temperatura alta a otro con temperatura baja.

A. Convección

Flujo de calor mediante corrientes q provoca el desplazamiento de masa de algún líquido o gas.

B. Radiación

Se considera transferencia de calor por radiación cuando transita calor por medio de ondas electromagnéticas.

C. Conducción

Es la transferencia de calor a través de medios sólidos al estar sometidos a altas temperaturas se produce una vibración molecular y choques entre ellos conforme al avance de la temperatura.

1.3.3 NORMA TÉCNICA PERUANA DE SECADO DE CAFÉ.

RESOLUCIÓN DE APROBACION DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS EN EL MARCO DEL PLAN DE ACTUALIZACIÓN PERIODO INDECOPI Nº 052-2014/CNB-INDECOPI. Lima, 19 de junio de 2014.

RESUELVE

Primero.- APROBAR las siguientes Normas Técnicas Peruanas en su versión 2014:

NTP-ISO 6673:2004 (revisada el 2014) CAFÉ VERDE. Determinación de la pérdida de masa a 105 °C. 2ª Edición. . (Normas Legales el Peruano, 2014, p. 526744)

1.3.4 CARACTERISTICAS DEL GRANO DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERÚ

1.3.4.1 Propiedades físicas del café

Tabla 2

Fuente: CENICAFE

	Uribe (1977)	Presente estudio (2006)	
		Café Seleccionado	Café sin seleccionar
Densidad aparente (kg/m³)			
Fruto	600	621,57	616,50
Pulpa fresca	270	299,74	298,20
Grano de café en baba	800	826,71	803,40
Grano de café lavado	650	701,87	693,66
Grano de café escurrido	s.d.	687,17	678,31
Grano de café seco de agua	520	s.d.	s.d.
Grano de café pergamino	380	391,44	385,75
Grano de café almendra	680	709,99	707,31
Peso (g)			
Un fruto	2,00	1,99	1,85
Un grano de café en baba	s.d.	0,57	0,55
Un grano de café lavado	s.d.	0,40	0,39
Un grano de café escurrido	s.d.	0,39	0,38
Un grano de café pergamino	0,22	0,21	0,21
Un grano de café almendra	0,18	0,18	0,18

Descripción de las propiedades físicas del café.

1.3.4.2 Zona norte el 43% de la producción de café se encuentra en Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín.

Tabla 3

Fuente: Propia.

tiempo de secado	5 días	40h
Porcentaje de humedad		11%
cantidad kg	20 sacos	1000 kg
cantidad hombres		4
área	15m x 15m	225 m ²
tipo de secador	sobre manta de polipropileno	

Obtención de beneficio de café en Piura.

Tabla 4

tiempo de secado	5 días	40h
Porcentaje de humedad		11%
cantidad kg	20 sacos	1000 kg
cantidad hombres		4
área	15m x 15m	225 m ²
tipo de secador	Sobre lozas de concreto	

Fuente: Propia.

Obtención de beneficio de café en Cajamarca.

Tabla 5

tiempo de secado	5 días	40h
Porcentaje de humedad		11%
cantidad kg	20 sacos	1000 kg
cantidad hombres		4
área	6m x 8m	48 m ²
tipo de secador	parabólico	

Fuente: Propia.

Obtención de beneficio de café en Amazonas.

Tabla 6

tiempo de secado	5 días	40h
Porcentaje de humedad		11%
cantidad kg	20 sacos	1000 kg
cantidad hombres		4
área	6m x 8m	225 m ²
tipo de secador	parabólico	

Fuente: Propia.

Obtención de beneficio de café en San Martín.

1.3.4.3 Formas de secado en la zona norte del Perú.

A. Secado sobre mantas de polipropileno.

Consiste en expandir la semilla de café sobre mantas de polipropileno los cuales quedan expuestos a la radiación solar para ser deshidratados a un 11% de humedad, el tiempo estimado asciende hasta ocho horas diarias durante cinco días, la desventaja es que se necesita grandes extensiones de terreno para secar poca cantidad, por lo que se propone una forma rápida de secado a través de un secador rotativo.

Figura 7



Secado de café sobre mantas de polipropileno.

B. Secado en patio o lozas de concreto.

Es una forma de secado muy parecida a la anterior con la única diferencia que en esta forma el café es expuesto sobre lozas de concreto el tiempo de secado no es mucha la diferencia con respecto al método anterior lo que sí es mejorado su higiene las losas deben tener un cierto grado de inclinación para evitar aglomeración de agua.

Figura 8



Secado de café sobre patios y lozas de concreto.

C. Secado en carros de madera.

Son estructuras de madera sobre rieles las cuales cumplen una función de transportar el grano al área de secado y permanecer allí. El carro se guarda si ocurren lluvias repentinas.

Figura 9



Secado de café sobre carros de madera.

D. Secador solar parabólico en la zona norte del Perú.

El secador solar parabólico es una estructura de cemento, madera y plástico el cual tiene la función de aislar al grano de posibles insectos contaminantes a la calidad de la semilla, está diseñado para deshidratar el grano de forma limpia, pero también es uno de los procesos que demora en reducir la humedad del grano.



Figura 10 Secado de café sobre secador parabólico

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú mediante el diseño de un secador rotativo?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La actual investigación permitirá reducir significativamente el tiempo asignado al secado del café permitiéndole secar más cantidad aprovechando el espacio reducido del secador sin necesidad de hacer gastos demasiado onerosos.

Todo se debe a la variedad y lo impredecible que es el clima alto amazónico de la zona norte del Perú el cual puede tener días con una forma de calor abundante y apropiado para el secado de café en extensiones grandes de terreno, y otros días con un exceso de lluvias abundantes en la región el cual perjudica grandemente a la producción de un café de calidad.

El estudio se realiza porque muchos caficultores se ven afectados en no poder secar su café en un tiempo menor a lo acostumbrado que oscila entre las 40 horas.

El diseño de un secador rotativo será de gran utilidad y beneficio para la zona norte cafetalera del Perú, ya que con su uso muchos agricultores y empresas aumentarían sus ganancias económicas, se produciría un café de mucha más calidad para exportar.

El secador rotativo aportaría a la industria del secado un aporte tecnológico el cual será de mucha importancia para poder procesar un café de calidad.

1.5.1 justificación técnica

Para el diseño del secador rotativo de café se elaboraría un expediente técnico en el cual se detallarían los equipos apropiados para la excelente generación del calor requerido, sensores, balanzas, ventiladores, extractores y también metales que estén dentro de la norma técnica peruana.

1.6 HIPÓTESIS

Con el diseño de un secador rotativo se puede deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 GENERAL.

Diseñar un secador rotativo para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú 2018.

1.7.2 ESPECÍFICOS.

- Diagnosticar el estado actual del proceso de secado del café en la zona norte del Perú.
- Calcular los parámetros térmicos en el proceso de secado de café dentro del secador rotativo.
- Calcular y seleccionar estructuras y equipos que conformarían el secador rotativo.
- Realizar la evaluación económica del proyecto mediante los indicadores VAN Y TIR

II METODO

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACION:

La investigación se realizara de forma no experimental ya que en nuestra indagación no se desea variar idealmente nuestra variable independiente; lo que se desea es manifestar la contemplación de las anomalías tal y como se dan en su espacio.

H1 – H2

X1= -----

S.J.CE

Donde:

X1: Modelo que se está estudiando

S: Estudio a explicar en el modelo.

J: Proposición a desarrollar

H1: Periodo de cálculo del estudio.

H2: Periodo de trascendencia del ambiente teórico.

CE: Conclusiones estimadas.

2.2 VARIABLES, OPERACIONALES.

2.2.1 Variable independiente:

Diseño de secador rotativo.

2.2.2 Variable dependiente:

Deshidratación de semillas de café.

Fuente: PROPIA

Cuadro de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	instrumentos	Escalade Medición
Variable Independiente	Actividad creativa en la cual se plasmará ideas de innovación.	cuyo fin sera proyectar el diseño util y estetico de una camara de secado de café	diseño mecanico	esfuerzo	guia de analisis de datos	N/m2
DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO			diseño termico	temperatura		celsius
			diseño electrico	potencia		watts
Variable Dependiente :	cantidad de tiempo requerido para periodo de deshidratado del grano.	se realiza exponiendo el grano a temperaturas altas de calor teniendo en cuenta las norma tecnicas establecidas de secado	tiempo	textura	Guía de Observación	razon
DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ.				masa		kg.
				humedad		higrometro

Tabla 7

2.2.3 cuadro de variables operacionales

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

- Población: no aplica
- Muestra: no aplica

2.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para obtener información de la investigación se ha usado los siguientes instrumentos los cuales serán validados por ingenieros especialistas.

Tabla 8

	TÉCNICA	USO	INSTRUMENTOS
Fuente: PROPIA	Entrevista	Aplicable a agricultores de café.	Entrevista
	Observacion	Analisis documentario de tablas termodinámicas, mecánicas y eléctricas.	uiade analisis de datos

Instrumentos de recolección de datos.

2.5 RELACIÓN ÉTICA:

[...]las veces que se diserta de ética y de conocimiento es cuando debemos enlazar estos dos vocablos con las virtudes que se puedan alcanzar, para justificar que algo es imparcial, bueno y apropiado o que, por el opuesto, es despreciable, y por lo siguiente no ejecutable. La sapiencia se cimenta en una sucesión de razonamientos que después la conllevan a una infundada verdad, por tal causa, el hombre está encargado en búsqueda del conocimiento por intermedio de la sapiencia pero de la mano de las virtudes éticas que conllevan a las personas a un desarrollo científico. (Galán, 2010, p.01).

III RESULTADO

3.1 DIAGNOSTICAR EL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE SECADO DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERÚ.

3.1.1 Actualmente el secado de café en la zona norte del Perú se realiza esparciendo las semillas sobre mantas de polipropileno sobre amplias áreas para ser secadas por el sol.

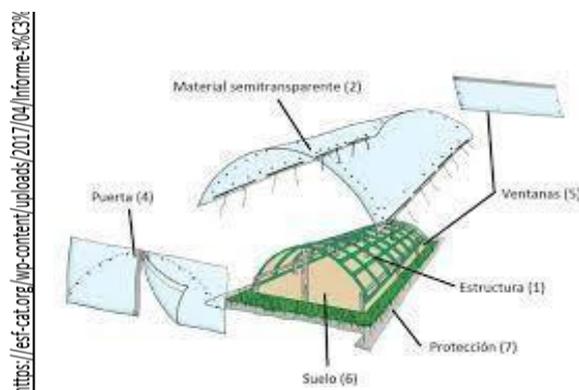
Figura 11



Secado de café en San Martín, Perú.

En algunas localidades se pueden encontrar diseños de secadores diversos los cuales se basan en secado al sol, mejorando la forma de secado antes mencionada.

Figura 12



Secador parabólico utilizado en Rioja, Perú.

Según estudios de “Anacafe” el porcentaje de humedad de la semilla después del proceso de lavado es del 55% el cual complica el secamiento del café mas que cualquier otro grano.

Tabla 9

<https://www.anacafe.org>

% Humedad	Peso Total	Material de Café (Lbs.)	Agua (Lbs.)	Etapa de Secado
55	100	45	55	Café lavado escurrido
50	90	45	45	Seco Superficial
30	64.28	45	19.28	Grano blando y blando
15	52.94	45	7.94	Grano oscuro y consistente
10	50	45	5	Café pergamino seco

Porcentaje de humedad del café.

Debido a que el tiempo de cosecha y la temporada de lluvia se pronuncian en los mismos meses dificultan el secado los cuales en muchas veces provocan perdidas económicas.

Figura 13



Secador parabólico utilizado en Moyobamba, Perú.

Actualmente en la zona norte del Perú el agricultor cultiva 725 kg de café seco por hectárea y el tiempo de secado del grano es de 4-5 días, la cantidad de humedad del café se determina de forma empírica utilizando los

sentidos vista, tacto, oído los cuales no dan un resultado certero en cuanto al porcentaje de humedad.

Tabla 10

Sentidos	
Vista	Consiste en ver la coloración del grano el cual está expandido secándose y si toma un color amarillo pálido pues se determina que está seco a un 12% de humedad el cual es un método poco confiable.
Tacto	Consiste en tomar uno o más granos de los que están expandidos secándose, en los dedos y ejercer fuerza en el sentido de torcerlo, si el tal se tuerce significa que todavía le falta secar un poco más pues el grano tiene que estar duro y no torcerse y se determina que está en un 12% de humedad aproximadamente. De humedad es un método poco confiable.
Oído	Consiste en frotar con las manos el café que está expandido secándose y si tiene un sonido como de hojas secas se puede determinar que está en grado 12% aprox. de humedad

Fuente: PROPIA.

Tabla de resultados de secado de café de forma empírica.

Algunos caficultores a pesar de sus condiciones económicas han adquirido nuevos instrumentos de medición de humedad con el fin de brindar un café con secado según las normas técnicas peruanas.

Tabla 11

Instrumentos	
Balanzas	Consiste en tomar una muestra de todo el café que está secando y pesar su masa 1000g y después de cinco días o más de exposición al sol el tal tiene que haber disminuido hasta 550g.
Sensores	Son instrumentos de alta tecnología que tienen un bulbo sensor de humedad el cual se pone entre toda la masa que está expuesta al secado y por consiguiente el sensor tomará la lectura correspondiente.
Higrómetros	Son equipos con tecnología de alta definición, y su uso para diagnosticar la humedad de los cereales es más precisa y tiene un margen mínimo de error.

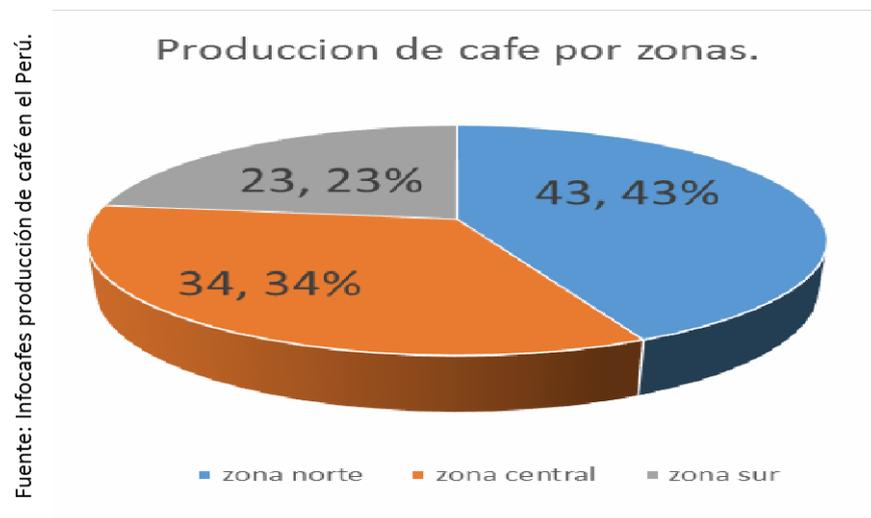
Fuente: PROPIA.

Tabla de resultados de secado de café con instrumentos.

3.1.2 Estado actual del porcentaje de la producción de café en la zona del Perú.

Actualmente según infocafes Las zonas de producción se dividen en tres cada una con sus respectivas regiones, zona norte corresponde un 43%, zona central 34%, zona sur 23%. El porcentaje de humedad del café de esta zona es 11%.

Figura 14



Porcentaje de producción de cafe por zonas en el Perú.

3.1.3 Estado actual de la exportación de café en la zona norte del Perú.

La producción agropecuaria del año 2017 aumento en 2.6% en comparación del año 2016 influenciado por el alza de la producción agrícola los cuales cerraron el año con una producción de arándano 86%, aceituna 43%, alcachofa 33%, café 21%, cacao 11% (Minagri, 26 marzo, 2018).

Las exportaciones agrícolas del café según el banco central de reserva del Perú se dieron miles de toneladas en diferentes trimestres alcanzando los más altos valores de exportación en los cuartos trimestres de los años 2015, 2016, 2017, este último llegando a exportar 104.4995.

Figura 15

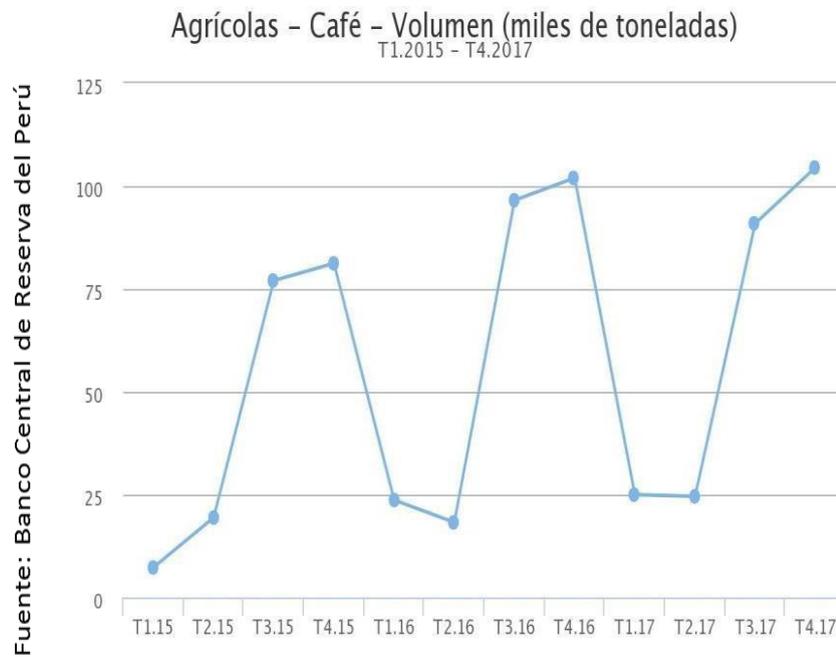


Diagrama de exportación de café por miles de toneladas.

3.1.4 Estado actual del precio de café en la zona norte del Perú.

El precio del café en las exportaciones el primer trimestre del año 2015 estaba 4000 dólares la tonelada, y para el cuarto trimestre del 2017 su precio es 2868 dólares por tonelada (Banco Central de Reserva del Perú)

Figura 16

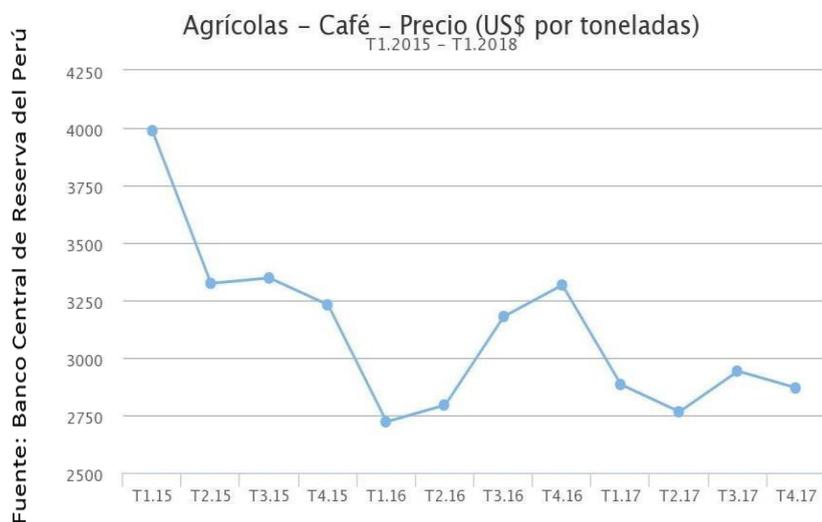


Diagrama de precio del café por miles de toneladas.

3.2 CALCULAR LOS PARÁMETROS TÉRMICOS EN EL PROCESO DE SECADO DE CAFÉ DENTRO DEL SECADOR ROTATIVO.

Para empezar a calcular los parámetros térmicos del secador rotativo es necesario saber algunos datos de entrada.

$$X1 \text{ humedad inicial del cafe} = 55\%$$

$$Xf \text{ humedad final del cafe} = 11\%$$

$$Cs \text{ capacidad del secador} = 1500 \text{ kg}$$

$$TS \text{ temperatura de secado} = 55^\circ\text{C}$$

3.2.1 Calculo de la cantidad de agua inicial del café en el tambor rotativo.

$$Mai = X1 \times Cs$$

$$Mai = 0.55 \times 1500 = 825 \text{ kg agua}$$

Donde:

Mai: Masa de agua inicial

X1: humedad inicial

Cs: capacidad del secador

3.2.2 Calculo de la cantidad de materia seca final de café en el tambor rotativo.

$$\text{Materia seca final} = \text{masa total} - \text{masa agua inicial}$$

$$\text{Materia seca final} = 1500 \text{ kg} - 825 \text{ kg}$$

$$\text{Materia seca final} = 675 \text{ kg}$$

El proceso se llevara hasta una humedad final del 11 %

$$\text{Masa de agua final} = \frac{X \text{ final (masa seca de cafe)}}{1 - x \text{ final}}$$

$$\text{Masa de agua final} = \frac{(0.11)(675 \text{ kg})}{1 - 0.11} = 83.43 \text{ kg}$$

3.2.3 Calculo de la cantidad de agua retirada en el proceso de secado, agua evaporada.

$$\text{Masa de agua retirada} = \text{masa de agua} - \text{masa de agua final}$$

$$\text{Masa de agua retirada} = 741.57 \text{ kg}$$

3.2.4 Cantidad de café al final del ciclo de secado.

$$\text{Masa de café final seco} = \text{masa seca de café} + \text{masa agua final}$$

$$\text{Masa de café final seco} = 758.43 \text{ kg.}$$

Según la organización de las naciones unidas para la alimentación se recomienda un flujo de aire caliente 0.12 y $0.25 \frac{m^3}{s} / m^2$.

3.2.5 Calculo del aire teórico en la cámara de secado se considera un flujo de $0.25 \frac{m^3}{s} / m^2$

$$Q t = \text{calor teórico}$$

$$Q t = 0.25 \frac{m^3}{s \times m^2} (13.9 \text{ m}^2)$$

$$Q t = 3.47 \frac{m^3}{s}$$

$$Q t = 3.47 \frac{m^3}{s} \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$Q t = 12\,492 \frac{m^3}{h}$$

Calor específico del café

Según Montoya 1989 se realizó el método de mezclas para determinar dicho valor en el café pergamino en un rango de humedad del grano del 11% al 45 %, el valor de M es la humedad del grano en bulbo seco, siendo la ecuación resultante.

$$C_{pc} = 1.3556 + 5.7859(M)$$

Donde

C_{pc}: calor específico del café (kJ / kg – k)

M : contenido de humedad decimal en base seca

Siendo el valor de M para una temperatura de 55°C

$$M = 0.12 \text{ bulbo seco}$$

Entonces:

$$C_{pc} = 1.3556 + 5.7859 (0.12)$$

$$C_{pc} = 2.049 \text{ KJ / Kg } ^\circ k$$

3.2.6 Calculo del calor total necesario para el proceso de secado

Calculo de calor sensible para elevar la temperatura del café de 20°C – 55°C, en el tambor rotativo.

$$Q \text{ sensible cafe} = \text{masa del café final seco} (T_2 - T_1) C_{pc}.$$

$$Q \text{ sensible cafe} = 675(328K - 293K) (2.049 \text{ KJ/kg } ^\circ K)$$

$$Q \text{ sensible cafe} = 48\,407,63 \text{ Kcal}$$

Calculo del calor sensible necesario para elevar la temperatura del agua del café en el tambor del secador (20 °C a 55 °C)

$$Q_{\text{sensible H2O}} = \text{masa de agua retirada} \times (T_2 - T_1) \times \text{Calor específico H2O}$$

$$Q_{\text{sensible H2O}} = 741.57 \text{ Kg} (55 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) \left(\frac{1 \text{ K cal}}{\text{Kg °C}} \right)$$

$$Q_{\text{sensible H2O}} = 25954.95 \text{ K cal.}$$

Se concluye calculando el calor latente para la evaporación del agua.

$$Q_{\text{latente}} = \text{masa agua retirada (calor latente H2O)}$$

$$Q_{\text{latente}} = (741.57 \text{ kg}) (560 \text{ K cal/ Kg})$$

$$Q_{\text{latente}} = 415279 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{sensible cafe}} + Q_{\text{sensible H2O}} + Q_{\text{latente}}$$

$$Q_{\text{total}} = 48407,63 \text{ Kcal} + 25954.95 \text{ Kcal} + 415279 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = 489641.58 \text{ Kcal.}$$

3.2.7 Calculo de coeficiente de convección interno

La temperatura a la que se elevara el grano de café será de 55°C, la cual será necesaria para el secado de este.

Propiedades del aire a 55°C = 328 °K

$$K = 27,71 \times 10^{-3} \text{ w/(m °K)}$$

$$Pr = 0.7215$$

$$V\alpha = 1,6 - 3,3 \text{ m/s (velocidad de flujo recomendable)}$$

$$\rho = 1.075 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$\mu = 198 \times 10^{-7} \text{ (N. s)/m}^2 \text{ (viscosidad dinamica)}$$

Calculo de flujo de gases laminar o turbulento dentro del secador rotativo.

- cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho V \alpha De}{\mu}$$

$$Re = \frac{1.075 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 3.3 \text{ m/s} \times 1.2 \text{ m}}{198 \times 10^{-7} \frac{\text{N. s}}{\text{m}^2}}$$

$$Re = 215\ 000$$

- cálculo del número de Nusselt

$$Nu = 0.023 Re^{\frac{4}{5}} X Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 0.023 (215\ 000)^{\frac{4}{5}} X (0.7215)^{\frac{1}{3}}$$

$$Nu = 380.56$$

-cálculo del coeficiente de convección

$$hc = \frac{Nu \times K}{Dc}$$

$$hc = \frac{380.56 \times (27,71 \times 10^{-3} \text{ w/m}^{\circ} \text{k})}{1.2 \text{ m}}$$

$$hc = 8.78 \frac{\text{w}}{\text{m}^2 \text{ }^{\circ} \text{k}}$$

3.2.8 Calculo de coeficiente de convección externo

Propiedades del aire a 20 °C = 293 °K (temperatura del aire en el ambiente)

$$K = 0,02588 \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$$

$$V = 16.08 \times 10^{-6} m^2/s$$

$$A = 2.208 \times 10^{-5} m^2$$

$$Pr = 0.7282$$

Calculo del coeficiente de expansión volumétrica

$$\beta = \frac{1}{Tf}$$

$$\beta = \frac{1}{293 \text{ } ^\circ K}$$

$$\beta = 0.00341 \text{ } ^\circ K^{-1}$$

Calculo del número de Rayleigh

$$Rad = \frac{s\beta(T - T\alpha) D^3}{r^2} Pr$$

$$Rad = \frac{(9.81)(0.00341)(55^\circ - 20^\circ)(1.2)^3}{(16.08 \times 10^{-6})^2} (0.7282)$$

$$Rad = 569.79 \times 10^7$$

Calculo del número de Nusselt.

$$Nud = \left[0.6 + \frac{0.38 Rad^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right]^2$$

$$Nud = 194.83$$

3.2.9 Calculo de coeficiente de convección promedio

$$he = \frac{Nud \times K}{De}$$

$$he = \frac{194.83 \times 0.02588 \frac{W}{m} \text{ } ^\circ K}{1.2 m}$$

$$he = 4.2 \frac{W}{m} \text{ } ^\circ K$$

3.2.10 Tiempo y temperatura de calentamiento del producto.

Teniendo en cuenta los valores de la carta psicométrica se determina la cantidad de agua evaporada por la cantidad de aire seco inyectado.

Datos:

Humedad específica a 55°C = 13 gr de vapor de agua por 1kg de aire seco

Peso específico del aire a 55°C = 1.29 kg/m³

Capacidad del ventilador = 3181 m³/h

Cantidad de agua en el secador = 741570 gr H₂O

Hallando la masa del aire seco (Mas)

$$Mas = \frac{\text{cant. agua secador}(1 \text{ kg aire seco})}{\text{humedad especifica a } 55^\circ C}$$

$$Mas = \frac{701570 \text{ gr H}_2\text{O}(1Kg)}{13 \text{ gr H}_2\text{O}}$$

$$Mas = 57043 \text{ Kg aire seco}$$

Hallando el volumen del aire seco (Vas)

$$Vas = \frac{Mas(1m^3)}{\text{peso específico del aire a } 55^\circ C}$$

$$V_{as} = \frac{57043 \text{ Kg aire seco}(1m^3)}{1.29 \text{ kg}/m^3}$$

$$V_{as} = 44220 \text{ m}^3$$

Determinar el tiempo con el ventilador seleccionado:

$$t = \frac{V_{as}(1h)}{\text{capacidad del ventilador}}$$

$$t = \frac{44220 \text{ m}^3(1h)}{3181 \text{ m}^3/h}$$

$$t = 13.90h = 14 \text{ horas.}$$

Se concluye que para evaporar los 741.57 kg de agua a una temperatura de bulbo seco de 55°C inyectando 3181 m³/h de aire seco se demora un tiempo de 14 horas.

3.2.11 Diagrama de entrada y salida de flujo.

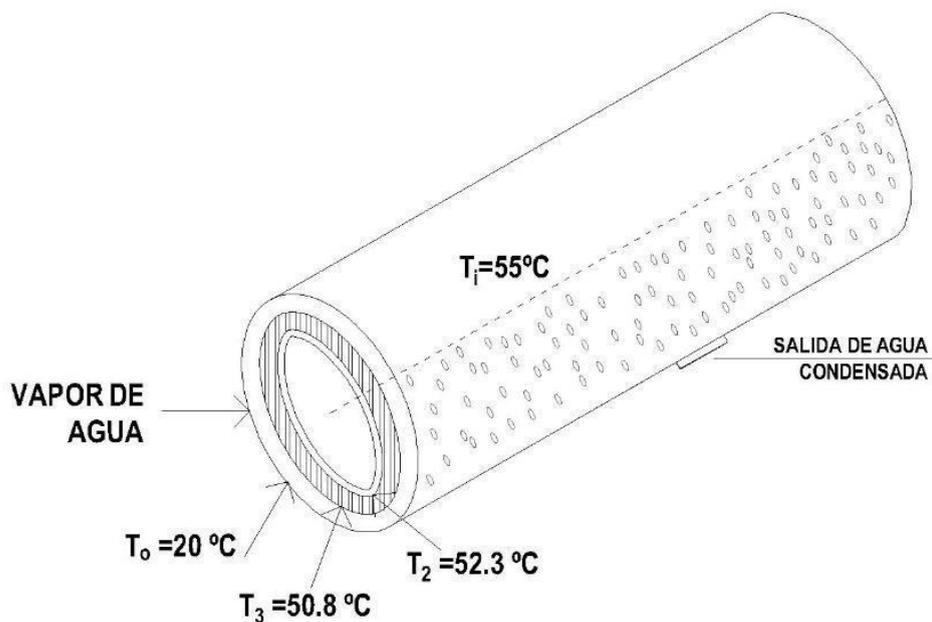


Tabla 12

Ítem	variables del proceso	unidad
1	temperatura del aire de secado	55 °c
2	temperatura tambor lado externo	52.3 °c
3	temperatura de aislante externo	50.8 °c
4	temperatura ambiente	20 °c
5	humedad inicial del producto	55%
6	humedad final del producto	11%
7	coeficiente de convección externo	4.2w/m2 °K
8	coeficiente de convección interno	8.78 w/m2 °K
9	tiempo de secado	14 horas
10	espesor del tambor	3.00 mm

Fuente: Propia.

Variables de proceso del secador rotativo.

3.3 CALCULAR Y SELECCIONAR ESTRUCTURAS Y EQUIPOS QUE CONFORMARAN EL SECADOR ROTATIVO.

Para empezar con el diseño del secador rotativo es necesario saber algunos datos de entrada.

Capacidad 1.5 toneladas = 1500 kg.

Densidad del café escurrido = $687.17 \frac{kg}{m^3}$ según cenicafe tabla N° 2

3.3.1 Calculo del volumen total del tambor.

Por razones de accesibilidad, espacio y facilidad en la fabricación se considera un valor de 0.6 m de radio y 3.2 m de longitud para diseño del tambor.

$$V_{cilindro} = \pi r^2 L$$

$$V_{cilindro} = 3.14(0.60^2)(3.2m)$$

$$V_{cilindro} = 3.61 m^3$$

Para hallar el volumen total del tambor se tiene que disminuir el volumen del eje el cual es 0.44 m³.

$$V_{total\ cilindro} = 3.61 m^3 - 0.44 m^3$$

$$V_{total\ cilindro} = 3.16 m^3$$

Este volumen 3.16 m³ representa el 100% de la capacidad del secador.

3.3.2 Calculo del volumen total del café.

Siendo la densidad inversamente proporcional al volumen específico se determina.

$$V = \frac{1}{\rho}$$

$$V = \frac{1}{687.17} \frac{kg}{m^3}$$

$$V = 1.45 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Para hallar el volumen total de 1500 kg de café se determina con la siguiente ecuación.

$$V \text{ t cafe} = (1.45 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \times 1500 \text{ kg})$$

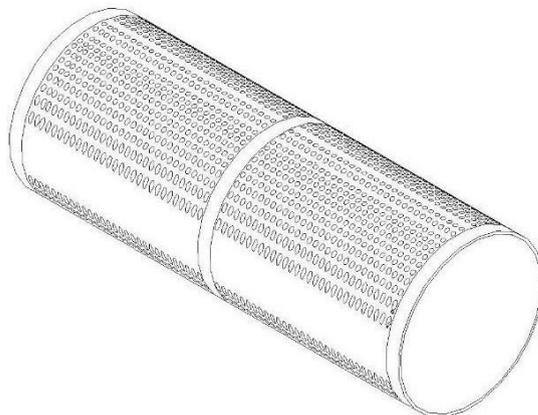
$$V \text{ t cafe} = 2.18 \text{ m}^3$$

Este volumen de café 2.18 m³ viene a ser el 68.98 % de la capacidad del tambor.

3.3.3 Diseño del tambor y selección del espesor de la plancha.

Teniendo una idea de cómo será estructuralmente y su funcionamiento de la maquina en el secado se procede al análisis ingenieril para definir el tipo de acero inoxidable y su espesor respectivo.

Figura 17



Fuente: PROPIA.

Tambor rotativo perforado.

3.3.4 Cálculo de flexión del tambor secador.

Cálculo de flexión en cilindro

$$\partial = \frac{w}{L}$$

$$\partial = \frac{1500 \text{ kg}}{3.2 \text{ m}}$$

$$\partial = 468.75 \text{ kg/m}$$

$$\partial = 4600 \text{ N/m}$$

3.3.5 Cálculo y selección del material del tambor secador.

El material del tanque de secado será de acero inoxidable AISI 304. Por sus características de altas resistencias a la corrosión utilizado para productos más complejos y posee características mejores al AISI 430 frente a ciertos agentes en determinadas condiciones de temperatura y PH.

Análisis del tanque:

Densidad del acero inoxidable AISI 304

$$\rho = 7,93 \text{ gr/cm}^3$$

Ecuación 1: Densidad.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho \cdot v$$

$$m = (7,93 \text{ gr}) \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times (L_t \times p \times e) \text{m}^3 \dots \dots (1)$$

Donde:

L_t = longitud del tambor

p = perímetro de circunferencia

e = espesor de la plancha =?

Calculo del perímetro de la plancha del tanque

$$p = 2\pi r = \pi\phi$$

$$p = 2(3.1416) \times 60 \text{ cm}$$

$$p = 376.99 \approx 377 \text{ cm}$$

Reemplazando en (1)

$$m = (7,93 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}) (320 \times 377 \times e) \text{ cm}^3$$

$$m = 956675.2 \text{ gr } \times e$$

$$m = 956.67 \text{ kg } \times e$$

Para hallar el peso se multiplica por la gravedad y el espesor de la plancha.

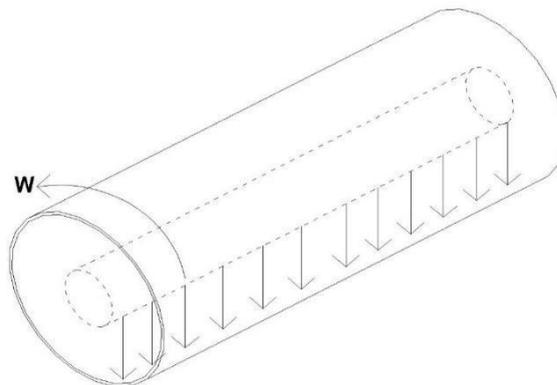
$$w = 956.67 \text{ kg } \times 9.8$$

$$w = 9375.41 \text{ kg } \times e \dots \dots (2)$$

A. Calculo de la fuerza de impacto de las semillas al momento del giro.

Para hallar el esfuerzo sobre las paredes del tanque debemos considerar el diseño en las condiciones más críticas y esto se daría en la fuerza del impacto de toda la masa de café en el momento de giro. Para esto debemos de diseñar considerando lo siguiente:

Presión ejercida sobre el tanque.



$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{(2)(9.8)(0.9)}$$

$$v = 4.2 \text{ m / s}$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1500)(4.2)^2$$

$$E = 13\,230 \text{ joule}$$

Donde:

v: velocidad de impacto

E: energía cinética

masa: 1500 kg

h: altura, 0.9 mts de diámetro

(no llega a su totalidad de altura por gravedad)

Fuerza media de impacto será

$$F = \frac{E}{D}$$

D = la distancia recorrida después del impacto que en esta circunstancia consideramos que 0.01 m.

$$F = \frac{13230}{0.01} = 1323 \text{ KN}$$

B. Calculo del espesor de la plancha del tambor secador

El esfuerzo en las paredes del tanque considerando el límite de fluencia a 500° C para evitar deformación se utilizara el acero AISI 304 que equivale a 68 N/mm². El cual se usara para la selección del espesor adecuado para el tanque.

$$68 \text{ N/mm}^2 = \frac{1323 \text{ KN}}{3.20 \times e}$$

$$e = \frac{1323 \text{ KN}}{68 \times 3.20}$$

$$e = 2.85 \times 10^{-3}m$$

$$e = 2.85mm = 3mm$$

Siendo así entonces el peso de la plancha de acero inoxidable será:

Reemplazando en (2).

$$w = 9375,41(0.03)kg$$

$$w = 281.26 \text{ kg de acero inoxidable}$$

3.3.6 Calculo de momento flector y esfuerzo cortante del tambor secador por medio de software.

Datos:	
Peso en de tambor y café.	17535.042 N
Longitud.	3.2m
Modulo elasticidad.	0.1928968 MPa
Momento de inercia cilindro hueco.	5400000.

Diagrama de esfuerzo cortante

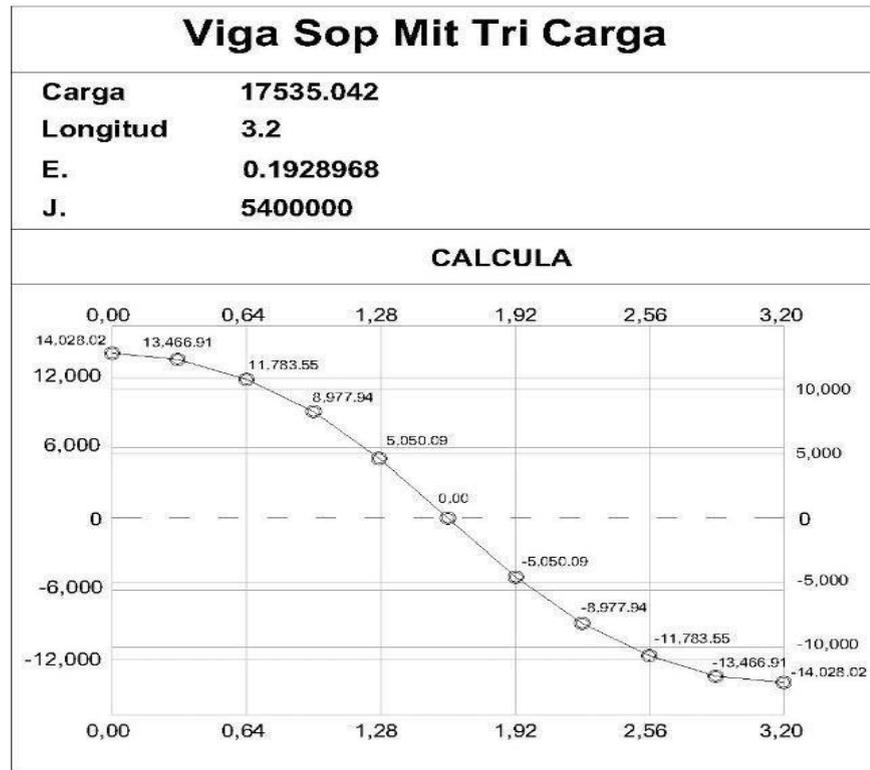
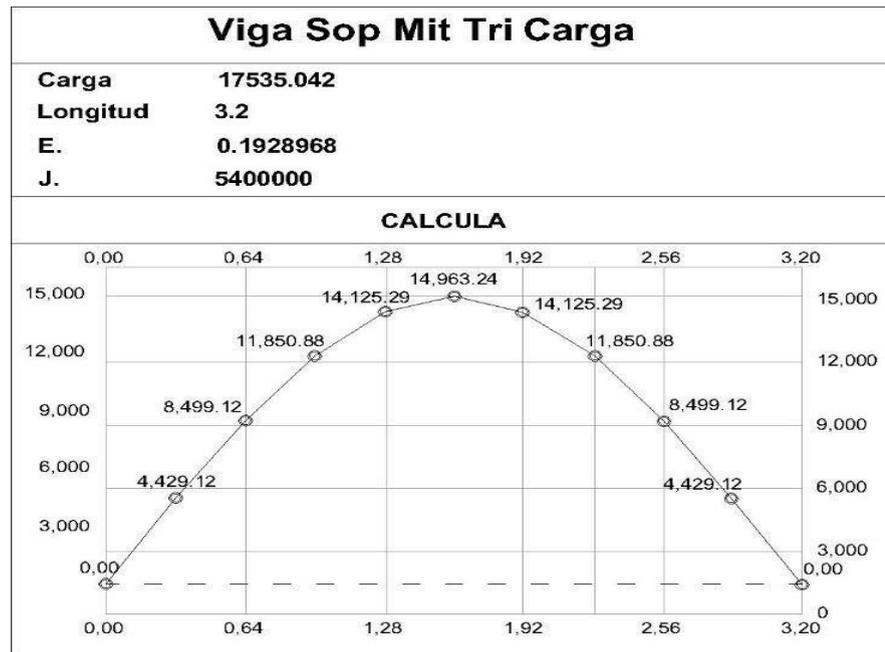


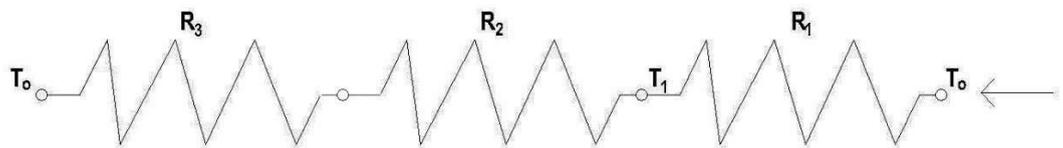
Diagrama de momento flector.



3.3.7 Calculo de perdida de calor a través de la pared.

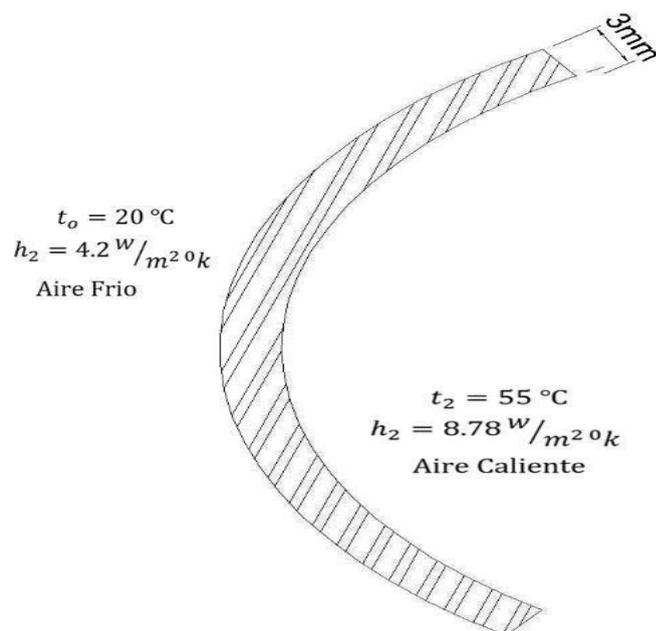
Para el diseño del cilindro rotativo se empleó acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 3 mm, ya que en los esfuerzos resultantes a la flexión, estos son menores a lo admitidos por el acero seleccionado.

Siendo el circuito equivalente a la cámara



$$R1 = \frac{1}{2\pi h_1 r_1 L}, R2 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi K L}, R3 = \frac{1}{2\pi h_2 r_2 L}$$

Donde la pérdida de calor a través de la pared será:



$$Qr = \frac{T_a, Ti - T_{\alpha, 0}}{\frac{1}{2\pi h_1 r_1 L} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi KL} + \frac{1}{2\pi h_2 r_2 L}}$$

$$Qr = \frac{328^{\circ}K - 293^{\circ}K}{\frac{1}{2\pi(8.78 \frac{w}{m^2 \cdot ^{\circ}K})(0.57m)(32m)} + \frac{\ln(0.6/0.57)}{2\pi(15.6 \frac{w}{m^2 \cdot ^{\circ}K})(3.2m)} + \frac{1}{2\pi(4.2 \frac{w}{m^2 \cdot ^{\circ}K})(0.6m)(3.2m)}}$$

$$Qr = 1172.65 w$$

$$Qr = 1172.65 \frac{J}{s}$$

Siendo:

L: longitud del tambor 3.2m

Ti: 328 °K

Tα: 293 °K

h1: 8.78 w/m² ◆

h2: 15.6 w/m °K

Temperatura en las paredes

$$Rt_{conv} = \frac{1}{R_{conv}} = 2.3$$

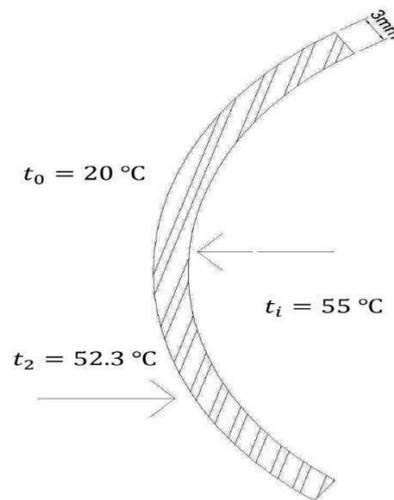
$$Qr = \frac{T_{\alpha 1} - T_2}{Rt_{conv}}$$

$$T_2 = (T_{\alpha 1} - Q) \times Rt_{conv}$$

$$T_2 = 55^{\circ}c - 1.172 \times 2.3$$

$$T_2 = 55^{\circ}c - 2.7$$

$$T_2 = 52.3^\circ\text{C}$$



3.3.8 Calculo del aislante térmico.

Resistencia total:

$$R_{total} = \frac{1}{2\pi h_1 r_1 L} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi K_{aisi} L} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi K_{aislante} L} + \frac{1}{2\pi h_2 r_2 L}$$

Donde se utilizara fibra de vidrio como aislante térmico por su baja conductividad térmica.

Donde:

$L = \text{longitud del cilindro de secado}$

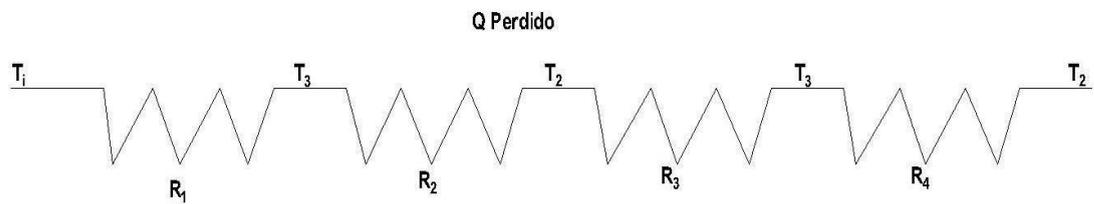
$$h_1 = 8.78 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^\circ}$$

$$h_2 = 4.2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^\circ}$$

$$K_{aisi} = 15.6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^\circ}$$

$$K_{aislante} = 0.035 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^\circ}$$

Circuito térmico de flujo de calor perdido



Encontrándose el circuito de resistencias en serie, la resistencia total será la suma de estas:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_1 = 9.49 \times 10^{-3} \frac{^{\circ}K}{w}$$

$$R_2 = 1.598 \times 10^{-5} \frac{^{\circ}K}{w}$$

$$R_4 = 0.0197 \frac{^{\circ}K}{w}$$

$$R_T = 0.090 \frac{^{\circ}K}{w}$$

$$Q_{perdido} = \frac{\Delta T}{R_{total}} = \frac{(T_i - T_0)}{R_{total}}$$

$$Q_{perdido} = \frac{(328^{\circ}K - 293^{\circ}K)}{0.090 \frac{^{\circ}K}{w}}$$

$$Q_{perdido} = 388.8 w.$$

Luego analizamos la pérdida de calor sin utilizar el material aislante.

$$q = 1206.89 w$$

Con lo cual se está controlando la temperatura y se estaría aislando la transferencia de calor en un 67.79% de calor como base para realizar el cálculo de pérdida de calor en el cilindro de secado, el espesor del aislante

es de 1 (in), adicionalmente es una dimensión que se encuentra en el mercado.

3.3.9 Selección de ventilador:

Flujo total de aire en la cámara de secado

$$m = \frac{Q \text{ operacion}}{C_p \times \Delta T}$$

$$Q \text{ operacion} = 2256356 \text{ KJ}$$

$$\text{Tiempo de secado} = 18.82 \text{ h}$$

$$C_p = 1.008 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{K}} = \text{aire a } 328^\circ\text{K}$$

$$\rho = 1.068 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \text{aire a } 328^\circ\text{K}$$

Calor necesario por hora

$$Q_h = \frac{2256356 \text{ KJ}}{18.82 \text{ h}} = 119891.4 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

Convirtiendo a segundos

$$Q = 33303.16 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Hallando la masa del flujo total de aire se puede determinar la velocidad de ventilación del ventilador.

$$m = \frac{119891.4 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}}{1.008 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{K}} \times 35^\circ\text{K}}$$

$$m = 3398.28 \text{ kg/h}$$

Velocidad de ventilación del ventilador.

$$\rho = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{3398.28 \frac{kg}{h}}{1.068 \frac{kg}{m^3}}$$

$$v = 3181.91 \frac{m^3}{h}$$

Convirtiendo a segundos:

$$v = 0.9 \frac{m^3}{s}$$

Según la tabla de ventiladores de SODECA para este caudal le corresponde el modelo: CBD-2828-6m $\frac{1}{3}$ HE, el cual tiene una potencia instalada de 0.25 kw.

Figura 18

Fuente: PROPIA.



Ventilador centrífugo marca sodeca.

3.3.10 Calculo de la resistencia eléctrica a utilizar en el secador rotativo.

En los cálculos para la selección del ventilador se determinó el calor necesario por segundo.

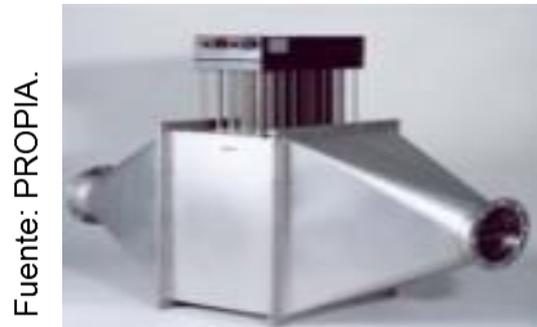
$$Q = 33303.16 \frac{J}{s}$$

Convirtiendo a BTU:

31.56 BTU

Teniendo el resultado de los BTU necesario se seleccionara la resistencia eléctrica por medio de catálogo de fabricación de resistencias CDM-23-12-31. Marca CALELEC HEATING.

Figura 19



Gabinete de resistencia eléctrica CALELEC HEATING.

3.3.11 Calculo del eje del secador rotativo

Para poder diseñar el eje del secador rotativo se ha considerado la carga total que soportara el secador y cálculos de los momentos de flexión y torsión.

$$\tau_{mt} = \frac{\pi d^3}{16} \frac{Mt}{[1 - (\frac{d_0}{d})^4]} \leq E$$

Donde:

Mt: momento torsor en la seccion del arbol (N. mm)

d: diametro de la seccion analizada del arbol (mm)

d₀: diametro interior de la seccion del arbol (mm)

E: esfuerzo tangencial admisible segun ciclo de carga del momento torsor.

Generalmente la proporción en arboles huecos $\frac{d}{d_0} = 0.4 \dots 0.6$.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 Mt}{\pi [1 - (\frac{d}{d_0})^4] E}}$$

$$E = 0.30 \times \sigma_{ft} \times f_{ct}$$

Donde

σ_{ft} : esfuerzo limite de fluencia del material MPa

σ_{rt} : esfuerzo limite de rotura del material MPa

f_{ct} : factor de concentracion de tensiones se considera 1.

$$E = 0.30 \times \sigma_{ft} \times f_{ct}$$

$$E = 0.30 \times 206 \times 1$$

$$E = 61.8 \text{ MPa}$$

Resistencia a la tracción AISI 304 en MPa. Límite a la fluencia AISI 304 en MPa.

510 MPa

AISI 304: 206 MPa

Para el análisis consideramos la masa del café 1500 kg, masa del tambor 289.29 kg, 3 rodamiento 37kg cada uno 111 kg, 3 aros de 48kg cada uno 144 kg este resultado lo convertimos a newton para poder aplicar en la formula.

$$1500 \text{ kg} + 289.29 \text{ kg} + 111 \text{ kg} + 144 \text{ kg}(9.8) = 20034.042 \text{ N}$$

Despejando el momento torsor.

$$Mt = F \times d \times \text{sen } \theta$$

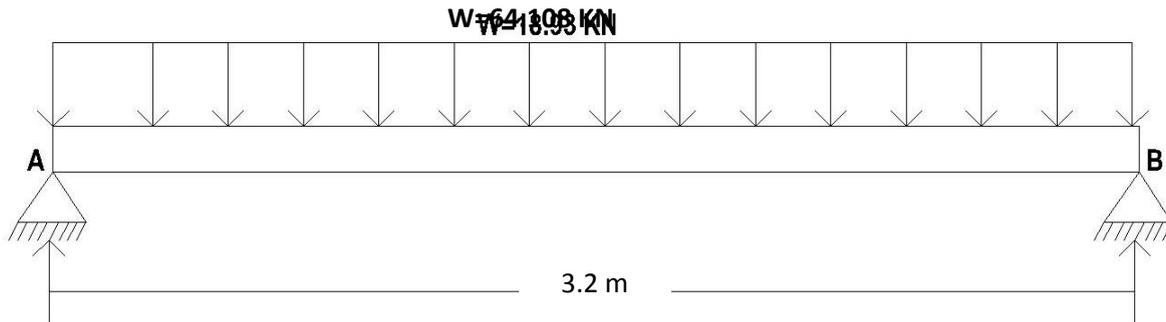
$$Mt = 20034.042 \text{ N} \times 3.2 \text{ m} \times 1$$

$$Mt = 62105.5302 \text{ Nm}$$

Hallando el diámetro.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16t}{\pi \left[1 - \left(\frac{d}{d_0}\right)^4\right] E}} = 189. mm$$

Analisis de esfuerzos en el eje.



$$\Sigma Fy = 0$$

$$RA - 68.108 \text{ KN} + Rb = 0$$

$$RA + Rb = 68.108 \text{ KN} \dots \dots (I)$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$-64.108(1.6) + Rb (3.2) = 0$$

$$Rb = 32.05 \text{ KN} \dots \dots (II)$$

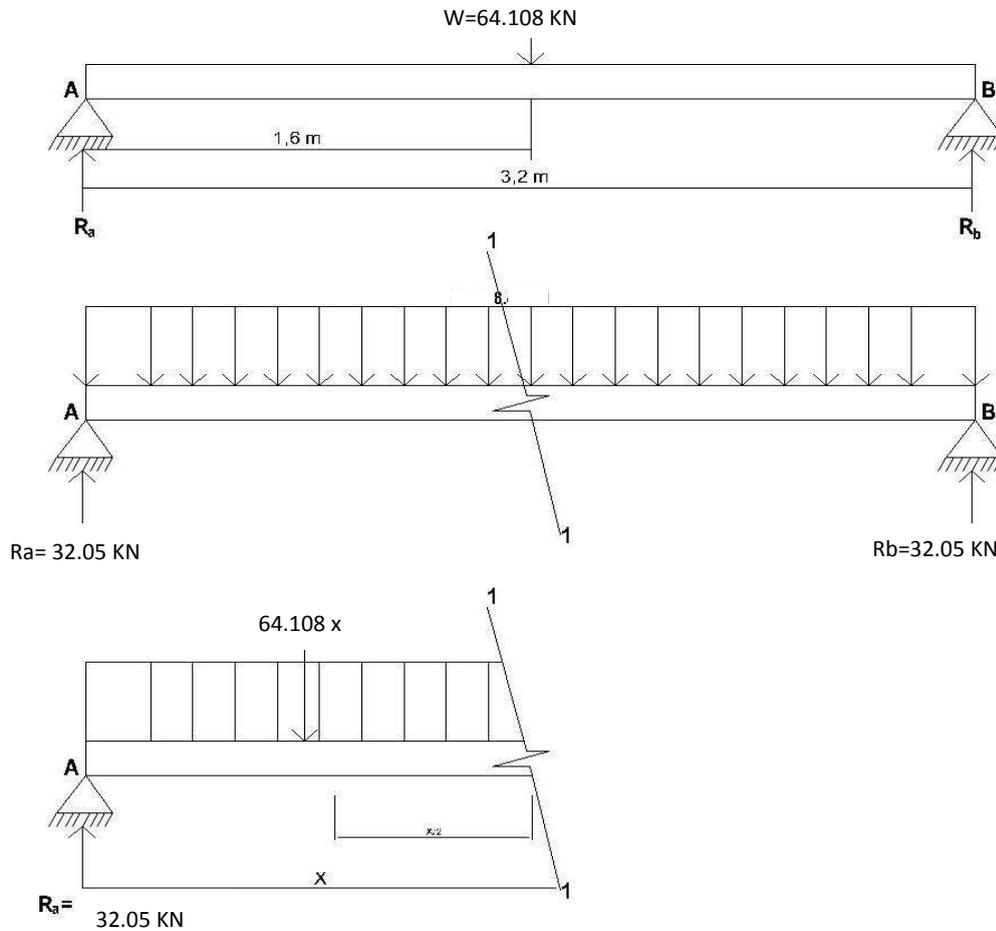
Reemplazamos (II) en (I)

$$RA + Rb = 64.108 \text{ KN}$$

$$RA + 32.05 = 64.108 \text{ KN}$$

$$RA = 32.058 \text{ KN}$$

Analisis de seccion



$$\Sigma M_i = 0$$

$$-32.05(x) + 64.108x \left(\frac{x}{2}\right) + M_{k1} = 0$$

$$M_{k1} = 32.05x - 32.054 x^2$$

Evaluando $0.0m \leq x \leq 3.2 m$

$$X = 0.0 ; M_{k1} = 0.0 \text{ KN.m}$$

$$X = 3.2m ; M_{k1} = 0.0 \text{ KN.m}$$

$$\Sigma F(Y) = 0$$

$$32.05 - 62.105x - Q_{k1} = 0$$

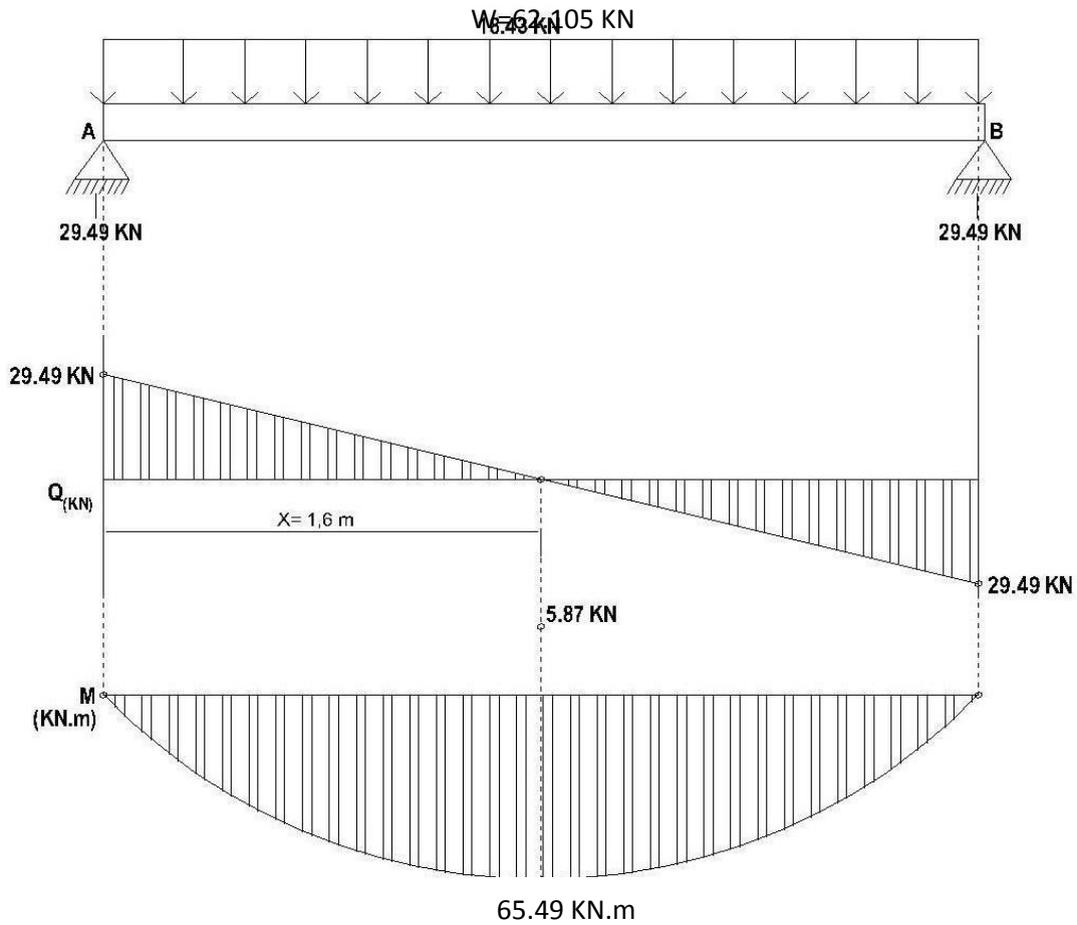
$$Q_{k1} = -62.105x + 32.05$$

Evaluando $0.0m \leq x \leq 3.2 m$

$$X = 0.0 \quad ; \quad Q_{k1} = 32.05 \text{ KN.m}$$

$$X = 3.2 \text{ m} \quad ; \quad Q_{k1} = -32.05 \text{ KN.m}$$

Diagrama cortante y momento flector.



El momento maximo ocurre cuando la grafica del cortante pasa por cero.

$$Q_{k1} = -62.105x + 32.05$$

$$0 = -62.105x + 32.05$$

$$x = 1.63 \text{ m}$$

$$M_{k1} = 32.05x - 32.054 x^2$$

$$M_{k1} = 32.054 (1.6^2) - 32.05(1.6)$$

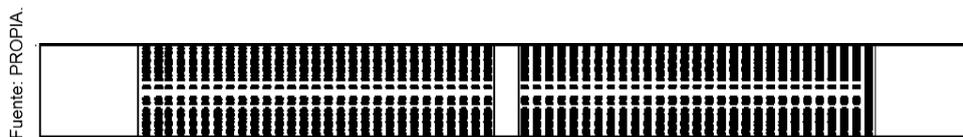
$$M_{k1} = 82.048 - 51.28$$

$$M_{k1} = 30.768 \text{ KN.m}$$

$$M_{\max} = \frac{\omega l^2}{8} = \frac{30.768 x (3.2)^2}{8}$$

$$M_{\max} = 39.38304 \text{ KN}$$

Figura 20



Eje de tambor rotativo.

3.3.12 Cálculo y selección del moto reductor

Inercia del cilindro de secado

$$I_{cil} = \pi L \rho_{AISI304} \left(\frac{D^{4ext} - d^{4int.}}{64} \right)$$

L: longitud del cilindro

$\rho_{AISI 304}$: densidad del acero $7800 \frac{kg}{m^3}$

D: exterior del tambor 0.6m

d: interior del tambor 0.597m

$$I_{cil} = \frac{\pi (2.3m) (7800 \frac{kg}{m^3}) (0.6m^4 - 0.597m^4 int)}{64}$$

$$I_{cil} = 2.27 \frac{kg}{m^2}$$

Con la finalidad de encontrar un factor de seguridad el cual evitara la existencia de posibles fallas y conllevar a un buen funcionamiento, se calculara la potencia del motor cuando este en reposo pues es ahí donde se necesitaba mayor potencia para el arranque.

Según Espinoza, Brenda y vega Jonathan 2015, se llega a calcular el perímetro ocupado por el café con la siguiente ecuación.

$$P = 0.5 \pi d i$$

P: perimetro

d i: diametro interno del cilindro de secado.

$$P = 0.5\pi(0.597)$$

$$P = 0.938 \text{ m}$$

Teniendo calculado el perímetro se podrá calcular el ángulo alfa del segmento circular.

$$2B = \frac{P \times 360^\circ}{\pi \times d i}$$

$$2B = \frac{0.938 \text{ m} \times 360^\circ}{\pi \times 0.597 \text{ m}}$$

$$B = 90,02^\circ = 1.57 \text{ rad}$$

Habiendo determinado el ángulo se puede calcular el momento de inercia del área que ocupa el café con respecto al eje, a este momento de inercia se denomina momento polar de inercia.

$$I_p = I_x + I_y$$

$$I_x = \frac{r^4}{4}(B - \text{sen}B \times \cos B + \text{sen}^3B \times \cos B) = 0.049$$

$$I_y = \frac{r^4}{12}(3B - 3\text{sen}B \times \cos B + 2\text{sen}^3B \times \cos B) = 0.049$$

$$I_p = 0.097 \text{ m}^4$$

Calculo de inercia del café.

$$I_{cafe} = \rho_{cafe} \times L \times I_p$$

$$I_{cafe} = 826 \frac{kg}{m^3} \times 3.2m \times 0.097 m^4$$

$$I_{cafe} = 256,39 \frac{kg}{m^2}$$

Calculo de momento de inercia de la fibra de vidrio.

$$I_{cil} = \frac{1}{2} m (R^2 + r^2)$$

Donde el radio externo e interno de la fibra de vidrio es el siguiente:

$$D = d + e$$

D: diametro total de la fibra de vidrio

d: diametro del cilindro interno

e: espesor de la fibra de vidrio

Calculo del diámetro exterior de la fibra de vidrio.

$$D = d + 2e$$

$$D = 1.2m + 2(0.0254 m)$$

$$D = 1.251 m$$

Calculo del volumen de fibra de vidrio

$$v_{cil} = \frac{\pi}{4} (D^2 f_v - d^2 f_v) \times L f_v$$

v f v = volumen de la fibra de vidrio en m³

D f v = diametro mayor de la fibra de vidrio en m³

d f v = diametro inferior de la fibra de vidrio en m.

$$v f v = \frac{\pi}{4} (1.251^2 - 1.2^2) \times 3.2m$$

$$v_{fv} = 0.31 \text{ m}^3$$

Calculo del peso específico

$$Y_{fv} = \rho_{fv} \times g$$

$$Y_{fv} = \frac{32 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Y_{fv} = 313.9 \text{ N/m}^3$$

Calculo de la masa del cilindro con la fibra de vidrio

$$\rho_{fv} = \frac{m_{fv}}{v_{fv}}$$

$$m_{fv} = \rho_{fv} \times v_{fv}$$

$$m_{fv} = 32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.31 \text{ m}^3$$

$$m_{fv} = 9.92 \text{ kg}$$

Calculo del peso del cilindro rotatorio con la fibra de vidrio

$$w_{fv} = m_{fv} \times g$$

$$w_{fv} = 9.92 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 97.31 \text{ N}$$

Momento de inercia de la fibra de vidrio

$$I_{cil} = \frac{1}{2} \times m (R^2 + r^2)$$

$$I_{cil} = \frac{1}{2} \times 9.92 \text{ kg} (0.6254^2 + 0.6^2)$$

$$I_{cil} = 3.73 \text{ kg/m}^2$$

Sumatoria de inercias

$$\Sigma I = I_{cafe} + I_{cil} + I_{fv}$$

$$\Sigma I = 2.27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 256.39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 3.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\Sigma I = 262.39 \frac{kg}{m^2}$$

Ecuación de la conservación de la energía

$$Ec = ja \frac{wa}{2} = jb \frac{wb^2}{2}$$

$$Jm = \frac{262.39 \times 10}{1800} = 145 \frac{kg}{m^2}$$

Admitiendo una aceleración uniforme

$$Ta = jm \cdot \frac{dw}{dE} = 1.45 \times \frac{188.5}{0.5}$$

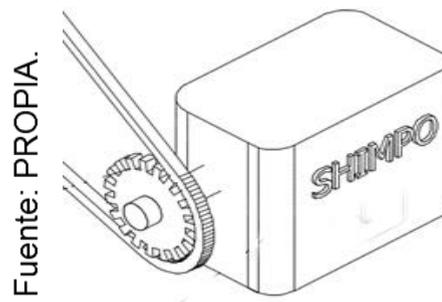
$$Ta = 546.65 Nm \times 1.2$$

$$Ta = 655.98 Nm$$

$$Ta = 5981.3 lb - in$$

Para el cálculo realizado se selecciona el moto reductor el cual es capaz de vencer la inercia calculada, el modelo es C225 marca Shimpo.

Figura 21



Motor reductor marca shimpo.

3.3.10 Diseño y cálculo para la selección de piñón, cadena y rueda.

Este tendrá la función de conectar y transmitir la potencia del motor reductor hacia el secador de café, esta tendrá que responder a las siguientes características técnicas:

-accionamiento a través del moto reductor con un eje de salida a 20 rpm

- potencia del motor reductor: 3.5 Hp – 2,37 KW

-relación de transmisión: 2.

-duración de vida útil estimada: 15000 horas

- distancia entre centros de ruedas de trasmisión: 1250 mm.

Por razones de facilidad en la adquisición del repuesto se considera la relación de transmisión entre el motor reductor y el secador de café 2, de la figura 22, se selecciona el número de dientes para ambas ruedas, recomendadas en la tabla y la que mayor se aproxima a la relación de transmisión.

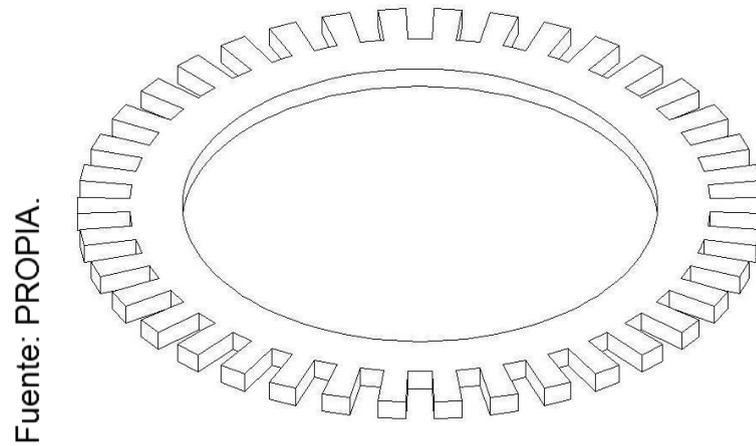
Figura 22

Fuente: Propia.

Numero de dientes Z	
piñón menor	17-19-21-23-25
Piñón mayor	38-57-76-95-114

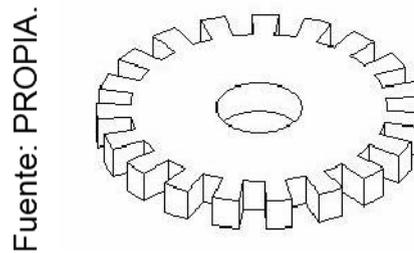
Cantidad de dientes de piñones mayor y menor

Figura 23



Piñón de 38 dientes.

Figura 24



Piñón de 19 dientes.

Relación de transmisión obtenida: $r = 38/19 = 2$

A. Calculo de la potencia corregida (P_c)

La potencia corregida (P_c) es obtenida a través de la potencia transmitida (P), se calcula a través de la siguiente expresión:

$$P_c = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot P$$

Donde:

$P = 2.37 \text{ KW}$, esta es la potencia transmitida por el moto reductor (maquina conductora)

Los coeficientes de corrección se obtienen de las tablas de anexos:
coeficiente $K1$.

El coeficiente se obtiene de la siguiente formula.

$$K1 = \frac{19}{Z1}$$

Para lo cual $Z1$ (número de dientes del piñón)

$$K1 = \frac{19}{Z1} = \frac{19}{19} = 1$$

Coeficiente $K2$:

Se considera coeficiente de multiplicidad al número de cadenas utilizadas en el sistema de transmisión, siendo 1 por tratarse de una sola cadena, según tabla anexo N° 3.

$$K2 = 1$$

Coeficiente $K3$:

Es el número de eslabones que conforman la cadena. Al analizar los datos se aproximara una cadena de 120 eslabones con lo cual tendrá un valor de la unidad, según tabla anexo N°3.

$$K3 = 1$$

Una vez calculado la distancia real el producto que resulte entre los centros de ruedas y obtención de diámetros, se podrá conocer la longitud exacta de la cadena, se tendrá que volver a calcular el valor del coeficiente $K3$.

Coeficiente $K4$

Factor de servicio en este caso de tratarse de un motor eléctrico como maquina conductora y un cilindro secador de café como maquina conducida, de la tabla anexo N°3 resulta el valor de $K4$

$$K4 = 1.8$$

Coeficiente K5

Este coeficiente está relacionado con el tiempo de vida útil prevista para la cadena. En este caso 15000 horas, por lo que resulta de la tabla anexo N°3 un coeficiente de:

$$K5 = 1$$

Habiendo calculado todos los coeficientes ya podemos determinar la potencia corregida de cálculo (P_c).

$$P_c = K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 \cdot P$$

$$P_c = 1 \times 1 \times 1 \times 1.8 \times 1 \times 2.37 = 4.3 \text{ Kw.}$$

B. Calculo del diámetro de los piñones:

Se puede determinar los diámetros primitivos (D_p) de las ruedas con la siguiente expresión

$$D_p = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{Z}\right)}$$

P: es el paso en mm

Z: es el numero de dientes

Se determina:

Rueda piñón de 19 dientes:

$$D_{p1} = \frac{31.75 \text{ mm}}{\text{sen} \frac{180^\circ}{19}} = 189 \text{ mm}$$

Rueda piñón de 38 dientes:

$$D_{p2} = \frac{31.75 \text{ mm}}{\text{sen} \frac{180^\circ}{38}} = 382 \text{ mm}$$

Obtenido el número de dientes el diámetro y el paso seleccionamos en el anexo 6.

C. Selección del tipo de cadena

Para seleccionar el tipo de cadena a utilizar se utiliza la tabla anexo N° 4 en la que vamos a encontrar los siguientes valores.

Potencia corregida de cálculo ($P_c = 4.3\text{kw}$)

Cadena simple

Velocidad de giro del piñón 20 rpm

Con estos valores resulta una cadena tipo: 20 B con un paso de $P=31,75$ mm.

D. Calculo de la longitud de la cadena

Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión el cual determina la longitud (L) de la cadena a utilizar:

$$\frac{L}{P} = \frac{(Z1 + Z2)}{2} + (Z2 - Z1) \frac{B}{\pi} + 01\ 02 \times \cos B \times \frac{2}{P}$$

DONDE:

L: longitud total de la cadena en mm

P: paso de la cadena en mm

Z1: numero de dientes del piñon.

Z2: numero de dientes de la rueda mayor (corona)

01 02: distancia entre centros de las ruedas en mm

B: angulo de contacto, en radianes.

Se obtiene de la siguiente formula

$$B = \text{sen}^{-1}\left(\frac{R2 - R1}{01\ 02}\right)$$

Siendo:

R_2 Y R_1 : los radios respectivos de la rueda mayor y piñon

$\frac{L}{P}$: resultado de la cantidad de eslabones de la cadena.

0 1 02: es la distancia entre los centros de las dos ruedas.

$$B = \text{sen}^{-1}\left(\frac{191 - 94.5}{1250}\right)$$

$$B = 4.43 \times \frac{\pi}{180} = 0.077 \text{ rad.}$$

Reemplazando en la fórmula para cálculo de longitud de cadena.

$$\frac{L}{P} = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2} + (Z_2 - Z_1) \frac{B}{\pi} + 01\ 02 \times \text{Cos } B \times \frac{2}{P}$$

$$\frac{L}{P} = \frac{(19 + 38)}{2} + (38 - 19) \frac{0.077 \text{ rad.}}{\pi} + 1250 \times \text{Cos } 0.077 \times \frac{2}{31.75}$$

$$\frac{L}{P} = 107$$

Longitud total (L): se obtiene multiplicando el número de eslabones por el paso.

$$L = 107 \times 31.75$$

$$L = 3419.66 \text{ mm}$$

Se obtiene una cadena con las siguientes características:

Distancias de centros de piñones 01, 02: 1250 mm

Número de eslabones (n=107): se vuelve a calcular el coeficiente K3 que tiene en cuenta el número de eslabones que forman la cadena.

Teniendo en cuenta la tabla anexo N° 03 nos determina K3= 0.9

$$P_c = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot P$$

$$P_c = 1 \times 1 \times 1 \times 1.8 \times 1 \times 2.61 = 4.22 \text{ Kw}$$

El cual coincide con el tipo de cadena a seleccionar utilizando la tabla ubicada en el anexo N° 4.

E. Comprobación de velocidad lineal (V)

Se puede determinar por la siguiente expresión.

$$V = \frac{P \times Z1 \times N1}{60}$$

Donde:

P: paso de la cadena

Z1: numero de dientes de la rueda considerada.

N1: velocidadde giro (rpm)

Se tiene:

$$Z1 = 19 \text{ dientes}$$

$$N1 = 20 \text{ rpm}$$

$$P = 31.75 \text{ mm}$$

$$P = 0.03175 \text{ m}$$

Velocidad lineal de la cadena

$$V = \frac{0.03175 \times 19 \times 20}{60}$$

$$V = 0.2 \frac{m}{s}$$

Siendo este valor menor a la velocidad máxima para el tipo de corona 20B que es 16 m/s.

Teniendo los siguientes valores límites.

Tabla 13

Fuente: Propia.

Paso de la cadena (mm)	velocidad de giro (rpm)	velocidad lineal máxima (m/s)
31.75	1600	16

Valores límites de piñón mayor diseñado.

Comprobación del esfuerzo total soportado por la cadena:

Se determina:

$$Fu = \frac{P}{V}$$

Donde:

Fu: esfuerzo util que desarrolla la cadena

P: es la potencia transmitida, en este caso 2.37kW (2370 w)

V: velocidad lineal promedio ($0.2 \frac{m}{s}$)

$$Fu = \frac{2370 \text{ w}}{0.2} = 11850 \text{ N}$$

Otro componente del esfuerzo, debido a la fuerza centrífuga de la cadena.

Se determina:

$$Fe = M \times V^2$$

Siendo M la masa de la cadena, este dato es obtenido del anexo N° 4, se determina que para una cadena tipo 20 B y paso 31.75 mm resulta las siguientes características.

Peso unitario (M): 3.70 kg

Carga de rotura (R): 10000 kp.

Fuerza centrífuga de la cadena.

$$Fc = M \times V^2$$

$$Fc = 3.7 \times 0.2^2$$

$$F_c = 0.148 N$$

Por lo tanto el esfuerzo total que soporta la cadena:

$$F_0 = F_u + F_e$$

$$F_0 = 11850N + 0.148N$$

$$F_0 = 11850.148 N = 1208.4 Kp$$

Resultando un factor de seguridad:

$$C_s = \frac{R}{F_0}$$

$$C_s = \frac{10000}{1208.4}$$

$$C_s = 8.27$$

Lo cual se considera un factor de seguridad factible, cumpliendo la cadena seleccionada.

Comprobación de la presión máxima de contacto se determina:

$$P_s = \frac{F_0}{d \cdot L}$$

Donde:

F₀: *esfuerzo total que transmite la cadena.*

d: *diametro del perno o eje de la cadena*

L: *longitud del casquillo de la cadena.*

Según las características técnicas de la cadena tipo 20 B y paso 31.75 mm obtenemos:

Diámetro del perno o eje (d) 10.17 mm

Longitud del casquillo o ancho del eslabón interior: 29.02 mm

Reemplazando:

$$P_s = \frac{11850.48}{10.7 \times 29.01} = 34 \text{ MPa.}$$

Este resultado es menor a la Presion max=39 MPa, según se puede extraer el dato de anexo N° 5

Por lo tanto:

Tabla 14

cadena	
serie	20 B
paso	31.75
tipo	simple de rodillos
longitud	3419.6 mm
N° eslabones	107
distancia entre centros de ruedas	1250 mm

Fuente: Propia.

Resultado de cálculo de cadena

Tabla 15

Piñón menor	
# de dientes	19
Diámetro primitivo	189 mm

Fuente: Propia.

Resultado de piñón menor.

Tabla 16

Piñón mayor	
# de dientes	38
diámetro primitivo	382 mm

Fuente: Propia.

Resultado de piñón mayor.

3.3.14 Consumo eléctrico total del sistema.

El sistema de secado de café cuenta con los siguientes componentes eléctricos para realizar su trabajo.

Tabla 17

Fuente: Propia.	ventilador	0.55 kW
	resistencia	12 kW
	Moto reductor	2.37 kW
	potencia total	14.92 kW
	potencia de diseño	14.92 x 1.25
	Total de consumo	18.65 kW

Componentes eléctricos del secador.

Calculo en soles del consumo total de energía eléctrica.

$$Et = 18.6 \text{ KW} \times 19 \text{ h} \times 26 \text{ dias} = 9188.4$$

$$ET = 9188.4 \times 0.5 \text{ soles} \times 3 \text{ meses} = 13782 \text{ soles}$$

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO MEDIANTE LOS INDICADORES VAN Y TIR.

3.4.1 Balance económico del secador con VAN y TIR.

Para el análisis económico se considerara, el precio por el servicio de secado como flujo de ingreso y como flujo de egreso al costo total de la secadora, al consumo de electricidad mensual, al pago a operarios de la secadora mensual, y mantenimiento trimestral de la secadora.

Tabla 18

Fuente: Propia.	Preciode secado de café por tonelada.	s/ 1300
	valordetrabajo mensual de la secadora.	s/ 17902

Cuadro de flujo de ingreso trimestral.

Tabla 19

Fuente: Propia.	valor de trabajo por tres meses. Tiempo de cosecha.	s/ 50700
	Consumo de electricidad en soles durante 19 horas por 26 días de trabajo durante tres	s/ 13782
	Pago mensual a tres operarios de la secadora a 40 soles el día.	s/ 3120
	Mantenimiento trimestral de la	s/ 1000

Cuadro de flujo de egreso trimestral.

Tabla 20

Costo de maquina	
	s/.
tambor maquinado	5235
eje maquinado	3742
resistencia electrica	5100
aislante termico	2000
aros maquinado x 3	9000
rodajes skf	3000
ventilador	6000
moto reductor	12000
piñones	2000
cadena	1400
emsamblaje	10000
total	59477

Cuadro de costo de maquina secadora de café.

Tabla 21

<u>flujo de ingreso</u>		<u>flujo de egreso</u>		<u>flujo de efectivo neto</u>	
	A		B		A-B
3 meses x año	VALOR	AÑO	VALOR	AÑO	VALOR
0		0	59477		59477
1	50700	1	17902	1	32798
2	50600	2	17902	2	32698
3	50650	3	17902	3	32748
4	50700	4	17902	4	32798
5	50650	5	17902	5	32748
6	50600	6	17902	6	32698
7	50600	7	17902	7	32698
8	50400	8	17902	8	32498
9	50600	9	17902	9	32698
10	50700	10	17902	10	32798
total	506200	total	179020	total	327180

Fuente: Propia.

Cuadro de análisis según indicadores VAN, TIR.

Tabla 22

<u>formulación de datos</u>	
f0 =	-59477
f1 =	32798
f2 =	32698
f3 =	32748
f4 =	32798
f5 =	32748
f6 =	32698
f7 =	32698
f8 =	32498
f9 =	32698
f10 =	32798
n =	10 años
i =	18%
lo =	59477

Fuente: Propia.

Cuadro de formulación de datos

VAN	S/. 87,625.14
-----	---------------

TIR	54%
-----	-----

El VNA resulta positivo y el TIR es mayor al 12% lo que significa que la realización del secador rotativo es económicamente viable.

IV CONCLUSIONES

1. Se determinó que el estado actual de secado de café en la zona norte del Perú es de forma artesanal ya que se utiliza métodos de secado muy antiguos como son el exponer el grano directamente al sol y algunas formas de secado mejorada pero siempre con el mismo principio y como resultado, demora en el proceso de secado, problemas de salubridad y un grano de café seco de forma empírica. Para remediar ese problema se propone la creación de una maquina rotativa de secado de café.
2. Se obtuvo los resultados de los parámetros térmicos dentro del secador rotativo a través del uso de fórmulas de la termodinámica dando como resultado 741.57 kg de agua evaporada en un tiempo de secado 18 h, 49 min. y como resultado un 11% de humedad final del café, el cual cumple con los estándares de humedad para almacenamiento y exportación.
3. El secador estará conformado por piezas de acero inoxidable diseñadas y seleccionadas de fichas técnicas de los fabricantes los cuales son tambor, rodamientos, aros, eje, gabinete de resistencias eléctricas, moto reductor, cadena, piñones, ventilador centrifugo. El consumo total eléctrico del sistema será 18.16 KW, y una duración de trabajo por tanda de 18 h, 49 min.
4. El secador rotativo con todas sus piezas y ensamblado costara un precio de 59477 soles. Para la evaluación económica se consideró un valor total de inversión de 59477 soles el cual ser en un periodo de evaluación de 3 años con una tasa del 40%, y nos dio como resultado un VNA 98,052.47 y un TIR 157% con lo que se concluye que el proyecto es económicamente viable.

V RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la secadora rotativa sea adquirida por agricultores que cultivan 4 hectáreas como mínimo ya que el retorno del dinero de la inversión se justificara por la cantidad de café que se cosecha.
2. La máquina está diseñada con equipos eléctricos que requieren energía trifásica de 380 voltios, se recomienda antes de adquirir la maquina obtener asesoramiento de un ingeniero mecánico electricista a fin de obtener la máquina para beneficio y provecho.
3. Se debe realizar la capacitación del personal que operara el secador ya que está diseñada con una capacidad límite de 1500 kg lo cual debe ser medido para evitar sobrecargas y disminuir el tiempo de vida útil.
4. Se recomienda elaborar un plan de mantenimiento trimestral para el secador.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HENAO Arismendi, Juliana. Estimación del procedimiento de secado de café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad de taza. Tesis (Magister en ciencia y tecnología de alimentos), Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2015 [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2017]

Disponible en:

https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwijpffQw8jXAhUDKyYKHS8bA_sQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bdigital.unal.edu.co%2F51841%2F1%2F1128270450.2016.pdf&usg=AOvVaw0xQnu7vF-bhrDz-YhKrawy

2. ZAMORA Gonzales, Luis; Sarria López, Bienvenido; Cisneros Reyna, Yusleidis. Uso de la biomasa como fuente de energía para el secado agroindustrial del café: estudio de caso, estudio de caso revista de ciencias técnicas agropecuarias, vol. 14, núm. 1, 2005, pp.55-60

Disponible en:

<https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwih--WOyMjXAhVMNSYKHxtXCzEQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Farticulo.oa%3Fid%3D93214112&usg=AOvVaw1z5vFmcpYfc5VQS6A9dV5x>

3. PLAZA Espinoza, Xavier y YANGUE Zambrano. Diseño e implementación de una secadora hibrida para el control y monitoreo del proceso de secado del cacao. Tesis (ingeniero electrónico) Cuenca: universidad politécnica salesiana, 2012 [fecha de consulta: 25 agosto 2017]

Disponible en:

https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi8zKilycXAhVE2SYKHfGjAMIQFgglMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.censalud.ues.edu.sv%2FCDOC-Deployment%2Fdocumentos%2FUPS-CT002387.pdf&usg=AOvVaw2sQ6ZizfJ5Unc_8gYJgbuB

4. FLORES Islas, Yanely. Cinética del tostado de café utilizando un horno de microondas. Tesis (Ingeniero Químico Industrial) México: Instituto politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, 2008 [fecha de consulta: 25 agosto de 2017].

Disponible en:

https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjDq8_bgMnXAhWBUSYKHTcUAX0QFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.censalud.ues.edu.sv%2FCDOC-Deployment%2Fdocumentos%2FUPS-CT002387.pdf&usg=AOvVaw2sQ6ZiZfJ5Unc_8gYJgbuB

5. INTRODUCCION al Secado por Aire Caliente. Impreso en España 2016 por Fito Maupoey [et al]. España: Universidad Politécnica de Valencia, 40 92_02_01_03. 2016.

ISBN: 978-8-9705-025-B

Disponible en:

https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwilgvfXgcnXAhXMZiYKHZLEC3UQFggIIMAA&url=https%3A%2F%2Fgdocu.upv.es%2Falfresco%2Fsevice%2Fapi%2Fnode%2Fcontent%2Fworkspace%2FSpacesStore%2Fe8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359%2FTOC_4092_02_01.pdf%3Fguest%3Dtrue&usg=AOvVaw2lgGMMd1U1U0JgqLx6Fr3r

6. ECHEVARRYA Burgos, Teresa y REYES Olivares, Carlos. Diseño Optimización y Construcción de un horno de recalentamiento utilizando resistencias eléctricas y el software Solidwork. Tesis (Ingeniero de Materiales) Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2016. [Fecha de consulta: 25 agosto 2017].

Disponible en:

<https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi47-GWh8nXAhWI4iYKHajNB-wQFggIIMAA&url=http%3A%2F%2Fspace.unitru.edu.pe%2Fhandle%2FUNITRU%2F2558&usg=AOvVaw2WXINuky7LPIFCDdQIEzWr>

7. SANGA Chavarría, Roberto. Ventilación de Bodega de Almacenamiento de Producto Terminado en una Fábrica de Balanceado. Tesis (Ingeniero Mecánico). Guayaquil, 2012 [fecha de consulta 25 de agosto de 2017].

Disponible en:

https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiy pbTYh8nXAhVL5iYKHxQgAlwQFggI MA&url=https%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2F bitstream%2F123456789%2F24802%2F1%2FVentilacion%2520de%2520bodega%2520de%25 20almacenamiento_fimcp.pdf&usg=AOvVaw0v-1dhhGlaWLSsH1cnzQBn

ANEXO 01

FICHA PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERICOS DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: EDILBRANDO VEGA CALDERÓN
- Profesión: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
- Grado académico: Magister en Docencia y Gestión Educativa
- Actividad laboral actual: Docencia Universitaria / Asesor de Proyectos

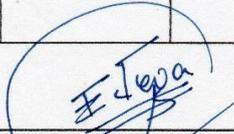
INDICATIVO DE LLENADO AL EXPERTO.

En la presente tabla, se plantea una progresión del 1 al 5, que va de forma ascendente del desconocimiento al conocimiento recóndito. Dibuje una "X" conforme estime su entendimiento sobre el estudio de la investigación realizada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

Proceda llenar con una "X" los criterios que estime hayan podido haber influenciado en su entendimiento sobre el estudio, en un porcentaje alto, intermedio o bajo.

CRITERIOS DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS PREGUNTAS		
	CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
A) Estudios teóricos realizados.	X		
B) Experiencia como profesional.	X		
c) Proyectos estudiados de autores nacionales.	X		
d) Proyectos estudiados de autores extranjeros.	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación.	X		


 Edilbrando Vega Calderón
 INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
 Reg. C. I. P. N° 84989

Apreciado(a) experto(a):

Los instrumentos de levantamiento de información a validar es una Entrevista, cuya finalidad es recoger datos relacionados al diseño de un secador rotativo para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú 2018.

De tal manera que, con la finalidad de confirmar la validación del instrumento de levantamiento de información, se le pide por favor responder los siguientes cuestionamientos:

¿Estima importante el diseño de un secador rotativo para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú 2018?

Indique las razones, por favor: *Es de vital importancia el diseño del secador rotativo para deshidratar semillas de café para la industria de generación de energía además permitiría disminuir el tiempo y la mano de obra de secado.*
¿Considera que la entrevista formulará las suficientes preguntas para los fines solicitados en el estudio marque con una "X".

Son apropiadas: poco apropiadas: insuficiente:

¿Estima usted que las cuestiones están formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas de sus respuestas? Marque con una "X"

Son apropiadas: poco apropiadas: inadecuadas:

Indique las razones:

El cuestionario de preguntas de la entrevista son coherentes y se adecuan para extraer la información suficiente y necesaria y tomar decisiones para el desarrollo del Proyecto de investigación.

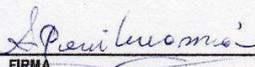
Cordialmente le agradecemos. Fecha de evaluación:

F. Vega

Edilbrando Vega Calderón
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Firma del experto

ANEXO 2

ENTREVISTAS REALIZADAS A AGRICULTORES DE LA ZONA

 UCV <small>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</small>	ENTREVISTA	<small>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA.</small>
FECHA: <u>07-08-2018</u>		
NOMBRE DEL ENTREVISTADOR: <u>JULIO CESAR CUBAS ARBILDO</u>		
LUGAR: <u>C.P.M. EL TRIUNFO DIST. HUARANGO PROV. TACNA - CASIMARCA.</u>		
I. DATOS PERSONALES		
NOMBRE DEL ENTREVISTADO: <u>SEBASTIAN PURIYANNA VENTURA</u>		
CARGO QUE OCUPA: <u>DUÑO DE FINCA.</u>		
TIEMPO DE EXPERIENCIA: <u>40 AÑOS</u>		
OBJETIVO: recolectar información con respecto al diseño de un secador rotativo para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú 2018.		
PREGUNTAS.		
¿Sobre qué superficie es expandido el café para secarlo?	PRIMERAMENTE SOBRE LOZAS DE CONCRETO PARA ESCURRILO LUEGO SOBRE LAS MANTAS DE SACOS	
¿Cuánto tiempo demora usted en expandir y recoger el café para secarlo?	NO EXPANDIR EL CAFE CON 3 PERSONAS POR EL TIEMPO DE 2 HORAS Y ASIMISMO EL RECOSE.	
¿Sabe usted que grado de humedad tiene que tener el café para su comercialización y almacenaje?	TIENE QUE TENER DE 12% A 13% DE HUMEDAD.	
¿Qué cantidad de café es expandido para el secado por tanda?	22 CUINTALES POR DIA.	
¿Cuánto tiempo es expandido el café para secarlo?	8 HORAS DIARIAS POR 5 DIAS.	
¿Qué tipo de maquinaria utiliza para transportar el café para secarlo?	CRETILLAS, ANIMALES DE CARGA, CAMION.	
¿Cuántos trabajadores emplea durante el tiempo de secado?	3 PERSONAS.	
¿Cuántos meses demora el tiempo de cosecha?	DEMORA 4 MESES MAYO, JUNIO, JULIO, AGOSTO.	
¿Cuántas hectareas de café cosecha al año?	5 HECTAREAS.	
¿Qué metodo utiliza para saber que el café ya se encuentra en un grado de humedad de almacenaje?	CON EL DIENTE, FROTANDO EL GRANO, OBSERVANDO QUE TENGA UN COLOR AMARILLENTO.	
¿Cree usted que la implementacion de una secadora rotativa de café ayudaría a disminuir el tiempo y la mano de obra en el proceso de secado de café?	SI, PORQUE EL TIEMPO DE TRABAJO SE DISMINUIRA Y GASTOS ECONOMICOS EXTRASORTE.	
 FIRMA		
DNI: <u>17 59 11 33</u>		
NOMBRE: <u>SEBASTIAN PURIYANNA MAN VENTURA.</u>		
 Edilbrando Vega Calderón INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA Reg. C.I.P. N° 84989		

Sentidos	
Vista	SE OBSERVA QUE EL CAFE TENGA UN COLOR AMARILLENTO ESO DETERMINA QUE ESTA EN UN 12% DE HUMEDAD.
Tacto	FROTANDO EL GRANO Y TORCIENDOLO SI NO SE QUIEBRA TODAVIA NO ESTA EN SU PORCENTAJE DE HUMEDAD.
Oido	CONSISTE EN TOMAR EL GRANO CON UN SONIDO TIPO SONAJA O HOJAS SECAS.

Instrumentos	
Balanzas	CONSISTE EN TOMAR EN UN RECIPIENTE UN 1KG Y NO MEZCLARLO CON EL RESTO DE CAFE PERO SOLICRARLO DE LA MISMA MANERA, WEBO LOS PESAMOS Y TIENE QUE PESAR 550g.
Sensores	SON INSTRUMENTOS DE ALTA TECNOLOGIA PERO LA MAYORIA SOLO USA METODOS DE VISTA, TACTO Y OIDO. ESO LO UTILIZA LA EMPRESA CUANDO NOS COMPRO EL CAFE. AFIRMO EL ENTREVISTADO.
Higrómetros	SON INSTRUMENTOS DE ALTA TECNOLOGIA PERO LA MAYORIA SOLO USA METODOS DE VISTA, TACTO Y OIDO.

Sebastian Purinwama Ventura
 Nombre: SEBASTIAN PURINWAMA VENTURA.
 DNI: 77591133

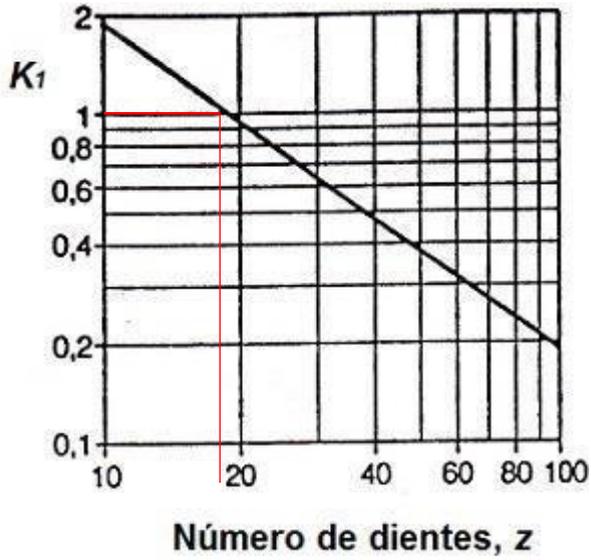

 Edilbrando Vega Calderón
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
 Reg. C.I.P. N° 84989



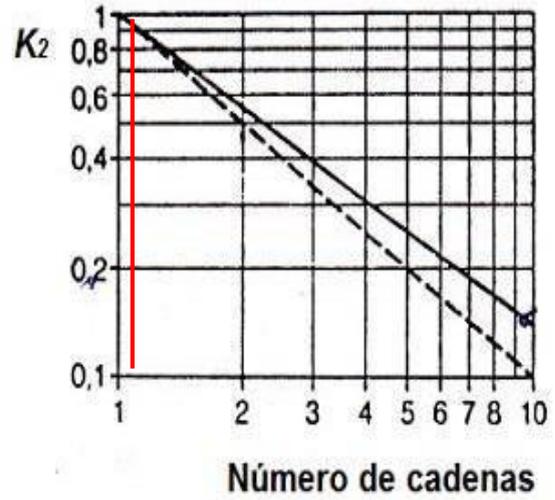


ANEXO 3
CUADROS PARA LA SELECCIÓN DE COEFICIENTES

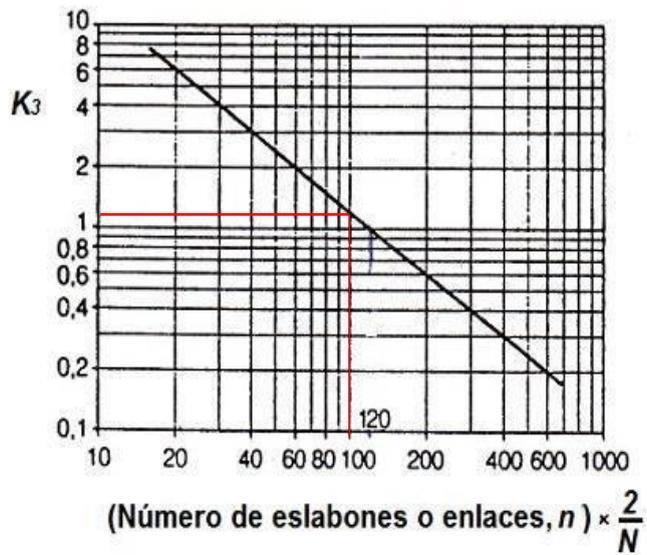
Cuadro para coeficiente K1



Cuadro para coeficiente K2



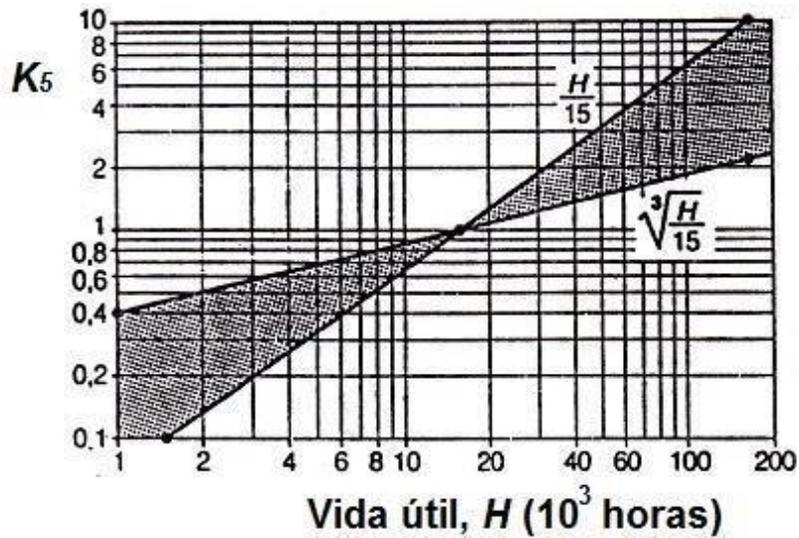
Cuadro para coeficiente K3



Cuadro para coeficiente K4

Coeficiente K_4 , Factor de servicio				
Charges	Machines motrices	Moteur à combustion interne à transmission		
		hydraulique Moteur électrique et Turbine	4 cylindres et plus	moins de 4 cylindres
Régulières	Machines d'imprimerie Pompes et compresseurs centrifuges Calandreuses pour papier Escaliers roulants Agitateurs de liquides	1,00	1,10	1,30
Irrégulières	Malaxeurs à béton Broyeurs à boulets Pompes et compresseurs à 3 pistons ou plus Presses, cisailles Agitateurs de solices Tamis vibrants	1,40	1,50	1,70
À-coups	Excavatrices Raboteuses Broyeurs à marteaux et à cylindres Pompes et compresseurs à 1 piston Forage pétrolier	1,80	1,90	2,10

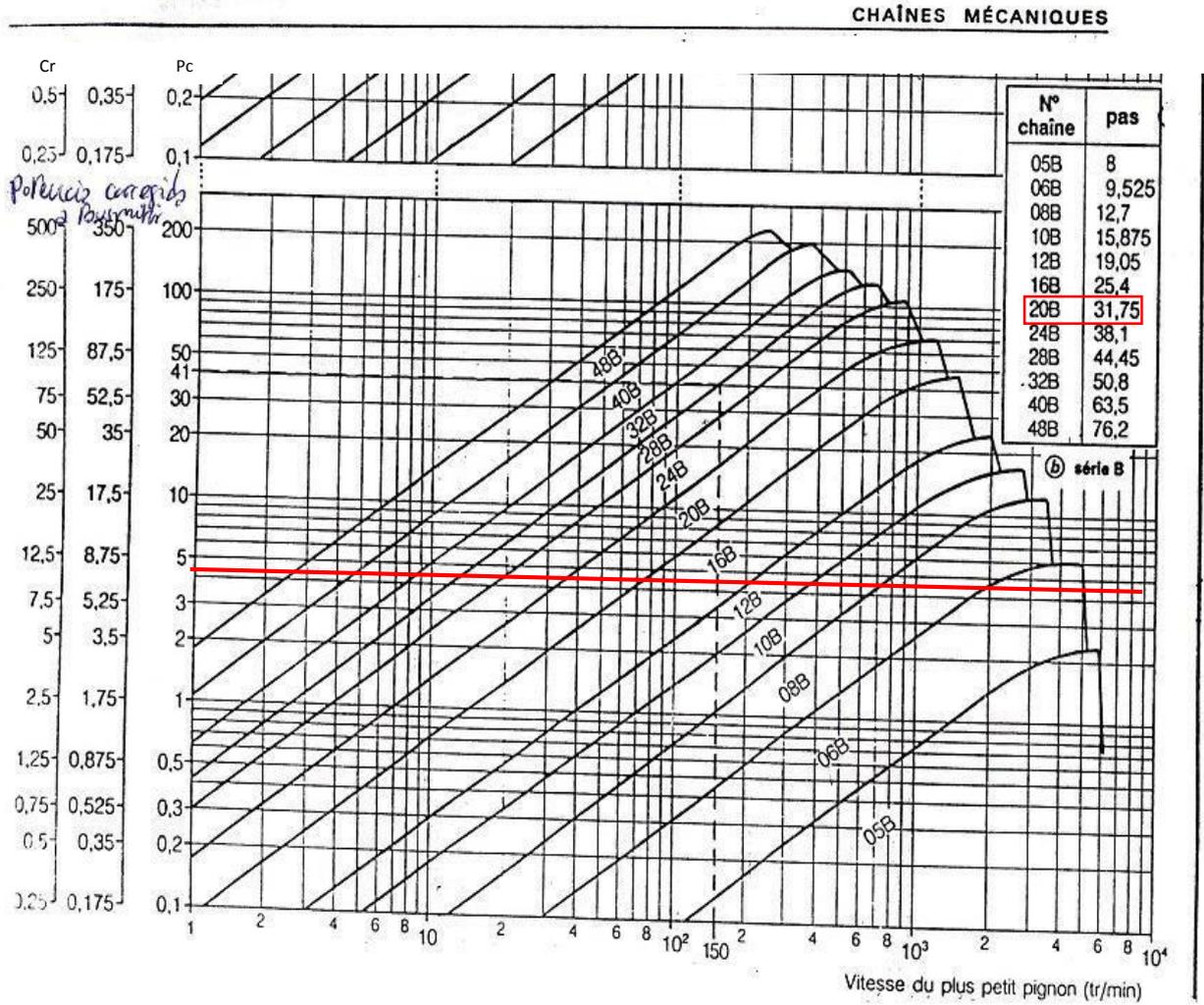
Cuadro para coeficiente K5



ANEXO 4

FICHA TÉCNICA PARA LA SELECCIÓN DE CADENA

Diagramas de selección de las cadenas de transmisión de potencia Series A (serie americana) y B (serie europea)



51	CADENA DE RODILLOS s/norma DIN-8187, BS-288, ISO/R-606	Hoja Técnica núm. 001/1
----	--	----------------------------

REFERENCIAS		Paso	Ancho interior	Ø rodillo	Ø eje	Ancho eslabón interior	Ancho sobre remache	Longitud eje unión	Ancho malla	Superf. articul.	Peso	Carga rotura
BEMSA	DIN-ISO	p	b ₁	d ₁	d ₂	b ₂	a	G	g	cm ²	Kg/m	Kp

R-25-1	16B-1	25,40	17,02	15,88	8,27	25,45	36,10	41,50	20,60	2,10	2,70	6500
R-31-1	20B-1	31,75	19,56	19,05	10,17	29,01	43,20	49,30	26,20	2,95	3,70	10000

ANEXO 5

FICHA TÉCNICA DE VELOCIDADES MÁXIMAS EN CADENAS

Anexo nº 5.- Tabla de velocidades máximas en cadenas

<i>Vitesse maximale de la chaîne.</i>		
Pas mm	Vitesse de rotation tr/min	Vitesse linéaire m/s
9,525	10 000	30
12,7	7 000	28
15,875	5 000	24
19,05	4 000	24
25,4	2 500	18
31,75	1 600	16
38,1	1 300	16
44,45	1 000	14
50,8	700	11
63,5	500	10
76,2	400	9,5

<i>Pression conventionnelle maximale dans les articulations (en MPa).</i>				
p (mm) N (tr/min) (1)	9,525-12,7	15,875 19,05-25,4	31,75-38,1 44,45-50,8	63,5-76,2
10	64	51	45	38
25	57	45	39	33
50	48	39	34	29
75	44	35	30	26
100	39	31	27	23
150	35	28	24	21
200	33	26	23	19
250	31	25	22	18
300	30	24	21	17
400	28	22	19	16
500	27	21	18	
750	24	19	17	
1 000	22	18	15	
1 500	20	16		
2 000	17	14		
2 500	15	12		
3 000	14	11		
4 000	10			
5 000	7			

(1) N : vitesse de rotation d'un pignon de 19 dents.

ANEXO 6
FICHA TÉCNICA DE DIMENSIONES DE PIÑONES



www.intermec.com.co

PIÑONES
1-1/4"
(100)

TABLA DE DIMENSIONES
DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1-1/4" (31.75 mm)
para Cadena ANSI No. 100 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples

Ref.	D	SENCILLOS			Ref.	DOBLES			Ref.	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
100B9 R	106,3	72	48	25,40	100-2B9	60	73	25,40	100-3B9	61	108	25,40
100B10 R	116,3	82	48	25,40	100-2B10	70	73	25,40	100-3B10	70	108	25,40
100B11 R	127,0	90	48	25,40	100-2B11	79	73	25,40	100-3B11	70	108	25,40
100B12 R	137,4	102	48	25,40	100-2B12	86	73	25,40	100-3B12	86	108	25,40
100B13	147,8	98	44	25,40	100-2B13	97	73	25,40	100-3B13	97	108	25,40
100B14	158,1	106	44	31,75	100-2B14	106	73	25,40	100-3B14	100	108	25,40
100B15	168,4	114	44	31,75	100-2B15	117	79	31,75	100-3B15	117	114	31,75
100B16	178,6	114	44	33,34	100-2B16	127	79	31,75	100-3B16	127	114	31,75
100B17	188,7	118	51	33,34	100-2B17	133	79	31,75	100-3B17	133	114	31,75
100B18	199,1	114	51	33,34	100-2B18	133	79	31,75	100-3B18	133	120	31,75
100B19	209,3	114	51	33,34	100-2B19	140	86	31,75	100-3B19	140	120	31,75
100B20	219,5	114	51	33,34	100-2B20	140	86	31,75	100-3B20	140	120	31,75
100B21	229,7	114	51	33,34	100-2B21	140	86	31,75	100-3B21	140	120	31,75
100B22	239,8	114	51	33,34	100-2B22	140	86	31,75	100-3B22	140	120	31,75
100B23	249,9	114	51	31,75	100-2B23	140	86	31,75	100-3B23	140	120	31,75
100B24	260,1	114	51	31,75	100-2B24	146	86	31,75	100-3B24	140	120	31,75
100B25	270,3	114	51	31,75	100-2B25	146	86	31,75	100-3B25	146	120	31,75
100B26	280,4	127	51	31,75	100-2B26	146	86	40,00	100-3B26	146	120	40,00
100B27	290,6	127	51	31,75	100-2B27	146	86	40,00	100-3B27	146	120	40,00
100B28	300,7	127	51	31,75	100-2B28	146	86	40,00	100-3B28	146	120	40,00
100B29	310,9	127	51	31,75	100-2B29	146	86	40,00	100-3B29	146	120	40,00
100B30	321,1	127	51	31,75	100-2B30	146	86	40,00	100-3B30	146	120	40,00
100B31	331,3	127	51	31,75	100-2B31	146	86	40,00	100-3B31	146	120	40,00
100B32	341,4	127	51	31,75	100-2B32	146	86	40,00	100-3B32	146	120	40,00
100B33	351,6	127	51	31,75	100-2B33	146	86	40,00	100-3B33	146	120	40,00
100B34	361,7	127	51	31,75	100-2B34	146	86	40,00	100-3B34	146	120	40,00
100B35	371,9	127	63	31,75	100-2B35	152	108	40,00	100-3B35	146	127	40,00
100B36	382,0	127	63	31,75	100-2B36	152	108	40,00	100-3B36	146	127	40,00
100B37	392,1	127	63	31,75	100-2B37	152	108	40,00	100-3B37	146	127	40,00
100B38	402,1	127	63	31,75	100-2B38	152	108	40,00	100-3B38	146	127	40,00
100B39	412,3	127	63	38,10	100-2B39	152	108	40,00	100-3B39	146	127	40,00
100B40	422,4	127	63	31,75	100-2B40	152	108	40,00	100-3B40	146	127	40,00

ANEXO 7

FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE PARA EL TAMBOR

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		Acero al Cromo Níquel				
		301	302	303	304	
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 16,0018,00 Ni% 6,008,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,0019,00 Ni% 8,0010,00 S% 0,15 Mín,	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,0020,00 Ni% 8,0010,50	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	7,9	7,9	7,9	7,9	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193.000	193.000	193.000	193.000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	500	500	
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K)	a 100 C a 150 C	16 21	16 21	16 21	16 21
	COEFICIENTE DE DILATACION TÉRMICO MEDIO (x 10 ⁻⁶ C ⁻¹)	0100 C 0300 C 0500 C 0700 C	16,92 17,10 18,18 18,72	17,28 17,82 18,36 18,72	17,3 17,8 18,4 18,7	17,30 17,80 18,40 18,80
	INTERVALO DE FUSIÓN (C)	13981420	13981420	13981420	13981454	
	PERMEABILIDAD TÉRMICA EN ESTADO SOLUBLE RELOCUIDO	AMAGNÉTICO 1,02	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (mΩm)	0,72	0,72	0,72	0,72	

PROPIEDADES MECÁNICAS A 20°	DUREZA BRINELL	RECOCIDO HB CON DEFORMACIÓN EN FRÍO HB	135185 210330	135185 180330	130180 180330	130150 180330	
	DUREZA ROCKWELL	RECOCIDO HRB CON DEFORMACIÓN EN FRÍO HRC	7592 2541 1/4 DURO-DURO	7090 1035	7090 -	7088 1035	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	RECOCIDO Rm(N/mm ²)	590750 8701200 1/4 DURO-DURO	560720 6801180	530700 -	500700 7001180	
	ELASTICIDAD CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	RECOCIDO Rp(0,2)(N/mm ²)	215340 500900 1/4 DURO-DURO	205340 340900	205340 350900	195340 340900	
		RECOCIDO Rp(1) (N/mm ²) MÍNIMO	225	245	255	235	
	ALARGAMIENTO 50mm.	A(%)	6555 258 1/4 DURO-DURO	6050 5010	6050 -	6550 5010	
	ESTRICCIÓN	RECOCIDO Z (%)	7060	7555	Min. 50	7560	
	RESILENCIA	KCUL (J/cm ²) KVL (J/cm ²)	130 140	160 180	Min. 100 -	160 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD DIFERENTES TEMPERATURAS	Rp(0,2) (N/mm ²)	a 300 C	-	-	-	125
			a 400 C	-	-	-	97
			a 500 C	-	-	-	93
		Rp(1) (N/mm ²)	a 300 C	-	-	-	147
			a 400 C	-	-	-	127
			a 500 C	-	-	-	107
	LIMITE DE FLUENCIA		a 500 C	-	-	-	68
		a 600 C	-	-	-	42	
		a 700 C	-	-	-	14,5	
		σ1 / 100.000/ t (N/mm ²) a 800 C	-	-	-	4,9	

ANEXO 8

FICHA TÉCNICA DEL MOTO REDUCTOR

Rating Table 1165 rpm Input, Single Reduction, Standard Backlash



Frame Size	Ratio	11	17	29	35	47	59	71
	Output rpm	106	68.5	40.2	33.3	24.8	19.7	16.4
A03	Input HP	0.78	0.70	0.44	0.40	0.28	0.21	0.14
	Output lb-in	426	591	628	692	655	624	496
A05 A19 0	Input HP	0.92	0.82	0.51	0.47	0.33	0.25	0.17
	Output lb-in	501	695	739	814	771	733	584
A07 A19 5	Input HP	0.95	0.97	0.60	0.55	0.39	0.29	0.19
	Output lb-in	521	818	869	957	906	863	687
B01 B19 7	Input HP	1.63	1.15	0.82	0.65	0.46	0.36	0.29
	Output lb-in	890	970	1,180	1,130	1,070	1,060	1,030
B03 B10 0	Input HP	2.05	1.44	1.02	0.81	0.57	0.45	0.37
	Output lb-in	1,120	1,220	1,470	1,410	1,340	1,320	1,290
B05 B10 5	Input HP	2.56	1.81	1.27	1.01	0.72	0.56	0.45
	Output lb-in	1,400	1,530	1,840	1,760	1,680	1,650	1,600
B07 B20 H	Input HP	3.20	2.26	1.60	1.26	0.90	0.70	0.57
	Output lb-in	1,750	1,910	2,310	2,200	2,100	2,060	2,000
C01	Input HP	3.78	2.91	1.82	1.66	1.15	0.92	0.76
	Output lb-in	2,070	2,460	2,620	2,900	2,700	2,700	2,700
C03 C11 0	Input HP	4.73	3.63	2.27	2.08	1.44	1.15	0.96
	Output lb-in	2,590	3,070	3,280	3,630	3,380	3,380	3,380
C05 C11 5	Input HP	5.55	4.83	3.02	2.78	1.93	1.54	1.27
	Output lb-in	3,040	4,090	4,360	4,840	4,510	4,510	4,500
C07 C22 5	Input HP	6.52	6.04	3.78	3.47	2.41	1.92	1.59
	Output lb-in	3,570	5,110	5,460	6,050	5,640	5,640	5,630

Notes: Backlash specification is approximately 1o (60 arc-min).

ANEXO 9

FICHA TÉCNICA DEL VENTILADOR



Características técnicas

	Equivalencia Pulgadas	Velocidad max (rpm)	Intensidad máx. admisible (A) 230 V 400V	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Nivel sonoro (dBA)	Peso aprox. (Kg)	According ErP
CBD-1919-4M 1/5 3V	7/7	1230	1,50	0,15	1520	59	7,0	*
CBD-2525-4M 3/4 3V	9/9	1310	3,60	0,55	3600	70	14,0	2015
CBD-2525-6M 1/3 3V	9/9	830	2,00	0,25	2700	62	12,7	*
CBD-2828-4M 3/4 3V	10/10	1310	3,60	0,55	3950	70	16,5	2015
CBD-2828-6M 1/3 3V	10/10	830	2,00	0,25	3200	62	15,2	2015
CBD-2828-6M 3/4 3V	10/10	840	4,10	0,55	3600	64	21,0	*
CBD-3333-6M 1 3V	12/12	850	5,70	0,75	6000	71	24,0	2015

* Equipos fuera de la Directiva 2009/125/EC

VENTILADORES CENTRÍFUGOS Y EXTRACTORES EN LÍNEA PARA CONDUCTOS

CBD CBD 3V CBD/B CBD/B 3V

CBD: Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor directo y turbina con álabes hacia delante
CBD 3V: Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor de 3 velocidades
CBD/B: Ventiladores centrífugos de doble aspiración con brida de impulsión y sin pies de apoyo
CBD/B 3V: Ventiladores centrífugos de doble aspiración con brida de impulsión, sin pies de apoyo con motor de 3 velocidades



CBD CBD 3V



CBD/B CBD/B 3V

Ventilador:

- Envoltente en chapa de acero galvanizado
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado
- CBD y CBD 3V: Se suministra con pies soporte PSB

Motor:

- High efficiency (HE) motores para cumplimiento de ErP 2015
- Motores cerrados con protector térmico incorporado, clase F, con

rodamientos a bolas, protección IP54

- Monofásicos 220-240V-50Hz y trifásicos 220-240/380-415V-50Hz
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 60°C

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado



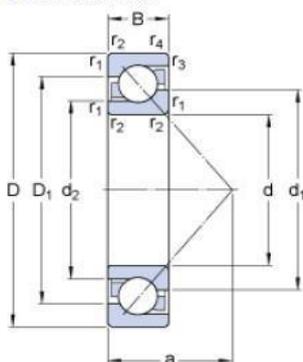
Turbina de alta calidad y gran robustez, equilibrada dinámicamente según ISO 21940-11

ANEXO 10
FICHA TÉCNICA DEL RODAMIENTO

SKF

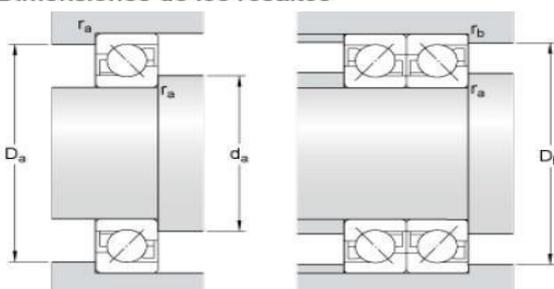
7244 BCBM

Dimensiones



d	220	mm
D	400	mm
B	65	mm
d ₁	≈ 291.1	mm
d ₂	≈ 259.1	mm
D ₁	≈ 333.55	mm
a	164	mm
r _{1,2}	min. 4	mm
r _{3,4}	min. 1.5	mm

Dimensiones de los resaltes



d _a	min. 237	mm
D _a	max. 383	mm
D _b	max. 391	mm
r _a	max. 3	mm
r _b	max. 1.5	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	390	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	560	kN
Carga límite de fatiga	P _u	13.4	kN
Velocidad de referencia		1900	r/min
Velocidad límite		2200	r/min
Factor de cálculo	A	5.13	

Masa

Rodamiento de masa	37	kg
---------------------------	-----------	-----------

ANEXO 11

FICHA TÉCNICA DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las resistencias eléctricas C/E tipo helicoidal abierto son de construcción sólida, sus módulos-soporte con aisladores de cerámica refractaria y hechos con lámina de acero troquelada o alambrión, son soldados eléctricamente a un marco de acero al cual también queda integrada la placa de terminales de diseño especial formando un conjunto sumamente fuerte que pasa enseguida a recibir un tratamiento electrolítico anti-corrosión y acabado a base de zinc y cromo. Los elementos de alambre cromo-níquel de alta graduación son diseñados a una densidad de potencia adecuada según la aplicación específica que se vaya a dar a la resistencia.

Calefacción Eléctrica, S.A. de C.V. fabrica los aisladores de cerámica refractaria utilizados en las resistencias eléctricas y calentadores. Son de diseño especial en su forma, las dimensiones, características físicas, eléctricas y en su formulación química. Todo ello para dar las especificaciones mecánicas y eléctricas que exigen las normas.

En el departamento de cerámica es preparada la pasta que una vez humedecida en cierto porcentaje es cribada para la formación de pequeños granulos que pasan a ser moldeados a muy alta presión y enseguida cocidos a alta temperatura (1,250 a 1,300 grados centigrados). El resultado de este proceso son nuestros aisladores de magnífica calidad que sobrepasan los niveles dieléctricos exigidos por las normas. En pruebas de laboratorio nuestros aisladores han probado niveles dieléctricos de 4,000 volts a tierra.

Los calentadores y resistencias eléctricas marca C/E son adecuadas para muy diversas aplicaciones entre ellas en equipos y sistemas de aire acondicionado, unidades para baño sauna, cuartos de secado, procesos industriales, resistencias dehumidificadoras, etc. Lo anterior independientemente de que contamos con departamento de ingeniería y diseño para aplicaciones especializadas fuera de nuestros diseños de línea standard.

Los calentadores tipo ducto línea CDM son de construcción modular totalmente desamables para aplicaciones en sistemas de aire acondicionado, etc.; en los que el aire fluye a través de las resistencias calentándose por contacto directo en estas.

Los calentadores pueden ser equipos con diversos tipos de protecciones dependiendo de la especificación.



Tabla de especificaciones

MODELO BASICO A 230V.	KW	BTU	VOLTS (OPCIONAL)	ETAPAS	VOLTAJE DE CONTROL (OPCIONAL)	CICLOS	FASES	AMPS (TRIFASICO)
CDM23-06-31	6	20,478	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	15.1
CDM23-09-31	9	30,717	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	22.6
CDM23-12-31	12	40,956	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	30.2
CDM23-15-31	15	51,195	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	37.7
CDM23-18-31	18	61,434	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	45.2
CDM23-20-31	20	68,260	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	50.3
CDM23-24-32	24	81,912	230/440/460/480/575	2	24/120/230	50/60	3	60.3
CDM23-30-32	30	102,390	230/440/460/480/575	2	24/120/230	50/60	3	75.4
CDM23-36-32	36	122,868	230/440/460/480/575	2	24/120/230	50/60	3	90.4
CDM23-45-33	45	153,585	230/440/460/480/575	3	24/120/230	50/60	3	112.9
CDM23-54-33	54	184,302	230/440/460/480/575	3	24/120/230	50/60	3	135.4
CDM23-60-33	60	204,780	230/440/460/480/575	4	24/120/230	50/60	3	150.4
CDM23-72-34	72	245,736	230/440/460/480/575	4	24/120/230	50/60	3	180.9
CDM23-90-35	90	307,170	230/440/460/480/575	5	24/120/230	50/60	3	226.1
CDM23-100-35	100	341,300	230/440/460/480/575	5	24/120/230	50/60	3	251.2

Modelo, fases y amperes como ejemplo, puede cambiar aplicando otras características.

www.calelec

ANEXO 12

FICHA TÉCNICA DEL AISLANTE TÉRMICO

DATOS TÉCNICOS SEGÚN FABRICANTE

**PARA ASTM C1289-06, TIPO II, CLASE 1, GRADO 2:
VALORES TÉRMICOS**

LTTR

Espesor nominal	R Valor* RSI	Max. Flute Span	
1.0 pulgadas (25 mm)	6.0	1.06	2.625 pulgadas (66.68 mm)
1.5 pulgadas (38 mm)	9.0	1.58	4.375 pulgadas (111.13 mm)
1.8 pulgadas (46 mm)	10.9	1.92	4.375 pulgadas (111.13 mm)
2.0 pulgadas (51 mm)	12.1	2.13	4.375 pulgadas (111.13 mm)
2.5 pulgadas (64 mm)	15.3	2.69	4.375 pulgadas (111.13 mm)
2.8 pulgadas (71 mm)	17.2	3.03	4.375 pulgadas (111.13 mm)
3.0 pulgadas (76 mm)	18.5	3.26	4.375 pulgadas (111.13 mm)
3.1 pulgadas (78 mm)	19.1	3.36	4.375 pulgadas (111.13 mm)
3.3 pulgadas (83 mm)	20.4	3.59	4.375 pulgadas (111.13 mm)

Se enumeran los espesores estándar. Póngase en contacto con su oficina regional para otros espesores disponibles.

Propiedad	Método prueba	Condiciones	Mínimo	Típico
Resistencia compresión	ASTM D1621	10% Deform	20 psi	20 psi/25 psi
Transmisión vapor humedad	ASTM E96	--	--	<1.5 perm (85.0 ng/(Pa·s·m ²))
Densidad de núcleo	ASTM D 1622	--	--	2.0 pcf nominal
Propagación flama	ASTM E84	Solo del núcleo	--	25-50**
Desarrollo de humo	ASTM E84	--	--	50-170**
Estabilidad dimensional (con caras)	ASTM D2126	158°F (70°C) / 97% RH por 7 días	--	<2.0% (L x W)
Absorción de agua	ASTM C209 ASTM D2842	--	--	<1% por volumen <3.5%
Temperatura de servicio	--	--	--	-100°F / 250°F

Las propiedades físicas anteriormente mencionadas se presentan como valores determinados por métodos de ensayo ASTM aceptados y están sujetos a variaciones normales en la fabricación. Estos datos se ofrecen como servicio a nuestros clientes y están sujetos a cambios. * Los valores de Resistencia Térmica a Largo Plazo (Long-Term Thermal Resistance - LTTR) de la espuma se determinaron conforme al CAN/ULC-S770 que prevé un

ANEXO 13

FICHA TÉCNICA DEL EJE DEL SECADOR ROTATIVO



aceros comerciales

El mundo del acero a tu alcance!

1/2

TUBOS DE ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO

Descripción:

Tubos que se obtienen por laminación en caliente de un tocho de Acero Inoxidable. También se fabrican con costura a partir de flejes.

Usos:

Conducción de líquidos, Industria papelera, química, petroquímica, uso general.

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA		F	R	A	NORMA APROXIMADA
DEL TUBO	DEL ACERO	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-312	304	21	52	35	JIS G 3459
	304 L	17	49	35	

DIMENSIONAMIENTO ESTÁNDAR Y PESOS

DIÁMETRO NOMINAL	LÍMITE DE FLUENCIA	SCHEDULE							
		5S		10S		40S		80S	
		ESPESORES DE APRED Y PESO							
Pulg	KN.m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
5	141.3	2.77	9.46	3.41	11.6	6.56	21.80	9.53	31.00
6	168.3	2.77	11.3	3.41	13.9	7.12	28.30	10.98	42.60
8	219.1	2.77	14.8	3.76	20.0	8.18	42.50	12.70	64.60
10	273.1	2.41	22.7	4.20	27.8	9.28	60.40	12.70	81.50
12	323.9	3.23	31.3	4.58	36.1	9.53	73.90	12.70	97.40

PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA

Se obtiene por la Formula de Barlow

$$P = \frac{2 St}{D}$$

P= Presión Hidrostatica (lb/ pulg²)

S= Tensión en la Pared del Tubo (lb/pulg²)

t= Espesor en pulgadas

D= Diámetro exterior en pulgadas

S es igual al 50% del Limite Elástico del acero. En el caso de los aceros inoxidables 304 y 316 el limite Elástico es 30,000 lb/pulg²

Ejemplo : Tubo Acero Inoxidable 304 de 4" SCH 40

$$P = \frac{2 \times 15000 \times 0.237}{4.5} = 1580 \text{ lbs/pulg}^2$$

Nota Importante: Independientemente de los valores de Presion Hidrostatica calculados con la formula de Barlow, rigen los siguientes límites máximos

Para	D < 3 1/2"	2500 lbs / pulg ²
	D > 3 1/2"	2800 lbs / pulg ²

ANEXO 15

TESIS MÉTODO PARA MEDIR EL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CAFÉ PERGAMINO

MÉTODO PARA MEDIR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CAFÉ PERGAMINO EN EL SECADO SOLAR DEL CAFÉ

Julieth Milena Jurado-Chaná*; Esther Cecilia Montoya-Restrepo**; Carlos Eugenio Oliveros-Tascón***;
Javier García-Alzate****

RESUMEN

JURADO C., J.M.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E.; GARCÍA A., J. Método para medir el contenido de humedad del café pergamino en el secado solar del café. 60(2): 135-147. 2009.

Para determinar la humedad del grano de café en secado solar, Oliveros propuso un método directo, denominado Gravimet, basado en la relación en peso del café en los estados de lavado y seco. El método consiste en colocar en una canastilla plástica una muestra de 200 g de café sano y limpio, y registrar la evolución de su peso utilizando una balanza digital de bajo costo. Cuando el peso del café está entre 104 a 106 g su humedad deberá estar entre 10 y 12% (b.h.). Para determinar la precisión del método, se tuvo como referencia el método de determinación de la estufa según la norma NTC 2325, en 80 pruebas de secado, con contenidos de humedad entre 49% y 10% (b.h.). Los resultados indicaron que la precisión del método Gravimet varía entre 1,92% y 0,09% (b.h.); el método no sobrestima ni subestima la humedad, con respecto a la determinada por el método de la estufa. El peso que debe alcanzar la muestra en la canastilla, para garantizar una humedad entre el 10 y 12% (b.h.), debe estar entre 104 a 105 g y la resolución de la balanza debe ser de 1 g. Simultáneamente con la determinación de la precisión del método Gravimet, éste se evaluó con 20 caficultores, en cinco pruebas de secado, encontrando que en el 92% de los casos, el contenido de humedad estuvo entre el 10% y 12% (b.h.), con un peso de la canastilla de 105 g.

Finalmente se puede concluir que:

El método Gravimet es apropiado para medir la humedad del café en secado solar. En el rango de humedad de 53% al 10% (b.h.) presenta precisión entre 1,92% y 0,09% (b.h.) y no sobrestima ni subestima la humedad, con respecto a la determinada por el método de la estufa, según la norma ISO 6673. Para obtener café en el rango del 10% al 12% (b.h.), el peso del café en la canastilla debe estar entre 104 y 105 g.

En la etapa de campo, con 20 caficultores, utilizando el método Gravimet se obtuvo café seco en el rango del 10% al 12% (b.h.), en 93 de 100 lotes de café (93%). La precisión en el campo fue en promedio de 0,71% (b.h.). Los caficultores encontraron que el método Gravimet es confiable, fácil de utilizar y permite aprovechar más eficientemente el área de secado solar disponible en sus fincas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo desean expresar sus agradecimientos a los caficultores de las fincas con las cuales se trabajó, por su disposición y ganas de aprender para lograr la aplicación y evaluación del método Gravimet. Al personal de Beneficio y Taller de Ingeniería Agrícola, por su colaboración en el desarrollo de la investigación. A Rubén Medina y Hernando García compañeros y amigos de la disciplina

1. ARISTIZÁBALA, C.; DUQUEO, H. Caracterización del proceso de beneficio de café en cinco departamentos cafeteros de Colombia. *Cenicafé* 56(4): 219-318. 2005.
2. BROOKER, D.B.; BAKKER A., F.W.; HALL, C.W. *Drying and storage of grains and oilseeds: An AVI book*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.
3. CLEVES S., R. Tecnología de beneficio de café. *Noticiero del café* 17(203):1-2. 1981.
4. ICONTEC. *Café verde. Determinación de la pérdida de masa a 105 grados Celcius*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1987. 6p. (NTC2325).
5. JIMÉNEZ, R.; MATA, G. Calibración de equipos para la medición del contenido de humedad del café. *Agronomía Costarricense* 15(1-2):67-72. 1991.
6. NEITZK, G.; DIVAIR, C.; MACAHDO, S.R.; RAMPELOTTO, G., F.A.; SCHOENINGER, V.; DOS R. T., R.C. Moisture content determination of corn by using a domestic microwaves oven. En: *Brazilian Congress of Agricultural Engineering. CIGR 2008. 37. International Conference of Agricultural Engineering. International Livestock Environment Symposium. ILES 8. 2008, 31 de agosto al 4 de septiembre de 2008. Iguaçu Falls City*.
7. OLIVEROS T., C.E. Método para el monitoreo de la humedad del café en secadores solares. En: *Cenicafé. Informe anual de actividades*. Chinchiná. 2000 - 2001. 95 p.
8. -----. Determinación gravimétrica de la humedad del café pergamino. En: *Cenicafé. Informe anual de actividades*. Chinchiná: El Centro, 2006. Paginación de la parte citada.?

ANEXO 16

TESIS EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO DEL CAFÉ Y SU RELACIÓN
CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Evaluación del proceso de secado
del café y su relación con las
propiedades físicas, composición
química y calidad en taza**

Juliana Henao Arismendy

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Medellín, Colombia
2015

difundido en países en vía de desarrollo y el más económico, debido a que el calor procedente del sol es gratuito (Fonseca et al., 2003).

Las instalaciones para el secado al sol se componen fundamentalmente de la superficie utilizada, que pueden ser terraza de concreto, tabla de madera, terraza móvil y lonas de plástico; los pisos de concreto presentan mejores resultados en el secado además de tener mejores características de saneamiento (Rodrigues et al., 2012). Para aprovechar al máximo la energía del sol se han diseñado diferentes secadores solares que utilizan la radiación solar para calentar el aire y una cámara de secado donde el producto es deshidratado por el aire que circula. El aprovechamiento de dicha energía puede hacerse de forma indirecta, donde el aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado; en forma directa, en cuyo caso la cámara que contiene el producto cumple la función de colector recibiendo la radiación solar; y en forma mixta en la que la colección de radiación puede realizarse tanto en un colector solar previo a la cámara, como en la misma cámara (Cruz et al., 2010). Dentro de estos tipos de secadoras se destacan la marquesina, los secadores solares parabólicos y secadores tipo túnel solar o paseras solares.

2.2.3 Factores que afectan la calidad durante el secado del café

La calidad del café depende de numerosos factores que van desde el cultivo (variedad, fertilización, suelo, clima), cosecha, pos-cosecha (prácticas aplicadas para la obtención del café pergamino seco), almacenamiento, tostión y preparación de la bebida (Lamanaka et al., 2014).

El secado del café se enmarca dentro de las prácticas-poscosecha, las cuales comienzan después de la recolección del fruto. El mecanismo de secado del café es más complicado que el de cualquier otro grano (Cruz et al., 2010), para que sea eficiente se deben conocer y controlar todas aquellas variables que influyen en el proceso con el fin de mantener la calidad del producto.

La temperatura del aire durante el secado del café es una de las variables críticas a controlar. La disminución del potencial hídrico de las semillas de café durante el secado produce repuestas masivas de estrés que se asocian, en las etapas iniciales del secado, con procesos de germinación y conforme se va reduciendo el agua, en estrés de sequía

ANEXO 17

TESIS DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA HIBRIDA PARA EL
CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO DE SECADO DEL CACAO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Tesis previo a la Obtención del Título de
INGENIERO ELÉCTRICO**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA
HIBRIDA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL
PROCESO DE SECADO DEL CACAO”**

AUTORES:

**XAVIER PATRICIO PLAZA ESPINOZA
WILLIAM XAVIER YANGE ZAMBRANO**

DIRECTOR:

ING. ESTEBAN ORDOÑEZ

Cuenca – Ecuador

2012

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Lo expuesto en el siguiente trabajo demuestra que el sistema construido es técnicamente aplicable y económicamente factible tanto en ahorro de tiempo como en combustible utilizando la parte solar conjuntamente con el gas, aunque en este último punto el impacto económico no es tan significativo nos da una interesante alternativa ante los precios de los combustibles tradicionales derivado del petróleo y de la dificultad de la obtención de los mismos en la frontera.
2. Se consiguió un sistema seguro en la cual la intervención de la persona es mínima a comparación de los sistemas tradicionales que requieren personas vigilando el clima y de dar vuelta al grano durante todo el día, aparte de lograr un producto terminal de buena calidad y presentación y de un ahorro significativo de espacio y tiempo, que al final favorece al productor.
3. La ecuación encontrada para determinar el tiempo de secado dio un valor próximo al teórico calculado con lo cual podemos decir que se cumplió con la meta de tener un sistema autónomo y eficaz.
4. Si se desea reducir el tiempo de secado lo recomendable sería no aumentar más la temperatura del aire ya que podemos tostar el grano si no incrementar el flujo de aire dentro de la cámara, para hacer esto se puede subir la potencia del extractor de aire principal.
5. Para obtener una mejor predicción del tiempo de secado no dependiendo de cuantos días de fermentado dato que nos indique el agricultor se lo podría lograr teniendo un sensor especializado para medir la humedad que tiene el grano, claro que con esto el costo del proyecto aumentaría considerablemente ya que tales sensores tienen un precio de 1500 a 2000 dólares aproximadamente en el mercado.
6. Es importante recalcar hacer investigación en el aprovechamiento de la energía solar para de esta manera obtener un mejor rendimiento en los colectores solares consiguiendo un mejor ahorro en sistemas similares al presentado.
7. Los sistemas de control implementados en la máquina funcionan de una manera óptima con la cual el número de operarios se reduce a una sola persona, la cual no tiene que estar todo el tiempo pendiente de la máquina, si no también hacer otras actividades como el almacenamiento y el oreado del grano, ya que en caso de falla el sistema de control apagaría automática la máquina y dará la alarma de error.
8. Para obtener el máximo rendimiento de la parte del colector lo aconsejable es trabajar durante toda la mañana hasta el medio donde la temperatura interna del colector alcanza los 100°C.
9. Para aumentar el rendimiento de la máquina reduciendo costos de combustible, se puede aprovechar el aire caliente que expelle el extractor principal y redirigirla a la cámara de secado o también conducirla a estantes donde se colocaría el grano para hacer un pre secado del grano y disminuir el tiempo de secado.

ANEXO 18

TESIS INTRODUCCIÓN AL SECADO DE ALIMENTOS POR AIRE CALIENTE

*Pedro Fito Maupoey
Ana Maria Andrés Grau
José Manuel Barat Baviera
Ana María Albors Sorolla*

Introducción al secado de alimentos por aire caliente

**EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

1.6. FUENTES DE ENERGÍA UTILIZADAS EN DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS

Uno de los criterios de clasificación de tipos de secadores se basa en la manera de transmitir el calor, fundamentalmente, por convección, conducción y radiación. Los distintos mecanismos de transporte de calor implicados en el secado van a repercutir notablemente en la cinética del proceso y por tanto en los costes totales, pero para asegurar esto último deberá tenerse en cuenta además qué fuentes de energía pueden ser utilizadas para el funcionamiento de los equipos de secado.

En el secado convectivo el calor se transfiere al sólido que se está secando mediante una corriente de aire caliente que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua es también el agente transportador del vapor de agua que se elimina al sólido. En este tipo de secadores los aspectos energéticos se evaluarán por tanto atendiendo a la fuente de energía utilizada para la generación de aire caliente.

1.6.1. Generación de aire caliente

En los secadores convectivos, el aire caliente es impulsado a través del secador por medio de ventiladores. Las fuentes de energía utilizadas para calentar el aire son muy variadas, entre ellas el gas natural ofrece mayor flexibilidad y una respuesta más rápida a menor coste, y también permite trabajar a temperaturas más altas. Sin embargo los requerimientos de seguridad son muy estrictos o rigurosos. El propano tiene características similares al gas natural pero es más caro.

La mayoría de los secadores son calentados con vapor evitando así el contacto del producto que se está secando con los productos procedentes de la combustión. Las temperaturas que se consiguen en este caso son limitadas (normalmente entorno a los 150°C), sin embargo, presentan con frecuencia problemas de mantenimiento por obstrucción de las aletas del intercambiador de calor debido a la formación de depósitos.

ANEXO 19

TESIS DISEÑO, OPTIMIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO DE
RECALENTAMIENTO

BIBLIOTECA DIGITAL - DIRECCIÓN DE SISTEMAS DE INFORMÁTICA Y COMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
MATERIALES



INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA:

“DISEÑO, OPTIMIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN
HORNO DE RECALENTAMIENTO UTILIZANDO
RESISTENCIAS ELÉCTRICAS Y EL SOFTWARE
SOLIDWORK.”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MATERIALES

AUTORES : Br. ECHEVARRIA BURGOS, Teresa Fanny
Br. REYES OLIVARES, Carlos Manuel

ASESOR : Dr. VEGA ANTICONA, Alexander

Trujillo - Perú
2016

Este libro ha sido publicado bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.0 Perú.
Para ver una copia de dicha licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/per/>

CONCLUSIONES

1. Se consiguió cumplir con el objetivo principal del proyecto al diseñar una secadora de cacao capaz de secar 2 T/día mediante el uso de energía limpia para el producto y logrando mantener las condiciones de secado adecuadas para el grano (Temperatura menor o igual a 65°C y velocidad menor a 3.7 m/s) por medio de un sistema de uniformizado y la temperatura adecuada y de esta manera lograr reducir el contenido de humedad al 13%, siendo adecuada para su almacenaje.
2. La estructura principal garantiza un diseño seguro, manteniendo gran rigidez y resistencia. Se hizo uso de la metodología recomendada para este tipo estructuras y su modelación con los programas computacionales enseñados por la universidad.
3. El concepto de solución fue determinado combinando sistemas existentes de secado de grano estático y dinámico, mostrados en el estado del arte. De esta manera se logra ahorrar tiempo al operario al quitar la necesidad de agitar manualmente el producto cada 30 – 60 minutos, logrando cumplir con la sencillez en el uso de la máquina.
4. Si bien la utilización de gas e intercambiadores de calor pueden resultar más eficientes y baratos que las resistencias eléctricas, se descartó su uso pues el cacao tiende a absorber los olores, deteriorando su aroma y sabor, características fundamentales del producto en el mercado.
5. Si bien se podría disminuir el tiempo de secado trabajando a temperaturas más altas dentro de lo recomendado por los estudios referenciados en éste documento (81°C), se optó por una temperatura de 65°C para evitar quemar el cacao. Por otro lado, se trabajó con una velocidad de aire de 3 m/s, siendo lo máximo recomendado en los estudios mencionados de 3,7 m/s.

ANEXO 20

TESIS DISEÑO DE UNA SECADORA DE CACAO PARA ALMACENAJE

TESIS PUCP



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DISEÑO DE UNA SECADORA DE CACAO PARA ALMACENAJE
CON CAPACIDAD DE 2 T/DIA

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico,

que presenta el bachiller:

JOSE ARTURO CABALLERO CAVA

ASESOR: Dr. Luis Cotaquispe Zevallos

Lima, Junio del 2015

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CONCLUSIONES

1. Se consiguió cumplir con el objetivo principal del proyecto al diseñar una secadora de cacao capaz de secar 2 T/día mediante el uso de energía limpia para el producto y logrando mantener las condiciones de secado adecuadas para el grano (Temperatura menor o igual a 65°C y velocidad menor a 3.7 m/s) por medio de un sistema de uniformizado y la temperatura adecuada y de esta manera lograr reducir el contenido de humedad al 13%, siendo adecuada para su almacenaje.
2. La estructura principal garantiza un diseño seguro, manteniendo gran rigidez y resistencia. Se hizo uso de la metodología recomendada para este tipo estructuras y su modelación con los programas computacionales enseñados por la universidad.
3. El concepto de solución fue determinado combinando sistemas existentes de secado de grano estático y dinámico, mostrados en el estado del arte. De esta manera se logra ahorrar tiempo al operario al quitar la necesidad de agitar manualmente el producto cada 30 – 60 minutos, logrando cumplir con la sencillez en el uso de la máquina.
4. Si bien la utilización de gas e intercambiadores de calor pueden resultar más eficientes y baratos que las resistencias eléctricas, se descartó su uso pues el cacao tiende a absorber los olores, deteriorando su aroma y sabor, características fundamentales del producto en el mercado.
5. Si bien se podría disminuir el tiempo de secado trabajando a temperaturas más altas dentro de lo recomendado por los estudios referenciados en éste documento (81°C), se optó por una temperatura de 65°C para evitar quemar el cacao. Por otro lado, se trabajó con una velocidad de aire de 3 m/s, siendo lo máximo recomendado en los estudios mencionados de 3,7 m/s.

ANEXO 21

TESIS USO DE LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA PARA SECADOR



Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias

ISSN: 1010-2760

paneque@act.edu.cu

Universidad Agraria de La Habana Fructuoso

Rodríguez Pérez

Cuba

Jamón González, Luis; Santa López, Bienvenido; Cisneros Reyes, Yuseidis
Uso de la biomasa como fuente de energía para el secado agroindustrial del café: estudio de caso
Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 14, núm. 1, 2005, pp. 55-60
Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez
La Habana, Cuba

Disponble en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93214113>

- [Cómo citar el artículo](#)
- [Número completo](#)
- [Más información del artículo](#)
- [Página de la revista en redalyc.org](#)



Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



**USO DE LA ENERGÍA EN LA AGRICULTURA
USE OF THE ENERGY IN AGRICULTURE**

Uso de la biomasa como fuente de energía para el secado agroindustrial del café: estudio de caso

Use of the biomass for the agriculture- industrial drying: study of case

Luis Zamora González¹, Bienvenido Sarría López² y Yusleidis Cisnero Reyna³

RESUMEN. El trabajo trata sobre el análisis de siete variantes de calentamiento del aire que se emplea en el proceso de secado del café, teniendo en cuenta los aspectos térmicos, hidrodinámicos, energéticos, exergéticos y económicos, con la singularidad de que la biomasa se quema en un Horno de Capa Cónica Deslizante (HCCD). Se concluye que la variante número seis reúne las condiciones más atractivas para su utilización en el proceso de calentamiento del aire, utilizado en el secado del café, pues en ella se incrementa la temperatura del aire desde 25 °C hasta 400 °C, lográndose la máxima eficiencia en el proceso de transferencia de calor en el Calentador de Aire Tubular (CAT) (10,5 %), la máxima eficiencia de la instalación (43,3 %), así como el máximo rendimiento exergético global (15,2 %). Se comprueba la factibilidad de ejecutar la inversión de la instalación que se propone debido a las ventajas económicas evidentes que la misma presenta.

Palabras clave: transferencia de calor, biomasa, inquemados, combustión, exergía.

ABSTRACT. The present work has as general objective the analysis of seven variants of heating of air, for the process of drying of the coffee; keeping in mind the thermal, hydrodynamic, energy aspects, exergy and economic in an Oven of Sliding Conical Layer (OSCL). The varying number 6 gather the necessary conditions for their use in the process of heating of the air for the drying of the coffee, in she warms the air from the temperature of 25 °C up to 400 °C being guaranteed the maximum efficiency in the process of transfer of heat in the Heater of Tubular Air (HTA) (10,5 %), maximum efficiency also in the installation (43,3 %); as well as the maximum yield global exergy (15,2 %). It is important to highlight the feasibility of carrying out the investment of the installation that intends for the evident economic advantages that the same one presents.

Key words: transfer of heat, biomass, combustion, exergy.

ANEXO 22

FUNDAMENTO CIENTÍFICO DEL CALOR ESPECÍFICO DEL CAFÉ

conocer las características físicas del grano y las propiedades del aire de secado. En cuanto a las características del grano se requiere conocer el peso específico aparente (densidad aparente); las ecuaciones de contenido de humedad en equilibrio, de calor específico, de calor latente de vaporización y de secado en capa delgada; del aire de secado se debe establecer la temperatura y humedad relativa (ó razón de humedad). Las ecuaciones y características del grano fueron determinadas en Cenicafé en diferentes trabajos de investigación (Jaramillo, 1989; López & Ospina, 1990; Montoya, 1989; Rivera & Vélez, 1997; Trejos, 1986).

Coefficiente de transferencia de calor por convección entre el aire y el grano

Brooker et al. (1992), presentan la ecuación 11 para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección en granos, el cual se utiliza en los modelos de simulación matemática de secado de la Universidad de Michigan (MSU).

$$h_c = AC_1 G_a \left(\frac{2r_0 G_a}{C + DT} \right)^n \quad (11)$$

En donde:

- h_c – coeficiente de transferencia de calor por convección, $W m^{-2} ^\circ K^{-1}$
- r_0 – radio equivalente de la partícula (grano de café), m
- C_a – calor específico del aire, $kJ kg^{-1} ^\circ K^{-1}$
- G_a – flujo de aire, $kg h^{-1} m^{-2}$
- T – temperatura del aire, $^\circ K$
- $A = 0,2755$; $B = -0,34$; $C = 0,06175$; $D = 0,000165$

Calor específico del café pergamino

Montoya (1989) utilizó el método de las mezclas, para determinar el calor específico del café pergamino en el rango de humedad del grano entre el 11 y el 45% bh, obteniendo la ecuación 12.

$$C_p = 1.3556 + 5.7859CH_1 \quad (12)$$

donde:

- C_p – calor específico, $kJ kg^{-1} ^\circ K^{-1}$
- CH_1 – contenido de humedad, decimal, bs

Contenido de humedad en equilibrio del café pergamino

Trejos (1986) utilizó el método dinámico establecido por

$$P_2 = -108.37141 \quad Q_2 = 0.070114$$

$$P_3 = 74.461059 \quad Q_3 = -0.035177$$

Esta ecuación es válida para un rango de temperaturas de 10 a 56 $^\circ C$ y humedades relativas entre 0 y 100%.

Calor latente de vaporización del agua en el café pergamino

Trejos (1986), a partir de las isoterms de equilibrio higroscópico obtenidas para café pergamino y aplicando el método de Othmer, determinó la ecuación de calor latente de vaporización del agua en el café pergamino (Ecuación 14)

$$L = (2502.4 - 2.42958T) [1 + 1.44408 \text{Exp}(-21.5011M)] \quad (14)$$

donde:

- L – calor latente de vaporización del café pergamino, $kJ kg^{-1}$
- T – temperatura del café, $^\circ C$
- M – contenido de humedad del café, decimal, bs

Ecuación de secado en capa delgada

López & Ospina (1990) utilizaron el método dinámico para la determinación de los coeficientes (m, n y q) de la ecuación de secado en capa delgada de Roa (Ecuación 15), para contenidos de humedad del café desde 55% bh hasta la humedad de equilibrio. Los coeficientes de la ecuación fueron determinados para tres rangos de temperatura del aire de secado. La expresión es de la forma:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = -mq(M - M_e)(P_{vs} - P_v)^{n-1} \quad (15)$$

donde:

- M – contenido de humedad del grano en cualquier instante, %, bs
- M_e – contenido de humedad de equilibrio, %, bs
- P_{vs} – presión de vapor de saturación, kPa
- P_v – presión de vapor parcial, kPa
- T – tiempo de secado, h

En el presente trabajo y con base en simulaciones preliminares de secado, Roa determinó los siguientes parámetros m, n, y q para la ecuación unificada de secado en capa delgada, válida para los rangos 10-70 $^\circ C$ de temperatura y de 5 al 55% de humedad, bs: $m = 0,0143$; $n = 0,87898$; $q = 1,06439$.

Coefficiente de difusión de humedad

Montoya (1989), obtuvo una ecuación para el coeficiente

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo Julio Cesar Cubas Arbildo, identificado con DNI N.º 46587004 egresado de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo, autorizo (x), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE 1.5 Ton. PARA DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERU 2018”

; 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: 46587004

FECHA: 13 de diciembre del 2018

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

ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ingeniero Marcelo Rojas Coronel docente de la facultad de ingeniería de la UCV-filial Chiclayo y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado

“DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE 1.5 Ton. PARA DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERU 2018”

Del bachiller de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica.

Julio cesar cubas Arbildo

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin grado de coincidencias irrelevante que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo 11 de diciembre de 2018.



MSC. Ing. Marcelo Rojas Coronel.

Docente de la facultad de ingeniería de UCV.

DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE 1.5 Ton. PARA DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERU 2018

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
2	webddigital.com Fuente de Internet	3%
3	ingemecanica.com Fuente de Internet	2%
4	es.wikipedia.org Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	elprofvictorbecerra63.blogspot.com Fuente de Internet	1%



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

EP DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CUBAS ARBILDO JULIO CESAR

INFORME TÍTULADO:

DISEÑO DE UN SECADOR ROTATIVO DE 1,5 TONELADAS PARA DESHIDRATAR SEMILLAS DE CAFÉ EN LA ZONA NORTE DEL PERÚ 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 13/12/2018

NOTA O MENCIÓN: DIECIOCHO (18)

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN