UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

SELECCIÓN DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO DE BENEFICIADO DE LA VAINILLA A PARTIR DE CRITERIOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS.

AUTOR(ES):

Jonathan Patricio Casco Andrade

Sigcha Ordoñez Hermes Hernán

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Amaury Martinez Pérez, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	3/5	Me mantengo en mi comentario debieron enfocar el tema como se les sugirio
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	3/5	Se mejoró, pero faltan elementos que den más relevancia al tema.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	Si bien se mejoró el texto, hay que hacer una revisión más a fondo de la redacción.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	91	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	x
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	91

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA

Miguel Ángel Enríquez Estrella
DOCENTE PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 9 días del mes de Agosto de 2022.

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4,8/5	Aún hay faltas ortográficas.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14,8/15	Aún hay faltas ortográficas.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14,8/15	Aún hay faltas ortográficas.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	Aún hay faltas ortográficas y correcciones de términos no realizados con el de la palabra figuras en algunos párrafos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	**97,4/100**	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**97,4**

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MONICA PAULINA ECHEVERRIA GUEVARA

Dra. Paulina Echeverría, PhD.
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los **04** días del mes de **agosto** de **2022**

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 22 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Jonathan Casco Andrade, con C.I. 1600687998, con el Tema: "Selección del material de construcción de los equipos del proceso de beneficiado de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos.", de la carrera de Agroindustria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. Amaury Pérez Martínez, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio Ouriginal, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 03 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
AMAURY
PEREZ

Dr. Amaury Pérez Martínez

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Ouriginal

Document Information

Analyzed document uic-asignación-de-revisión-359-01082022-RV-APM-03082022-1.docx (D142641978)
Submitted 8/4/2022 12:22:00 AM
Submitted by
Submitter email agi2016067@uea.edu.ec
Similarity 4%
Analysis address amperez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA LUZ A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA EN EL PROCESO DE CU RADO DE LA VAINILLA [Vanilla planifolia Andrews].docx
Document EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA LUZ A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA EN EL PROCESO DE CU RADO DE LA VAINILLA [Vanilla planifolia Andrews].docx (D54480329)
Submitted by: amperez@uea.edu.ec
Receiver: pmaerez.uea@analysis.urkund.com
3

W

URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/74/
Fetched: 7/4/2020 8:46:42 PM
2

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PROYECTO-FINAL-PROCESO-DE-CURADO-DE-VAINILLA.docx
Document PROYECTO-FINAL-PROCESO-DE-CURADO-DE-VAINILLA.docx (D78453764)
Submitted by: agi2015196@uea.edu.ec
Receiver: pmaerez.uea@analysis.urkund.com
2

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / I.C. - Llumiquinga Andrés.docx
Document I.C. - Llumiquinga Andrés.docx (D126817726)
Submitted by: agi2017050@uea.edu.ec
Receiver: av.paredesp.uea@analysis.urkund.com
1

W

URL: https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_I_2016.pdf#page=57
Fetched: 8/4/2022 12:23:00 AM
1

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / FORMATO-PROYECTO- 21-02-2021.docx
Document FORMATO-PROYECTO- 21-02-2021.docx (D96150918)
Submitted by: hhernandez@uea.edu.ec
Receiver: hhernandez.uea@analysis.urkund.com
5

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Jipson Ayala Proyecto final 08-07-2022.docx
Document Jipson Ayala Proyecto final 08-07-2022.docx (D141880537)
Submitted by: jb.ayala@uea.edu.ec
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com
3

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PROYECTO - FREIRE - urkund.docx
Document PROYECTO - FREIRE - urkund.docx (D54393342)
Submitted by: agi20140076@uea.edu.ec
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com
1

Entire Document

"Selección del material de construcción de los equipos del proceso de beneficiado de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos"
1
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial Resumen.
La vainilla beneficiada es un producto cotizado internacionalmente por su aroma y sabor, pero un inconveniente que posee es que su producción requiere de largos periodos

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 22 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Hermes Sigcha Ordoñez, con C.I. 0503812117, con el Tema: "Selección del material de construcción de los equipos del proceso de beneficiado de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos", de la carrera de Agroindustria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. Amaury Pérez Martínez, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio Ouriginal, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 03 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
AMAURY PEREZ

Dr. Amaury Pérez Martínez

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Ouriginal

Document Information

Analyzed document uic-asignación-de-revisión-359-01082022-RV-APM-03082022-1.docx (D142641978)
Submitted 8/4/2022 12:22:00 AM
Submitted by
Submitter email agi2016067@uea.edu.ec
Similarity 4%
Analysis address amperez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA LUZ A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA EN EL PROCESO DE CU RADO DE LA VAINILLA [Vanilla planifolia Andrews].docx
Document EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA LUZ A DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA EN EL PROCESO DE CU RADO DE LA VAINILLA [Vanilla planifolia Andrews].docx (D54480329)
Submitted by: amperez@uea.edu.ec
Receiver: pmaerez.uea@analysis.urkund.com
3

W

URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/74/
Fetched: 7/4/2020 8:46:42 PM
2

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PROYECTO-FINAL-PROCESO-DE-CURADO-DE-VAINILLA.docx
Document PROYECTO-FINAL-PROCESO-DE-CURADO-DE-VAINILLA.docx (D78453764)
Submitted by: agi2015196@uea.edu.ec
Receiver: pmaerez.uea@analysis.urkund.com
2

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / I.C. - Llumiquinga Andrés.docx
Document I.C. - Llumiquinga Andrés.docx (D126817726)
Submitted by: agi2017050@uea.edu.ec
Receiver: av.paredesp.uea@analysis.urkund.com
1

W

URL: https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_I_2016.pdf#page=57
Fetched: 8/4/2022 12:23:00 AM
1

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / FORMATO-PROYECTO- 21-02-2021.docx
Document FORMATO-PROYECTO- 21-02-2021.docx (D96150918)
Submitted by: hhernandez@uea.edu.ec
Receiver: hhernandez.uea@analysis.urkund.com
5

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Jipson Ayala Proyecto final 08-07-2022.docx
Document Jipson Ayala Proyecto final 08-07-2022.docx (D141880537)
Submitted by: jb.ayala@uea.edu.ec
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com
3

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / PROYECTO - FREIRE - urkund.docx
Document PROYECTO - FREIRE - urkund.docx (D54393342)
Submitted by: agi20140076@uea.edu.ec
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com
1

Entire Document

"Selección del material de construcción de los equipos del proceso de beneficiado de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos"
1
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial Resumen.
La vainilla beneficiada es un producto cotizado internacionalmente por su aroma y sabor, pero un inconveniente que posee es que su producción requiere de largos periodos

"Selección del material de construcción de los equipos del proceso de beneficiado de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos"

Hermes Sigcha Ordoñez 1[1]
agi2016067@uea.edu.ec
Jonathan Casco Andrade 2[1]
agi2017129@uea.edu.ec
Amaury Pérez Martinez, Ph. D[2]
amperez@uea.edu.ec
[1]Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial

Resumen.

La vainilla beneficiada es un producto cotizado internacionalmente por su aroma y sabor, pero un inconveniente que posee es que su producción requiere de largos periodos de tiempo y los materiales utilizados en los diferentes equipos varia de una propuesta a otra por ende el objetivo de la presente investigación fue la selección del material de construcción de los equipos del proceso de curado (beneficiado) de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos, utilizando tres prototipos cilíndricos construidos con madera, metal y vidrio, fueron utilizados en las operaciones de fermentación y secado con tres vainas de vainilla en cada prototipo, estos fueron sometidas a radiación infrarroja emitida por un foco a una altura de 62 cm desde el piso, con el cual se elevó la temperatura de los prototipos y se mantuvo así hasta que las vainas alcancen el 30% de humedad, los resultados que se obtuvo fue que el tiempos de fermentación y curado variaron en función del material, pero cuando todas las vainas alcanzaron la humedad esperada el proceso se detuvo, "al finalizar la experimentación" el prototipo de metal presento las mejores características a nivel técnico porque las vainas cumplieron con los parámetros físicos y de contenido de vainillina, alcanzando un porcentaje de 5,77%, valor superior a los resultados de los otros prototipos estudiados y a los establecidos en la norma mexicana 182-SCFI-2011, además, desde el punto de vista económico el prototipo de metal (acero inoxidable) resulto ser el más económico con un costo de producción de $ 926,84 en comparación al de madera y el de vidrio con lo cual se concluyó que el metal es el material más óptimo para construir un prototipo de beneficiado de vainilla.

Palabras claves: beneficiado, prototipos, vainillina, radiación.

Abstract.

Processed vanilla is a product valued internationally for its aroma and flavor. But one drawback is that its production requires long periods, and the materials used in the different equipment vary from one proposal to another. Therefore, the aim of the present investigation was the selection of the construction material of the equipment for the curing process of vanilla based on technical and economic criteria, using three cylindrical prototypes built with wood, metal, and glass. They were used in the fermentation and drying operations, with three vanilla pods in each prototype, these were subjected to infrared radiation emitted by a focus at a height of 62 cm from the floor, with which the temperature of the prototypes was raised and remained so until the pods reached 30 % moisture, the results obtained were that the fermentation and curing times varied depending on the material, but how When all the pods reached the expected humidity, the process was stopped, "at the end of the experimentation" the metal prototype presented the best characteristics at a technical level because the pods met the physical parameters and vanillin content, reaching a percentage of 5, 77%, a value higher than the results of the other prototypes studied and those established in the Mexican standard 182-SCFI-2011, in addition, from the economic point of view, the metal prototype (stainless steel) turned out to be the most economical with a cost production of $ 926.84 compared to wood and glass, with which it was concluded that metal is the most optimal material to build a vanilla processing prototype.

Keywords: benefited, prototypes, vanillin, radiation.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de Vainilla se originó en México con la cultura Totonaca al sur de Veracruz donde es considerada como una planta sagrada (Bucio et al., 2013). Desde el 2010 los países que mayormente producen vainilla son China, Madagascar, Indonesia, México y Turquía (Quintana & Aguilar, 2020).

El desarrollo vegetativo de la vainilla en la Amazonía ecuatoriana es silvestre, por sus características es manipulada por las comunidades para ser empleada como condimento en diferentes preparaciones o como medicina para la piel. Para la exportación de vainilla en la Amazonía existe la empresa *Kallari* y la empresa *Vainuz* Vainillas del Ecuador en la provincia de Santo Domingo de los *Tsàchilas*. Esta última exporta 700 kg en el 2016 hacia el continente europeo (Quintana & Aguilar, 2020).

La vainilla es una de las especies que tienen un valor económico elevado comercialmente en los mercados, solo después del azafrán (Azofeifa-Bolaños et al., 2014), llegando a los 600$ por kg (Quintana & Aguilar, 2020), pero aun así es muy cotizada por su contenido de vainillina, siendo este la principal responsable de proporcionar su sabor y aroma siendo apreciadas y divulgadas en el mundo (Azofeifa-Bolaños et al., 2014).

Para la comercialización de la vainilla, esta debe ser sometida a un proceso de conservación llamado beneficiado, el cual permite aumentar el tiempo de conservación del producto y se lo realiza mediante deshidratación y fermentación del fruto en estado verde (Bucio et al., 2013). Con esto se modifica el color, el aroma y sabor del propio fruto (J.J. Luna-Guevara et al., 2016), esto lo vuelve agradables al paladar (Bucio et al., 2013).

El beneficiado es un proceso que tarda 90 días, pero esto depende de las condiciones climáticas del lugar donde se realiza este proceso (Bucio et al., 2013). A nivel artesanal se utiliza cajas de madera expuestas al sol para el proceso de secado, continuamente colocándolas en cajas de sudado, este método permite alcanzar hasta el 30% de humedad, pero al ser hecho de esta manera tarda varias semanas (Grefa, 2022), lo que imposibilita la presencia masiva del producto en el mercado.

Por lo tanto, se han comparado el proceso de beneficiado utilizando secadores tradicionales (bajo el sol) y hornos caloríficos esto con el objetivo de aumentar la disponibilidad de la vainilla (Jaramillo et al., 2012). Pero también se han realizado el mismo método de comparación, pero utilizando el secado y fermentado de la vainilla en una estufa y en un secador solar obteniendo resultados similares, pero sobresaliendo en la cantidad de materia procesada en el beneficiado solar.

Los materiales utilizados en la construcción son una mezcla de diferentes materiales entre aluminio, hierro, cobre, madera, etc. Se ha utilizado el metal para el diseño de varios prototipos con superficies formadas de láminas negras que facilitan la transferencia de calor y evita las pérdidas de calor hacia el exterior una con una placa de unicel metálicos de alta densidad (Hernández-Gomez et al., 2017). Entonces se deriva una interrogante, ¿Cuál sería el material más adecuado para la construcción de estos prototipos que permitan la reducción del tiempo de beneficio de la vainilla?

A partir de esta interrogante, el objetivo del presente trabajo fue seleccionar el material óptimo para la construcción de los equipos del proceso de curado (beneficiado) de la vainilla a partir de criterios técnicos y económicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1. MATERIALES

La materia prima se obtuvo del vivero Don Felipao, el cual se encuentra ubicada en la provincia de Napo, Cantón Tena, Barrio San Antonio. Situada en el centro norte de la región amazónica ecuatoriana**,** entre las coordenadas latitud: -0.989, longitud: -77.8159 0° 59′ 20″ sur, 77° 48′ 57″ oeste. Se seleccionó 9 vainas verdes, que no presentasen roturas, ni pigmentaciones alejadas del verde, esto debido que la vainilla Papantla debió ser cosechado antes de la etapa de maduración y cumplir con las especificaciones de la (Norma Oficial Mexicana, 2011)

2.2. REACTIVOS

Los reactivos utilizados fueron:

Etanol al 96% obtenido de la tienda (Quimicosas) de la ciudad del Puyo, Cantón Pastaza y provincia de Pastaza e hidróxido de sodio (NaOH) en lentejas de la marca Merck de procedencia alemana al UNO MOLAR y que se lo obtuvo en el Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica.

2.3. METODOLOGÍA

Los métodos realizados en la investigación son de carácter selectivo, donde serán analizadas cada etapa de las actividades realizadas, considerando los aspectos del diseño de los prototipos de forma específica. Se evaluó parámetros de análisis técnico, económico y poder seleccionar el material que sea óptimo para el beneficiado de la vainilla.

La selección de los materiales es un método implementado que permite garantizar que los elementos que conforman un equipo posean las características adecuadas para realizar un determinado proceso. Para seleccionar que material es el óptimo para el

beneficiado de vainilla, se utilizó un prototipo preestablecido para estudiar diferentes materiales de construcción, y analizarlos desde el punto de vista técnico y económico.

El material seleccionado debe proporcionar una mayor estabilidad en las características físico-químicos de la vainilla según la norma mexicana en las etapas de escaldado, fermentado y secado. Además, estos elementos deben ser económicamente rentable su uso en la construcción de un prototipo. En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo de la metodología de investigación que se utilizó para llegar al objetivo planteado.

Figura 1

Diagrama de flujo de la metodología de investigación



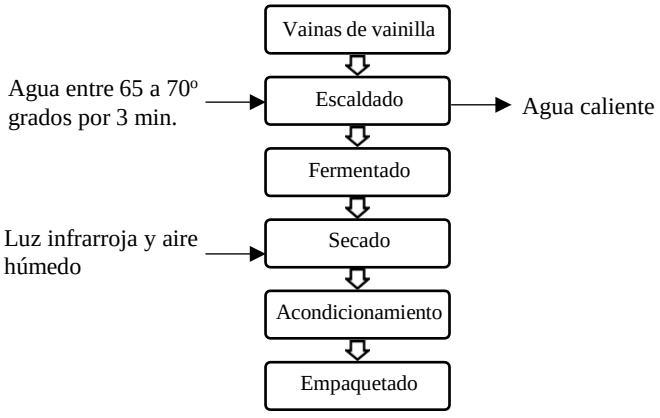
Fuente: Elaboración propia

2.3.1. Instalación experimental

En esta etapa del proceso se utilizaron tres equipos cilíndricos con diferentes materiales que fueron implementados como la madera, el metal galvanizado y el vidrio oscuro, sus medidas fueron: altura del cilindro 26 cm, su radio de 2.35 cm, en cada prototipo se efectuó dos perforaciones de 4mm de diámetro, la primera perforación se lo hizo desde la base a una altura de 3.5 cm y la segunda perforación a la altura de 22.5 cm, como tapas se utilizó un vidrio de seis líneas. Las etapas que se tomó en cuenta para analizar los materiales fueron el escaldado, fermentado y secado del proceso de curado, estas etapas están esquematizadas en la Figura 2 del diagrama de bloques del beneficiado de vainilla.

Figura 2

Diagrama de bloques del curado de vainilla.



Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó estas etapas en base a que son los procedimientos donde mayor importancia tienen los materiales en la transformación de la vaina de vainilla, cada una de estas etapas se especifica a continuación:

a. Escaldado: Mediante este proceso se inhibe la actividad fisiológica del fruto en su estado verde, y como consecuencia evita que se abra la punta saliente de la vaina (Xochipa-Morante et al., 2016). El método de inmersión es el más tradicional ya que se utiliza agua a 60 ºC por un lapso de 2 a 3 min para inhibir el crecimiento microbiano. Hasta tener una coloración entre verde y café, esto permite saber si el proceso fue óptimo.

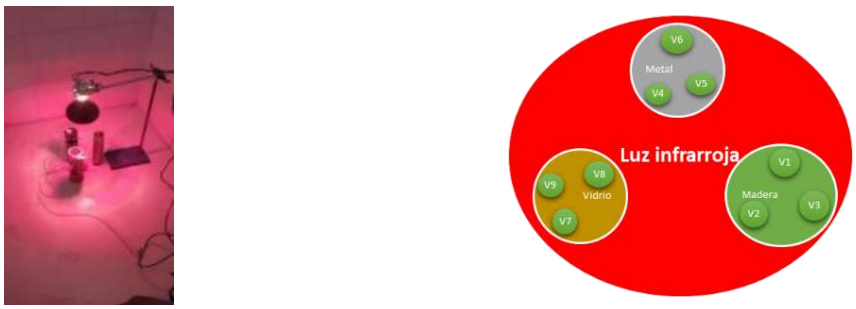
b. Fermentación: Este proceso tiene una duración de 15 días, en el que existe una retención de humedad y con ello alcance parámetros óptimos para que las enzimas polifenoloxidasa y peroxidasa aceleren los procesos hidrolíticos y oxidativos. Al finalizar el proceso las vainas poseen un color marrón con sabor con un aroma propio de la vainilla beneficiada (Havkin-Frenkel et al., 2004).

c. Secado: Este proceso requiere de condiciones muy específicas debido a que es responsable de preservar la calidad del sabor de la vainilla (Havkin-Frenkel et al., 2004). El tiempo aplicado a cada prototipo fue de 15 o hasta alcanzar el 30% de humedad considerado optimo según la norma mexicana 182-SCFI-2011. En la Figura 3A se observa la instalación efectuada con los prototipos mientras que en la 3B se observa la disposición de los prototipos en relación con la temperatura de la onda emitida del foco.

Figura 3

Posición e instalación de los prototipos y las vainillas.

A B



Fuente: Adaptada de (Grefa, 2022)

2.3.2. Geometría del equipo

La geometría del prototipo fue cilíndrica y cada uno de los cilindros contiene tres vainas, dos tapas (superior e inferior). Debido a que las instalaciones del laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica no tienen una gran capacidad, se fijó el

prototipo a una a77ltura de 26 cm en un diámetro de 4,7 cm. En la Tabla 1 se especifica las fórmulas implementadas para calcular las diferentes partes del prototipo además de los datos que se deben utilizar para su operación.

Tabla 1

Datos y formulas implantadas

Cálculos	**Datos utilizados**	**Formula**
Radio	Diámetro	$d = 2r$
Área lateral de la superficie	Radio y la altura	$A = 2\pi rh$
Área total de la superficie	Área y altura	$At = \pi r^2 h + 2\pi r^2$
Volumen	Base y altura	$V = \pi r^2 h$

Fuente: Adaptada de (Grefa, 2022)

2.3.3. Proceso de beneficiado

Se realizó tres ensayos con tres replicas para el beneficiado, en cada uno se usó tres vainas marchitadas dentro de los prototipos de acuerdo al beneficiado tradicional, sumergiendo las vainas por tres minutos en agua a 60°C. Durante el estudio el secado y sudado sufrieron por el uso de la luz infrarrojo mientras que el acondicionado se lo hizo de la manera tradicional, cubierto de papel encerado y un envase hermético.

En el prototipo de madera, durante el primer ensayo las tres vainas tuvieron uso exclusivo de luz infrarroja, en cambio para realizar el sudado durante un día se mantuvo circulando aire húmedo dentro del prototipo para que con ello mantenga la humedad necesaria durante la etapa, luego nuevamente fueron irradiadas por esta misma luz para ser secada y con ello llegar al 30% de humedad.

En el prototipo de metal igualmente con tres vainas se utilizó luz infrarroja, durante el sudado por un día, y se permitió el circulado de aire húmedo, para mantener la humedad del ambiente, luego se secó hasta llegar al 30% de humedad utilizando luz infrarroja. En este ensayo durante todo el proceso de secado y sudado las vainas estuvieron dentro del prototipo.

En el prototipo de vidrio con igual tres vainas se utilizó luz infrarroja, durante el sudado que duro un día, igualmente se permitió el circulado de aire húmedo, para mantener la humedad del ambiente, luego se secó hasta llegar al 30% de humedad utilizando luz infrarroja.

Para identificar el momento en que la humedad alcanzo su valor referencial según la norma mexicana 182-SCFI-2011 se utilizó un sensor Marca *KKMOON* modelo *IR – 380,*

rango de medición: -20 ~ 350°C de temperatura infrarroja para monitorear la temperatura para cada etapa del proceso. Se utilizó una balanza digita marca *Sartorius* BCE2202-1S *Entris II Basic Essential*, para determinar el peso de las vainas, este proceso se realizó cada 24 horas hasta llegar al 30% de humedad. Así mismo se determinó el porcentaje de vainillina al pasar los 15 días después de cada ensayo.

2.4. ANÁLISIS TÉCNICO

2.4.1. Control de calidad

El control se realizó diariamente por un lapso de 15 días, tiempo donde se realizó el pesaje y toma de temperatura cada 24 horas hasta que la vainilla presentara un 30% de humedad tal como lo recomienda Norma Oficial Mexicana nom-182-scfi-2011. Para determinar la calidad del proceso fue necesario realizar los siguientes análisis para identificar los parámetros de la vainilla.

a. Determinación de la humedad de la vainilla verde

La humedad se determinó mediante el uso de una estufa esto gracias a la variabilidad del peso, se utilizaron 3 vainas con un peso inicial de: 13,87 g, 12,18 g, 11,54 g, cubiertas en papel aluminio a 60 °C en la estufa durante 36 horas, seguidamente reposaron en el desecador por 45 minutos, para poder identificar el peso, en un lapso de dos horas se repitió el proceso dos veces más hasta que las muestras secas presentaran un peso constante. La humedad se determinó mediante la siguiente formula:

$$\%Humedad: \frac{pi - pf}{pi} * 100 \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

dónde: pi= peso inicial; pf= peso final

b. Determinación de la humedad de vainilla beneficiada

La determinación de la humedad de la vainilla beneficiada se lo realizo tomando como referencia el peso inicial de la vaina verde. El procedimiento utilizado para identificar el momento en el que se alcanzó el porcentaje de humedad esperada fue el pesaje continuo en intervalos de 24 horas cada una. Al finalizar el proceso de beneficiado se procedió a determinar sus parámetros físicos como: olor, color, flexibilidad, longitud y químicos del pH y el contenido de la vainillina, todos estos parámetros fueron evaluados según (Norma Oficial Mexicana, 2011).

c. Longitud, olor, color y flexibilidad, de las vainas beneficiada

Para determinar la longitud la de la vaina se utilizó un calibrador pie de rey marca VERNIER de acero inoxidable para obtener la medida de las vainas. Se utilizó el sentido

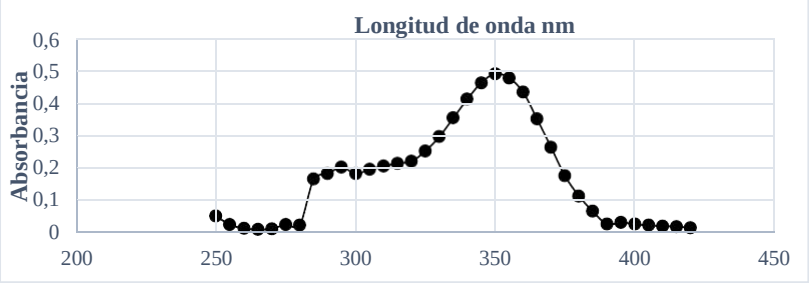
del olfato como principal herramienta para determinar el aroma distintivo de la vaina beneficiada. Para determinar el color de las vainas beneficiadas se utilizó los parámetros establecidos en la (Norma Oficial Mexicana, 2011). Para determinar la flexibilidad de las vainas beneficiadas se valoró enrollándola en el dedo, no debían presentar señales de quiebre.

d. Obtención del contenido de vainillina

Se utilizó la prueba de barrido de Freire (20019) realizada en el espectrofotómetro y se ratificó los resultados presentados por Viveros Grajales (2007) representada en la Figura 4. En donde se manifiesta que la máxima absorbancia de la vainillina se presenta a 350nm de longitud de onda.

Figura 4

Absorbancia de la vainillina



Fuente: Adaptada de (Viveros Grajales, 2007)

Se identificó la cantidad de vainillina según las propuestas de (Viveros Grajales, 2007) y (Freire, 2019), con ello se procedió a realizar la extracción detallada a continuación.

Curva de calibración*:* Se utilizó un espectrofotómetro con una longitud de onda de 350 nm para calcular la absorbancia de la vainillina.

Extracción de vainillina de las vainas beneficiadas**:** Se dividieron en prototipos y según sus pesos se tomó una vaina para ser cortadas en trozos de un tamaño de 0.5 cm después este se colocó en un papel filtro corrugado, finalmente se le puso en el interior de una cámara *Soxhlet*. De cada balón 24/40 con un fondo redondo de 250 mL se tomó su peso. Continuando con el proceso se colocó 110 mL de etanol al 96% lo cual se armó un equipo *Soxhlet*, el cual permitió mantener a temperatura de ebullición durante las dos horas que duró la extracción.

Determinación del contenido de vainillina**:** De la solución preliminar A, se ocupó una alícuota de 25 mL y colocó en un matraz aforado de 100 mL, se aforó y mezcló y se

obtuvo la disolución B. De la disolución B se tomó una alícuota de 20 mL en un matraz aforado de 100 mL se aforó y mezcló con etanol para obtener la solución C. Finalmente se tomó una alícuota de 10 mL de la solución C y se colocó en un matraz aforado de 100 mL, se agregó 60 mL de etanol y 2 mL de NaOH a 1M, se aforo y mezclo hasta obtener la disolución D.

***Determinación de referencia o blanco*:** En un matraz aforado de 100mL se agregó 2mL de NaOH a 1 M se midió con etanol y se mezcló. Se utilizó un espectrofotómetro de marca Thermo Scientific, E.U. A 350 nm. Para realizar la lectura de la disolución D.

***Determinación de la absorbancia máxima de la vainillina*:** Para tener una referencia teórica para saber de cuál sería el punto de máxima absorbancia se utilizó la curva de calibración de (Freire, 2019), en el que según sus datos 350 nm es el que permite mayor absorbancia.

Para realizar los cálculos de concentración de vainillina de utilizo la formula general obtenida de la curva de calibración de vainillina, despejando la variable x y sustituyendo los valores de y= absorbancia, el cual se obtuvo en mg/L de vainillina en muestra. Luego se utilizó la ley de volumetría para alcanzar la cantidad de vainillina que dice la lectura sobre la disolución D.

$$x = \frac{y - 0{,}0746}{0{,}0867} \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

dónde: C1 (Concentración 1); V1 (Volumen 1); C2 (Concentración 2); V2 (Volumen 2)

2.4.2. Perdidas de calor de los materiales

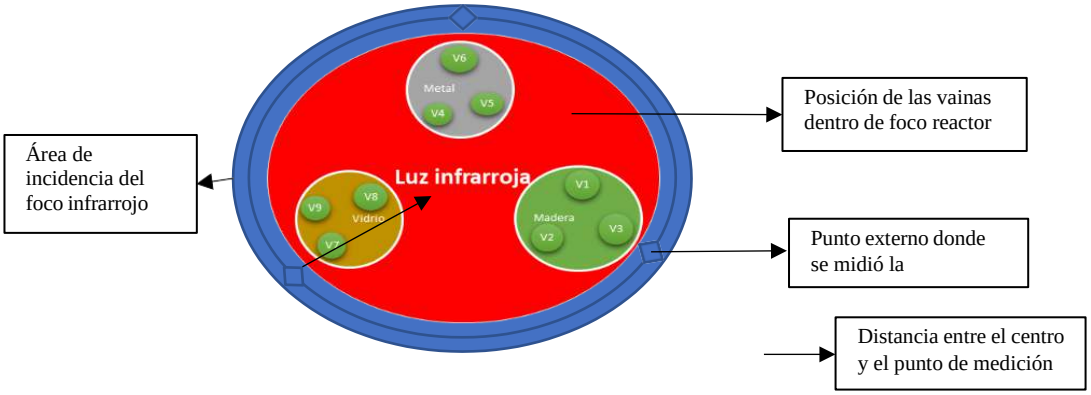
Las pérdidas de calor que tiene cada uno de los materiales analizados se los realizo identificando primero cual es el medio por el cual se transfiere el calor del foco hacia los prototipos, sabiendo que existen tres formas de transferencia de calor conducción, convección y radiación (Peters & Timmerhaus, 1991). Se consideró este proceso uno no estacionario debido a que la tasa de transferencia presento variaciones en el transcurso del tiempo de experimentación (Peters & Timmerhaus, 1991).

Además, la condición no estacionaria es la que más se implementa en procesos de enfriamiento y calentamiento de materiales como metales, vidrio y ciertos procesos de curado (Peters & Timmerhaus, 1991). Por lo tanto, se diseñó la figura 5 como una forma de identificar la incidencia de la luz con los prototipos y el exterior y poder hacer la toma de información de la temperatura de cada uno de los elementos de estudio.

Se consideró el proceso de transferencia de calor por radiación debido a que la fuente calor no está en contacto directo con el prototipo tal que como se observa en la Figura 5. Por la tanto el calor se transfiere del foco mediante ondas electromagnéticas hacia el objeto y este las absorbe y con ello aumenta su temperatura y por ende también las emite energía a su entorno.

Figura 5

Áreas de transferencia de calor a calcular.



Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Estimación de las perdidas por radiación

Una vez seleccionado el método de transferencia de calor por radiación (infrarroja) se utilizó la ley de *Stefan-Boltzman* para determinar la tasa de transferencia de calor de radiación emitida representada en la siguiente formula (Moebs et al., 2021).

$$\frac{dQ}{d\theta} = \sigma \varepsilon A T^4 \qquad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

σ= constante de Stefan-Boltzmann = 0,1713 x 1O-8 Btu/(h)(ft2)($^oR)^4$,

ε = emisividad de la superficie,

A = área de superficie expuesta de transferencia de calor, ft*,

T = temperatura absoluta, “R.

El valor de emisividad utilizado fue de 0,910 del roble (López et al., 2014), además la emisividad depende de las características de la superficie emisora y, al igual que la conductividad térmica y el coeficiente de transferencia de calor, debe determinarse experimentalmente (Peters & Timmerhaus, 1991).

Para que la ecuación de Stefan-Boltzmann permita calcular casos de absorción de radiación del entorno requiere de un ligero cambio en su formulación. Debemos suponer

que un cuerpo con una temperatura determinada está en un ambiente con una temperatura uniforme. La tasa neta de transferencia calórica por radiación es (Moebs et al., 2021):

$$P_{neta} = \sigma \varepsilon A(T_2^4 - T_1^4) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

2.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar el análisis económico se identificó todos los costos de inversión y los costos de operación que se deben tener en cuenta para la construcción del prototipo de beneficiado de vainilla y con ello concluir cual es el material más rentable económica, técnica y energéticamente este último haciendo referencia a la perdida de calor de los materiales que se pusieron estudiaron y que se presentaron en la experimentación.

Se tomó en cuenta cada intervención de la mano de obra y los aparatos que intervinieron en el proceso del beneficiado, tomando en cuenta el área lateral del cilindro, para así determinar la cantidad que se va a utilizar en función del rectángulo por el precio de compra de los materiales.

2.5.1. Costo de adquisición

Estos son los costos directos del proceso (materias primas) y los bienes intermedios que permiten el normal proceso de producción. Los descuentos comerciales, las rebajas y otros costos similares se dedujeron para determinar el costo de adquisición (Chavez, 2016). Los costos que se asumió al para el costo de adquisición de prototipo son: el valor del compresor, el valor de compra de la fuente de iluminación y el valor de compra del material utilizado para la construcción del prototipo.

2.5.2. Costos de construcción

Los costos de construcción son aquellos que tienen una conexión directa con el proceso de fabricación y los que estén inmersos en este: mano de obra, material directo, CIF, además de gastos administrativos y ventas. Estos dos últimos no se tomó en cuenta los en los cálculos para identificar los costos debido a que la investigación es a nivel de un prototipo de laboratorio.

El capital fijo requerido para los gastos generales de construcción y para todos los componentes de la planta que no están directamente relacionados con la operación del proceso se designa como inversión de capital fijo no manufacturero. Estos componentes de la planta incluyen el terreno, los edificios de procesamiento, las oficinas administrativas y de otro tipo, los almacenes, los laboratorios, las instalaciones de transporte, envío y recepción, las instalaciones de servicios públicos y de eliminación de desechos, los almacenes y otras partes permanentes de la planta. El costo general de construcción

consistió en gastos de supervisión y oficina de campo, gastos de oficina en casa, gastos de ingeniería, costos de construcción misceláneos, honorarios de contratistas y contingencias

2.5.3. Costos de inversión

El capital necesario para suministrar las capacidades necesarias de fabricación y planta se denomina inversión de capital fijo, mientras que el necesario para el funcionamiento de la planta se denomina capital de trabajo. La suma de la inversión de capital fijo y el capital de trabajo se conoce como inversión de capital total.

Para determinar los costos de inversión necesario para la compra de un prototipo ya diseñado se realizó una sumatoria entre los costos de construcción, costos de adquisición de los materiales de construcción para así determinar el costo neto del prototipo.

2.5.4. Costos de producción

Los costos de producción son elementos utilizados que no necesariamente deben tener relación con el producto que se está realizando sino son los elementos que permiten que se realicen dichos procesos, por ende, en el beneficiado de la vainilla partes de estos elementos se les puede considerar son: el uso del agua, la energía eléctrica, y el compresor, estos intervinieron en las etapas de escaldado, fermentado y secado para lo cual se implementó los siguientes cálculos en estas etapas.

En el escaldado

Se determina en la etapa de escaldado el costo operación por el uso del agua y para ello se calcula en función del volumen de un cilindro, utilizando la siguiente ecuación 6:

$$V = \pi r^2 \times h \qquad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

r= radio del cilindro

h= altura del cilindro

En la fermentación y secado

En este punto se considera la etapa del fermentado y secado que se deben calcular como es el consumo de energía en cada prototipo, se presenta la radiación de luz de la lámpara infrarroja y el compresor que participan en estas etapas del beneficiado, para ello se debe conocer la capacidad de consumo eléctrico en la cual interviene los prototipos que presenta una capacidad de consumo (Macías García et al.). En base a la potencia que se utiliza y el tiempo que está en funcionamiento permite calcular la cantidad de energía (E) que se consume en un determinado tiempo (Macías García et al.).

$$Econsumida = (E\ del\ prototipo)x(tiempo)\ x\ dias \quad \text{(Ecuación 7)}$$

$$E = Econsumida\ (kWh)x(costo\ por\ kWh) \quad \text{(Ecuación 8)}$$

2.6.SELECCIÓN DEL MATERIAL

El proceso de selección de los materiales más óptimos para el proceso del beneficiado se determinó mediante un análisis técnico (características de calidad, tiempo de producción y las pérdidas de calor) y económicos (costo de producción) cuyo propósito fue saber que materiales representa mayor rentabilidad económica, tomando en consideración que se pueden presentar costos innecesarios que pueden incrementar su valor de construcción (Ruíz-Leza et al., 2007).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS TÉCNICO:

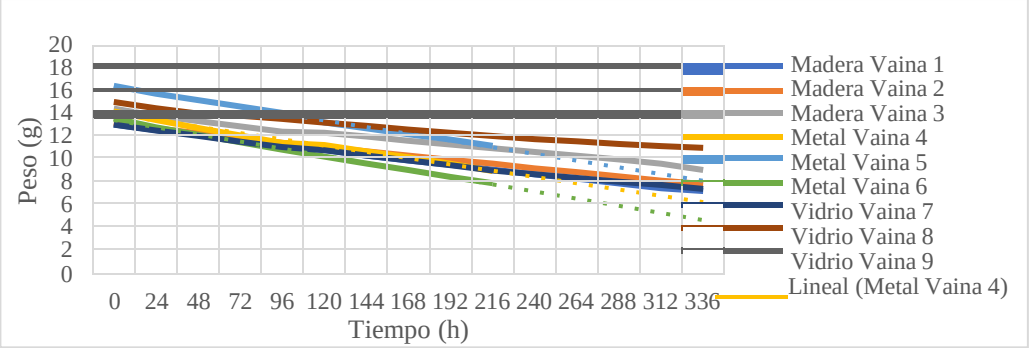
3.1.1. Determinación del tiempo de fermentación-secado.

El peso de las vainas se calculaba cada 24 hora hasta alcanzar el 30% de humedad, para representación gráfica se diseñó una curva de secado Figura 6 en donde se puede visualizar que la perdida de humedad es uniforme, así mismo se planteó un tiempo corto con relación al proceso de sudado y secado tradicional variando de 9 a 14 días.

En referencian al tiempo el prototipo de metal reflejo el menor tiempo de beneficiado, mientras que la madera y el de vidrio obtuvieron tiempos más prolongados para alcanzar el porcentaje de humedad requerido.

Figura 6

Contenido de humedad y tiempo de fermentación-secado



Fuente: Adaptada de (Grefa, 2022)

Todos los prototipos estuvieron expuestos a una temperatura relativamente baja de 40,6 ^{O}C, porque según (Mejia-Teran, 2011) el agua libre de la vainilla funciona como agua pura y para que este se evapore necesita poca energía. El prototipo metálico necesito nueve días para que la vainilla en su interior alcance el 30% de humedad, esto pudo deberse a las pérdidas de calor en el sudado y secado. El prototipo de madera tardo 14 días tiempo donde

alcanzo una temperatura de 40 ^{O}C esto pudo suceder porque según (Elizondo et al., 2015) el bambú es un aislante térmico pues posee una estructura interna formada por una sustancia celular y que cuando este se seca crea cavidades de aire brindándole características de un aislante térmico natural. El prototipo de vidrio al igual que el de madera tardo 14 días en alcanzar la humedad requerida, esto se debió a que durante el sudado y secado la temperatura alcanzada por la radiación infrarroja fue de 38 ˚C. Al finalizar el proceso, la vainilla beneficiada consiguió las características necesarias especificadas en la (Norma Oficial Mexicana, 2011).

3.1.2. Propiedades físicas de la vaina verde

Las características originales de la vainilla en estado verde fueron las siguiente la longitud de las vainas de 18 a 21 cm, el peso de 40.85 g, 44.39 g y 46.33 g estos equivalen las tres vainas que componen cada uno de los prototipos. Las vainillas maduras presentaron un color verde pálido con una tonalidad creciente a amarillo, con un porcentaje de humedad del 70 - 80%. Estas características fueron similares a los establecidos por la (Norma Oficial Mexicana, 2011), por ende esto nos permitió continuar con la investigación debido a que se cumplía con los requerimientos iniciales establecidas.

3.1.3. Propiedades físicas de la vaina beneficiada

La caracterización cualitativa de las vainas se lo realizo mediante la apreciación a través de los sentidos del investigador identificando la flexibilidad, el olor y el color de la vainilla los resultados experimentales cuantitativos fueron la humedad, la longitud y el contenido de vainillina.

Los resultados de las características cualitativas establecidas a continuación fueron similares a los parámetros establecidos por la (Norma Oficial Mexicana, 2011):

- *Color de las vainillas beneficiadas:* Cada vaina de los prototipos presentaron un color café oscuro brillante asemejándolo a las características que establece la norma.
- *Aroma de las vainas beneficiadas:* Las vainas obtuvieron un aroma suave y delicado, propia de las vainas de vainilla beneficiadas estas características resultaron ser similares a las especificadas por la norma.
- *Flexibilidad de las vainas beneficiadas:* Las vainas beneficiadas fueron enrolladas y con ello se observó que poseía la flexibilidad necesaria además de que no se presentó roturas al enrollarla Figura 7.

Figura 7

Flexibilidad de la vaina beneficiada



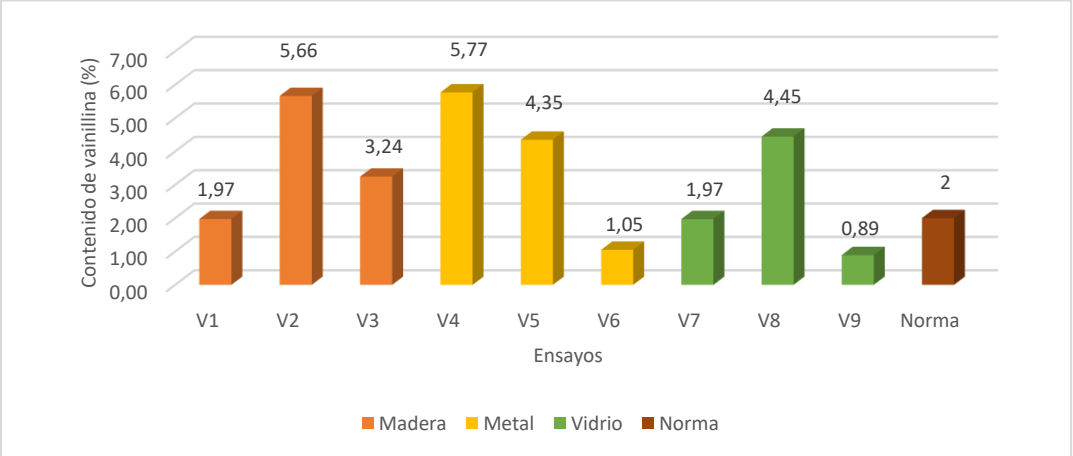
Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Contenido de vainillina

Se construyó la Figura 8 en referencia a la distribución de los prototipos y las vainas graficados en la figura 3 del epígrafe 2.3.1 y a partir de los datos de porcentaje de vainillina utilizando el procedimiento explicado en el epígrafe 2.4.1 y presentados en el (Anexo 2), y comparándolos con el de la norma oficial mexicana de vainilla (Norma Oficial Mexicana, 2011), se observó que existió un mayor rendimiento de vainillina en la vaina V4 del prototipo de metal obteniendo 5,77% de vainillina esto se debió a que se encontraba en la gradiente de temperatura más óptima donde alcanzó los 40,6 ºC esto según (Martínez Santin, 2020).

Figura 8

Contenido de vainillina



Fuente: Adaptado de (Grefa, 2022)

Mientras que las vainas V2, V3, V5 y V8, obtuvieron un porcentaje de vainillina por encima de la normativa, y V1, V6, V7 y V9 se encuentran por debajo de la normativa, debido a que estuvieron por fuera de la gradiente de temperatura optima según (Martínez Santin, 2020). La vaina V4 se acerca a los porcentajes máximos reportados en la literatura

por (Waliszewski et al., 2007), quien explico que se puede obtener hasta un 7 % de vainillina en vaina si el proceso de curado es el óptimo.

Se obtuvo una reducción de tiempo en el beneficiado referente los métodos tradicionales los cuales requieren de 120 días continuos según (Bucio et al., 2013), en los prototipos de madera y el vidrio se redujo el tiempo a 14 días representando un 88,3% menos al tiempo necesario utilizado en el tradicional. El prototipo de metal presento una reducción sustancial debido a que el proceso culmino a los nueve días representando una reducción del tiempo del 92,5%.

En los prototipos de madera y metal más de la mitad de las vainas obtuvieron características fisicoquímicas de calidad especificadas en las normas, representado un porcentaje de vainillinas superior a la tradicional, siendo posible elegir entre una de estas.

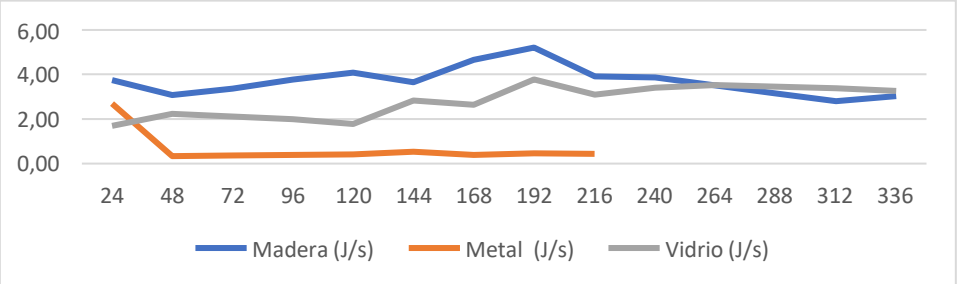
3.1.4. Perdidas de calor por radiación

El cálculo de la pérdida de calor producidas por cada uno de los prototipos se los realizo utilizando las fórmulas presentadas en el epígrafe 2.4.2 y para la representación del progreso de la perdida de calor se realizó la figura 9.

En la Figura 9 creada a partir de los datos del (Anexo 3) se observa como la perdida de calor de los elementos estudiado son variados en el caso de la madera es superior al de metal y al de vidrio con una variación de 0.651 J/s mientras que el vidrio presento una pérdida de 0.716 J/s y el metal 0.609 J/s.

Figura 9

Progreso de la perdida de calor en el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Esta pequeña variación en la perdida de calor que tiene el metal permite que el calor interno del prototipo sea más constante en el tiempo por lo tanto el proceso de beneficiado se reduce a nueve días a comparación de los otro que culminaron a los 14 días estos valores están representado en la Tabla 2 (Anexo 3).

Tabla 2

Perdida de calor por tipo de material

Prototipos	Media	Desviación standard
Madera (J/s)	3,697	± 0,651
Metal (J/s)	3,657	± 0,609
Vidrio (J/s)	3,710	± 0,716

Fuente: Elaboración propia

La pérdida de calor inferior que presente el metal en comparación a los otros se debe a que su emisividad es inferior a los otros materiales con 0,13 esto según (Cruz-Casa, 2017). Además, según (Frigerio et al., 2014), Las características térmicas de un tubo en este caso de vidrio, metal y madera dependen del tamaño, la forma y el material, por lo cual puede existir limitaciones en la trasferencia de calor por lo cual se presenta problemas en su estudio. Esto puede ser un factor a considerar debido a que existe una gran diferencia entre las pérdidas de calor entre los diferentes materiales estudiados.

3.3. ANALISIS ECONÓMICO PARA LA SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL PROTOTIPO

3.3.1. Estimación del costo de inversión

Se consideró lo propuesto por (Peters & Timmerhaus, 1991) donde se explica que los proceso se pueden obtener aplicando la multiplicación de los costos de los equipos por varios factores para aproximar los costos inversión. Estos factores varían según las estimaciones de inversión del capital, en este método se utiliza diferentes factores para diferenciar los tipos de equipos, los cuales se presentan en la Tabla 3 (Anexo 4).

Tabla 3

Costos de Inversión de la tecnología para el beneficiado de la vainilla por prototipo.

	Madera		Metal		Vidrio	
Equipamiento	Cant.	Precio ($)	Cant.	Precio ($)	Cant.	Precio ($)
Compresor	1	60,00	1	60,00	1	60,00
Fuente de iluminación	1	12,00	1	12,00	1	12,00
Prototipo de fermentador-secador	1	172,17	1	168,73	1	189,00
Costo adquisición		244,17		240,73		261,00
Inversión de capital total (TCI)		1 350,99		1 331,96		1 331,96

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se refleja los costos de adquisición y del total de inversión de los tres prototipos en donde el prototipo de metal represento el menor costos en ambos rubros es así que para adquirirlo es necesario $240,73 con una inversión de $1 331,96 siendo este el más económico en comparación a los otros prototipos los cuales presentaron, en el caso de

la madera y vidrio un costo de adquisición de $244,17 y $261 y sus costos de inversión $1 350,99 y $1 331,96 respectivamente catalogando al metal como el material económicamente más rentable para la construcción del prototipo.

3.3.2. Costo de producción de los prototipos.

La determinación del costo de producción en la etapa de escaldado se tomó en cuenta el volumen de los tres prototipos y se alcanzó los resultados detallados en la Tabla **4.** Para las etapas del fermentado y secado se trabajó con el consumo energético de los siguientes equipos: lámpara infrarroja y compresor que actúan en todo el proceso de curado de vainilla en donde se obtuvo los siguientes resultados plasmados en la Tabla 4 en base a los datos del (Anexo 4), con una estimación total del costo de operación total.

Tabla 4

Costos de producción de la tecnología para el beneficiado de la vainilla por prototipo.

DETALLE	MADERA Valor ($)	METAL Valor ($)	METAL Valor ($)
Materias primas	541,30	541,30	541,30
Mano de obra operativa	197,33	127,50	197,33
Facilidades auxiliares	8,93	5,74	9,03
Costo total del producto sin depreciación	1 002,929	926,839	1 016,339

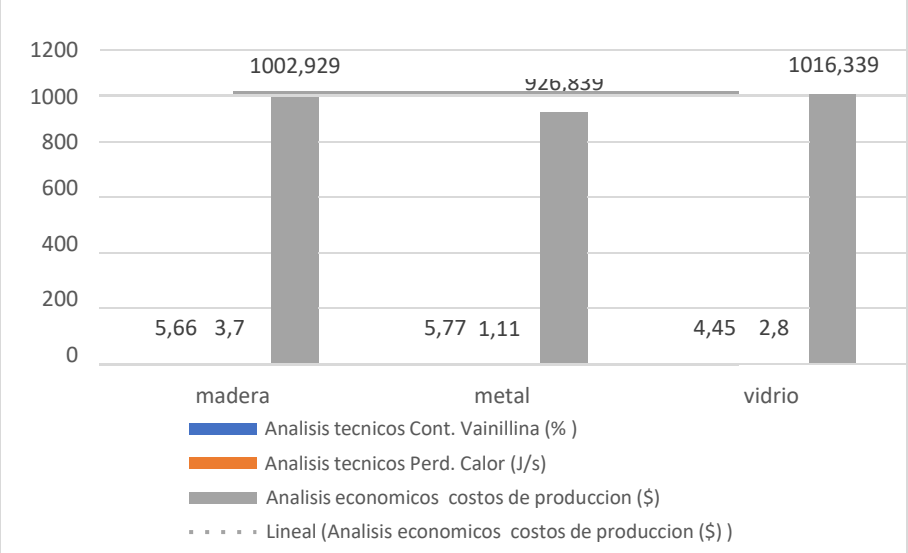
Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Selección de materiales

Bajo el análisis de selección de los equipos se tomó en consideración los siguientes aspectos de los analíticos técnicos, económicos y que equipo presento menor perdida de calor como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Comparación de los factores estudiados para la selección de materiales



Fuente: Elaboración propia

El prototipo de madera presenta un costo mayor de $1002,929 con un porcentaje de producción de 5,66 % vainillina, siendo el segundo con mayor obtención de vainillina, presentado una pérdida de calor de 3,7 J/s mayor que el vidrio. El prototipo de metal presenta el menor costo con un valor de $926,839 y con porcentaje de producción de 5,77% de vainillina, siendo el de mayor obtención de vainillina porque presento una pérdida de calor menor de 1,1 J/s. El prototipo de vidrio presenta un costo mayor a los otros prototipos con u valor de $1016,339 y con porcentaje de producción de 4,45% de vainillina, siendo el menor en la obtención de vainillina porque presento una pérdida de calor de 2,8 J/s mayor que el metal.

4. CONCLUSIONES

Se utilizó tres prototipos cilíndricos construido con madera, metal y vidrio con lo cual se evaluó parámetros que permitan la selección del material adecuado para la construcción de un prototipo para el beneficiado de vainilla aplicando unos análisis técnicos y económicos los mismo que permitieron identificar al prototipo de metal como el más óptimo para el beneficiado.

De los tres materiales utilizados el prototipo de metal tiene menor perdida de calor con 1,11 J/s permitiendo producir 5,77% de vainillina en un lapso de nueve días siendo el más óptimo de todos los materiales estudiados.

Desde el punto de vista económico el prototipo de metal es el que menor costos de producción y de inversión presentó, con un valor de $926,839, y de 1 331,96,

respectivamente. Estos valores permitieron seleccionar al metal como el material idóneo a nivel técnico y económico para diseñar un prototipo de beneficiado de vainilla.

1. REFERENCIAS

Anderson, T. M. (2009). *Industrial Fermentation Processes Encyclopedia of Microbiology (Third Edition)*. Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00369-2

Azofeifa-Bolaños, J. B., Paniagua-Vásquez, A., & García-García, J. A. (2014). Importancia y desafios de la conservacion de vainilla spp. (Orquidaceae) en Costa Rica *Agronomía Mesoamericana*, *25*(1), 189-202. https://www.redalyc.org/journal/437/43730495019/html/

Babío-Núñez, B. (2019). *Extracción de vainillina y ácido vanílico empleando disolventes eutécticos profundos* [Trabajo fin de Master, Universidad Politecnica de Madrid]. https://oa.upm.es/65458/1/TFM_BEATRIZ_BABIO_NUNEZ.pdf

Bennamoun, L., & Belhamri, A. J. J. o. F. E. (2006). Numerical simulation of drying under variable external conditions: application to solar drying of seedless grapes. *76*(2), 179-187.

Bucio, H. A. K., López, D. R., Palacios, M. I. C., Rodríguez, I. V., Morales, B. R., Ramírez, F. P., Bâ, K. M., Hernández, F. M., & Gómez, I. H. (2013). Beneficiado semi-mecanizado de vainilla. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *22*, 38-40. http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22s1/rcta05513.pdf

Chavez, A. R. (2016). Costos internacionales para importar y exportar. *Facultad de Ciencias Contables*, *24*(45), 139-149.

Cruz-Casa, D. V. (2017). *Comportamiento térmico de las cubiertas en el clima de quito* [Tesis de maestria, Universidad Politécnica de Cataluña]. https://www.aie.upc.edu/maema/wp-content/uploads/2018/05/201617_CruzDianaValeria.pdf

Cuadros, R. D. F., & Martínez, H. A. L. (2007). Diseño y construcción de un equipo de destilación para la extracción de aceites esénciales, usando los métodos de hidrodestilacion, arrastre con vapor y destilación agua/vapor.

Elizondo, M., Ojeda, J., Gomez, A., Esparza, C., & Cabrera, A. (2015). Evaluación térmica de materiales compuestos como aislante térmico para casas habitación en el Estado de Colima a partir de bambú y tierra cruda. *SOMIM*, 670-677. https://www.researchgate.net/profile/Adolfo-Gomez-Amador/publication/282577276_Evaluacion_termica_de_materiales_compuestos_como_aislante_termico_para_casas_habitacion_en_el_Estado_de_Colima_a_partir_de_bambu_y_tierra_cruda/links/5612f56008aedee13b5c058a/Evaluacion-termica-de-materiales-compuestos-como-aislante-termico-para-casas-habitacion-en-el-Estado-de-Colima-a-partir-de-bambu-y-tierra-cruda.pdf

Espinoza Saavedra, J. L. (2011). *Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtilla (Ugni molinae Turcz.)* Universidad de Chile].

FAO. (2022). *Costos de producción* https://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm#:~:text=Los%20costos%20de%20producci%C3%B3n%20(tambi%C3%A9n,producci%C3%B3n%20indica%20el%20beneficio%20bruto.

Freire, L. (2019). *Evaluación de la influencia de la luz a diferentes longitudes de onda en el proceso de curado de la vainilla (Vanilla planifolia Andrews)* Universidad Estatal Amazónica]. Pastaza-Ecuador.

Freire Villegas, L. D. (2019). Evaluación de la influencia de la luz a diferentes longitudes de onda en el proceso de curado de la Vainilla (Vanilla planifolia Andrews).

Frigerio, E., De Paul, I., & Quintana, J. (2014). Estudio comparativo del funcionamiento de tubos de calor en cobre y vidrio. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, *14*, 177-183. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/99539/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

González Mas, M. (2017). *Infrarrojos*. https://mgmdenia.wordpress.com/2017/12/13/infrarrojos/

Grefa, J. B. A. (2022). *Prototipo de un equipo para el proceso de curado de la vainilla (Vanilla sp) con luz artificial como fuente de calor*. [[Tesis de maestría no publicada], Universidad Estatal Amazonica].

Gu, F., Chen, Y., Hong, Y., Fang, Y., & Tan, L. (2017). Comparative metabolomics in vanilla pod and vanilla bean revealing the biosynthesis of vanillin during the curing process of vanilla. *AMB Express*, *7*(1), 116-127. https://doi.org/10.1186/s13568-017-0413-2

Havkin-Frenkel, D., French, J. C., Graft, N. M., Pak, F. E., Frenkel, C., & Joel, D. M. (2004). Interrelation of curing and botany in vanilla (*Vanilla planifolia*) bean. *Acta Horticulturae*, 93-102. https://www.researchgate.net/profile/Chaim-Frenkel/publication/267834861_Interrelation_of_Curing_and_Botany_in_Vanilla_Vanilla_planifolia_Bean/links/575adcc808ae414b8e467142/Interrelation-of-Curing-and-Botany-in-Vanilla-Vanilla-planifolia-Bean.pdf

Hebbar, H. U., Vishwanathan, K. H., & Ramesh, M. N. (2004). Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *Journal of Food Engineering*, *65*(4), 557-563. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.020

Hernández-Gomez, V., Olvera-Garcia, O., Guzman-Tinajero, P., & Morrillon-Galvez, D. (2017). Secado de frutas y verduras con energía solar. *Sistemas Experimentales 4*(11), 22-23. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_Experimentales/vol4num11/Revista_de_Sistemas_Experimentales_V4_N11_3.pdf

Jaramillo, J. L., Escobedo, J. S., & Barrera, A. (2012). Competitividad de Sistemas de Beneficiado de Vainilla (Vanilla Planifolia J.) en la Región del Totonacapan, México. *Panorama Socioeconómico*, *30*(45), 80-93. https://www.redalyc.org/pdf/399/39926862002.pdf

Korthou, H., & Verpoorte, R. (2007). Vanilla. In R. G. Berger (Ed.), *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability* (pp. 203-217). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-49339-6_9

López, G., Alfonso Basterra, L., & Ramón-Cueto, G. (2014). Alcance de la termografía infrarroja en la evaluación no des-tructiva de las estructuras de madera. *REHABEND*, 841-852. https://core.ac.uk/reader/211093690

Luna-Guevara, J. J., Luna-Guevara, M. L., Amador-Espejo, G. G., Herrera-Cabrera, B. E., Arévalo-Galarza, M. L., & Ruiz-Espinosa, H. (2016). Caracterización fisicoquímica y sensorial de Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews con diferentes esquemas de beneficiado. *Agroproductividad*, *9*(1), 34-40. https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/705/574

Luna-Guevara, J. J., Luna-Guevara, M. L., Amador-Espejo, G. G., Herrera-Cabrera, B. E., Arévalo-Galarza, M. L., & Ruiz-Espinosa, H. (2016). Caracterización fisicoquímica y sensorial de *Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews con diferentes esquemas de beneficiado. *AGRO*, *9*(1), 34. http://www.investigacion.colpospuebla.mx/pdf/paginas/CONACYT/PUE_004.pdf

Macías García, M. E., Contreras Hinojosa, C., Anaya Zamora, R., García, M. E. M., Hinojosa, C. C., & Zamora, R. A. *Consumo de energía eléctrica*. https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/631169/8_t2s2_c5_pdf_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez Santin, J. P. (2020). *Aplicación del proceso de secado con energías alternativas (luz inflarroja y halógena) en materiales biológicos como orégano (origanum vulgare L) y (menta mentha piperita L)* Universidad Estatal Amazónica].

Mejia-Teran, A. L. (2011). *Efectos de la deshidratacion por radiacion infrarroja sobre algunas caracteristicas fisicoquimicas de interes comercial del aloe vera (Aloe barbadensis)* [Tesis de maestria, Universidad de la Sabana]. https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/1249/Adriana%20Luzely%20Mejia%20Ter%C3%A1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moebs, W., Ling, S. J., & Sanny, J. (2021). *Fisica universitaria* (Vol. 2). Rice University. https://assets.openstax.org/oscms-prodcms/media/documents/FisicaUniversitariaVolumen2-WEB.pdf

Norma oficial mexicana NOM-182-SCFI-2011, vainilla de papantla, extractos y derivados-especificaciones, informacion comercial y metodos de ensayo (prueba) prefacio, (2011). http://www.natlaw.com/wp-content/uploads/2014/08/nlw_061847_01_0.pdf

Pérez, A. V., & Girón, J. M. A. (2012). *Radiación infrarroja y ultravioleta tecnología y aplicaciones*. McGraw-Hill.

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant design and economics for chemical engineers*. McGraw-Hill.

Quintana, M., & Aguilar, J. (2020). Desarrollo de cultivos sostenibles de vainilla en Ecuador. *Investigación Talentos*, *7*(1), 71-79. https://doi.org/https://doi.org/10.33789/talentos.7.1.124

Rosenthal, I. (2009). *Infrared Radiation*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77106-4_4

Ruíz-Leza, H. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar, C. N. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *6*(1), 33-40. https://www.redalyc.org/pdf/620/62060105.pdf

Tuncel, N. B., Yilmaz, N., Kocabiyik, H., Oztürk, N., & Tunçel, M. (2010). The effects of infrared and hot air drying on some properties of corn (Zea mays). *Journal of Food Agriculture Environment*, *8*, 63-68.

Norma oficial mexicana NOM-182-SCFI-2011, vainilla de papantla, extractos y derivados-especificaciones, informacion comercial y metodos de ensayo (prueba) prefacio, (2011). http://www.natlaw.com/wp-content/uploads/2014/08/nlw_061847_01_0.pdf

Viveros Grajales, B. (2007). *Evaluación de la extracción de vainilla, mediante la adaptación de un dispositivo Soxhlet* Universidad de las Américas Puebla]. México.

Waliszewski, K. N., Ovando, S. L., & Pardio, V. T. (2007). Effect of hydration and enzymatic pretreatment of vanilla beans on the kinetics of vanillin extraction.

Journal of Food Engineering, *78*(4), 1267-1273. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.029

Xochipa-Morante, R. C., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B. E., Escobedo-Garrido, J. S., & Arévalo-Galarza, L. (2016). Influencia del proceso de beneficiado tradicional mexicano en los compuestos del aroma de *Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews. *Agroproductividad*, *9*(1), 55-62. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_I_2016.pdf#page=57

6. ANEXOS

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1. Vainilla: La Vainilla (*Vanilla sp*) es una orquídea trepadora tropical con tallo grande, verde y apetitoso, tiene su origen en México, en donde se utilizaba incluso antes de la llegada de los españoles. En la actualidad se cultiva en varios países tropicales, como Madagascar, Indonesia, Uganda, Tahití, Papua Guinea, India y en la Amazonia Ecuatoriana, pero a baja escala (Korthou & Verpoorte, 2007).

El sabor de la vainilla es muy versátil en la elaboración de diferentes, por ello en cualquier concentración se considera el sabor aceptable, y la mayoría de las personas lo consideran muy aceptable, lo que lo convierte en el más popular del mundo, y la segunda especia más cara comercialmente en el mercado mundial solo después del azafrán (Korthou & Verpoorte, 2007). El sabor a vainilla natural posee una gran cantidad de compuestos aromáticos, pero el principal componente es la vainillina.

El contenido de vainillina varía depende del procedimiento de beneficiado utilizado. Madagascar es la productora la vainilla que mayor calidad de vainillina posee con un contenido de 2,0–3,4%, en cambio la vainilla india contiene 1,0–2,0% de vainillina (Gu et al., 2017).

6.1.2. Norma mexicana:

Especificaciones de la Vainilla verde:

- ✓ La vainilla debe ser cosechada antes de madurar.
- ✓ Formar parte de la familia de *Vanila fragans* -Salisbury- Ames,*syn. Vanilla planifolia* Andrews, *syn. Vanilla planifolia* Jackson*;*
- ✓ Estar enteras
- ✓ No presentar señales de descomposición, presencia de plagas o enfermedades
- ✓ Exentas de olores y colores extraños (Turégano Roldán, 2011)

Especificaciones de la Vainilla beneficiada Tabla 5.

Tabla 5

Especificaciones organolépticas fisicoquímicas y microbiológicas del fruto de vainilla curada.

Parámetros	Especificación
Apariencia	Vaina Entera Sin cortes ni rajadas Libre de daño por plagas o enfermedades Exenta de pudrición Se permiten hasta 4 callos superficiales de hasta 3 mm cada uno, o área equivalente
Flexibilidad	Sin quiebre al enrollar la vaina.
Color	Negro a café oscuro, Se permiten filamentos rojizos a café oscuro.
Aroma	Característico de la vainilla de Papantla, exento de olores extraños.
Sabor	Sabores característicos de vainilla [metálico, astringente, ahumado, acre, tostado, aroma a nardo, dulce, clavo, pimienta negra, canela, uva pasa, madera, tierra húmeda, chile seco, cacao, tamarindo, ajonjolí, mohoso]. (J. J. Luna-Guevara et al., 2016)
Físicas	Mayor a 15 cm
Longitud	
Humedad	25-38 %
Químicas	
Vainillina	2,0% mínimo en base seca

Fuente: Adaptada de (Norma Oficial Mexicana, 2011)

6.1.3. Etapas del beneficiado:

El beneficiado de vainilla permite conservar además de un valor agregado para la comercialización, por lo tanto, es importante realizarlo de manera óptima, con el objetivo de otorgar el aroma y sabor característico de la vainilla. En la Tabla 6 se presenta las etapas del beneficiado, indicando las etapas generalmente más utilizadas en el tratamiento de la vainilla (Xochipa-Morante et al., 2016).

Tabla 6

Etapas del beneficiado de vainilla

Etapas	Característica
Marchitado:	Detiene la actividad fisiológica del fruto verde, además permite anular que el ápice del mismo se abra (Xochipa-Morante et al., 2016).
Sudado:	Permite retener la humedad permitiendo que las enzimas aceleren diversos procesos hidrolíticos y oxidativos (Havkin-Frenkel et al., 2004).

Secado:	La etapa de secado es el punto crítico para la preservación de la calidad del sabor, debido a que el secado prolongado puede conllevar a la pérdida de sabor y al contenido de vainillina de la vaina (Havkin-Frenkel et al., 2004).
Acondicionamiento:	Se realiza una selección de las vainas según su calidad y longitud. Las características sensoriales de sabor y aroma se hacen más perceptibles y puede mantenerse por tres o cuatro meses al finalizar este procedimiento (Murillo G, 2014a).
Empacado:	Se clasifican según su tamaño y aspecto, y poder envolverlas en papel encerado y empacarlas en bolsas de plástico, también es común empacarse en bolsas de nylon grueso o al vacío para comercializar (Xochipa-Morante et al., 2016).

Fuente: Elaboración propia

6.1.4. Fuentes alternativas de energía lumínica y calorífica.

Este tipo de luz artificial presenta características dóciles que se pueden manipular a voluntad del operario en un determinado tiempo de duración e intensidad, esto nos proporciona calor al ambiente alrededor de la lámpara (García, 2015). En la Figura 11 se observa el espectro de luz ultravioleta visible e infrarroja.

Figura 11

Espectro de la luz UV, visible e infrarroja



Fuente: Adaptada de (González Mas, 2017)

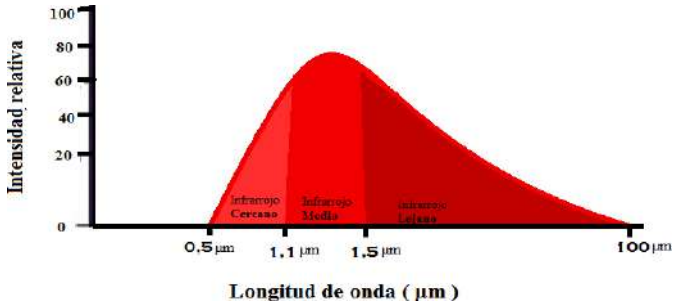
6.1.5. Luz infrarroja

A medida que la radiación infrarroja entra en contacto ampliamente en parte del espectro electromagnético entre las regiones visibles y de microondas, se extiende aproximadamente en el rango de longitud de onda de 500 a 100000 nm, se puede apreciar en la Figura 12 (Rosenthal, 2009). “Donde la radiación infrarroja emite cualquier cuerpo que tenga una temperatura mayor que 0° K, es decir, −273,15° C (cero absoluto) (Pérez & Girón, 2012).

Se presenta tres regiones de radiación que son, near (NIR), mid (MIR) y far (FIR) (Pérez & Girón, 2012): Radiación RI onda corta (near): 0,75 a 1,4 µm, Radiación RI onda media (mid): 1,4 a 3 µm y Radiación RI onda larga (far): 3 a 1000 µm

Figura 12

Espectro y longitud de onda de la radiación Infrarroja, cercana, media y lejana.

Fuente: Girón, 

Adaptada de (Pérez & 2012)

Al presentar un incremento de energía que se expone a una fuente de calor que es suministrado a la temperatura de la superficie y a la emisividad del material, donde lo detalla la ley de Stefan Boltzmann mencionando que cuando más alto es la temperatura, mayor será la radiación emitida presentando una gran eficiencia (Espinoza 2013).

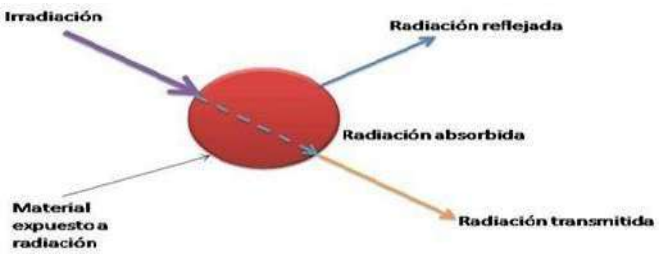
La ecuación de la Ley de Stefan Boltzmann:

$$\boldsymbol{\rho + a + r = 1}$$

En donde: ρ = reflexión, α = absorción, τ = transmisión Figura 13

Figura 13

Representación gráfica de la extinción de la radiación (absorción, transmisión y reflexión).

Fuente: Adaptada de (Espinoza Saavedra, 2011) 

Si tenemos un cuerpo opaco no nos permitirá el ingreso de la radiación siendo una trasmisión igual a cero. En comparación de un cuerpo negro que es el mejor campo para atraer la energía sin haber sido transmitida o reflejada teniendo una valoración igual a 1. Si esta radiación se ve expuesta en los alimentos puede presentar cambios moleculares y vibraciones. El agua es un absorbente de la energía infrarroja de forma rotatoria, en la cual se produce la evaporación del agua (Bennamoun & Belhamri, 2006)

6.1.7. Uso de la luz infrarroja en la industria alimenticia.

En la industria alimentaria el uso de la luz infrarroja representa un nuevo proceso en la producción de productos deshidratados siendo está de baja y alta calidad. Esta es una tecnología que presenta varias ventajas siendo una de estas la disminución de tiempo de secado. Las temperaturas son homogéneas en el producto mientras se secan, teniendo un control del proceso donde se presentan productos terminados de mejor calidad, aumentando la eficiencia de la energía, teniendo un menor impacto ambiental y ahorro de espacio (Freire Villegas, 2019).

En la aplicación de la radiación infrarroja para el secado presenta un producto final de alta calidad, manteniendo los parámetros como textura, color y composición química en los alimentos, los cuales no sufren alteraciones significativas (Tuncel et al., 2010).

Se pueden hacer comparación con el secado convencional y aplicación el secado artificial de infrarrojo, teniendo mayores tasas de transferencia de materia donde se compara los tiempos de secado, en la cuales existe una disminución de forma eficaz hasta en un 50% de secado y el consumo de energía es menor (63%) (Hebbar et al., 2004).

6.1.8. Área de transferencia de calor para la fermentación

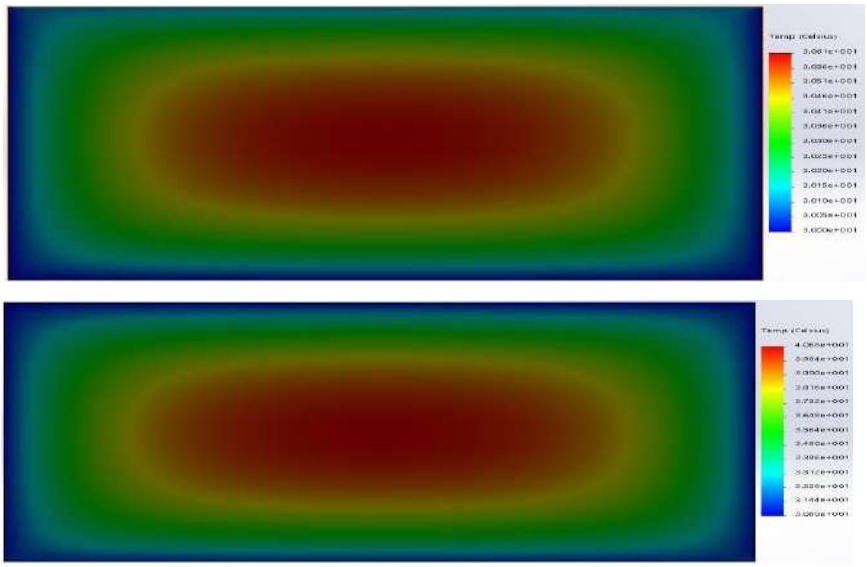
Según Martínez Santin (2020), en la Figura 14 (A), se utiliza un foco infrarrojo de 250W a una altura de 120cm, donde se identifica que le punto central tiene 30,6ºC, mientras que la parte externa de color posee una temperatura de 30ºC. En la Figura 14 (B), el foco infrarrojo se encontraba a una altura de 50cm provocando una temperatura de 40,6ºC en el centro con una tonalidad roja, mientras que el color azul posee una temperatura de 32,2ºC a 30,6ºC considerada zona fría (Martínez Santin, 2020).

Figura 14

Influencia de la temperatura del foco infrarrojo con el espacio.

(A)

(B)



Fuente: Adaptada de (Martínez Santin, 2020)

Gradientes de temperaturas con la fuente de energía infrarroja a las dos temperaturas de trabajo. (A) Luz infrarroja 30ºC, (B) luz infrarroja 40ºC. Fuente: (Martínez Santin, 2020). En cada gradiente la medición es diferente de acuerdo a la temperatura de acuerdo con la altura del foco, para calcular los ángulos que se formaban en los cuatro anillos de colores representados en la Figura 13, posteriormente realizar cálculos a la distancia requerida para mantener las condiciones de temperaturas que son de 30 a 40ºC (Martínez Santin, 2020).

6.2. ANALISIS TECNICO

6.2.1. Diseño detallado

La fermentación en un medio sólido es un arte ancestral que se caracteriza por el crecimiento de microorganismos en un sustrato no soluble y sin una fase libre el cual fluctúa entre 30 a 80% de humedad (Ruíz-Leza et al., 2007). Por lo tanto, para selección de un biorreactor se debe considerar la transferencia de masa, la mezcla, la sensibilidad, viscosidad del ambiente, la disponibilidad del oxígeno, la esterilización y los costos de construcción y operación (Anderson, 2009).

Los biorreactores tienen que tener seguridad que garanticen la homogeneidad entre su constitución y las condiciones que proporciona para el crecimiento microbiano, se debe tener en cuenta que el material puede presentar problemas de transferencia de calor y oxigeno hacia el entorno y el sustrato por lo que se debe tener estrategias para su control (Ruíz-Leza et al., 2007).

Para diseñar un biorreactor debemos tener en cuenta los siguientes criterios (Ruíz-Leza et al., 2007).

1. Los tanques deben asegurar una asepsia para evitar contaminantes.
2. Debe permitir aireación y agitación
3. Mínimo consumo de energía
4. Permitir el añadido de nutrientes y el control de pH.
5. Facilidad de transferencia de calor entre el medio y las células.
6. Debe permitir un cultivo puro durante todo el proceso.

Los biorreactores utilizados en la industria deben poseer mecanismos de agitación, dispersión y aireación además de permitir controlar la temperatura y el pH. Los biorreactores deben ser optimizados para tener la máxima producción posible a partir de la fermentación (Ruíz-Leza et al., 2007).

6.2.2. Selección de materiales

Según Cuadros and Martínez (2007), Los equipos deben ser eficiente siendo estos fácil de manipular facilitando el mantenimiento y limpieza adecuada donde se puede iniciar nuevos procedimientos en un menor tiempo. Ciertos criterios se deben tener en cuenta como la ubicación de los equipos en las áreas con las demás personas que están en sus alrededores realizando distintas actividades, lo que implica reducir al máximo la transferencia de calor al ambiente emitido por los equipos, considerando evitar de esta forma deteriorar la incomodidad de las personas que operan en estas áreas o en a sus alrededores(Cuadros & Martínez, 2007).

Como un punto que tenemos como aspecto importante es la eficiencia energética la cual es participe de cualquier proceso sean estos a nivel artesanal o industrial, lo cual es importante que esta sea viable económicamente ya que se controla el consumo de energía por sus principales variables, donde las pérdidas de energía serán reducidas al máximo y recuperar el calor siempre que el proceso lo permita. Se debe evitar las pérdidas del mismo a través de las tuberías, por esta razón se hace imperativo un adecuado aislamiento térmico del equipo en general (Cuadros & Martínez, 2007).

Para seleccionar los materiales de construcción de prototipos es fundamental que estos tengan un correcto funcionamiento, donde se pueda determinar los costos finales del equipo. Se requiere que el diseño sea viable porque tenemos que la vainilla se podria contaminar fácilmente con productos corrosivos presentando cambios de color,

polimerización o degradación química, esto hace que disminuya su calidad y por lo consecuente su valor en el mercado disminuye considerablemente. Tenemos que la vainilla contiene sustancias que corroen los materiales, aunque generalmente no presenta daños en algunos casos, para ello utilizan en la contrición de cuerpos del alambique de acero al carbono común o láminas de galvanizas que son económicas, básicamente se relacionan la calidad el costo donde determinamos al seleccionar un material (Cuadros & Martínez, 2007).

6.3. ANALISIS ECONOMICO.

Antes de empezar a construir o poner a funcionar una planta industrial se tiene que contar con una gran suma de dinero en donde se suministrara en las compras e instalaciones de las maquinarias y los equipos, adecuaciones de tuberías, controles y servicios. Se debe tener dinero para los gastos que se presenten o que involucren en las operaciones de la planta los cuales son denominados capital de trabajo y los que son suministrados para la fabricación de la planta, estos costos son considerados como una inversión de capital fijo. La suma del capital fijo la inversión y capital de trabajo se considera como la inversión del capital total (Peters & Timmerhaus, 1991).

6.3.1. Inversión de Capital Fijo

El capital fijo manufacturero es una inversión que representa el capital necesario para la instalación de los equipos con todos los procesos auxiliares que se necesitan para completar las operaciones de los procesos. En las cuales se presentan algunos ejemplos de los gastos que se presentan en la construcción como son: de conducciones, instrumentos, aislamientos, cimentaciones, y la preparación del sitio de construcciones que son los componentes de la planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

Los que no están directamente relacionados con los procesos de operaciones son considerados como capital no manufacturero los que se incluyen son el terreno, edificios de procesamiento, oficinas administrativas se presentas otros como, laboratorios, almacenes, envío y recepción, instalaciones de transporte, servicios públicos y eliminación de desechos instalaciones. Y tenemos los gastos generales, gastos de ingeniería, en ciertos casos, los gastos generales de construcción se proporcionan entre la inversión de capital fijo manufacturero y no manufacturero (Peters & Timmerhaus, 1991).

6.3.2. Estimación de la inversión de capital

El estudio de la estimación de inversión del capital tiende a evitar a cometer errores por malas estimaciones de inversión, esto contribuye significativamente te a encontrar

factores de riesgos y omitir procesos en los equipos y servicios o instalaciones auxiliares en lugar de presentar graves cálculos de los costos. Este elemento ayuda a evaluar y cubrir elementos con nuevas instalaciones para hacer una estimación del capital fijo (Peters & Timmerhaus, 1991).

6.3.3. Método d factores "lang" para la aproximación de la inversión de capital.

Este método presenta una técnica, propuesta originalmente por Lang-/' que es utilizada frecuentemente en la obtención en las estimaciones de los cotos por el orden de magnitud, que se reconoce en la planta, estos procesos se pueden obtener multiplicando los contos del equipo por varios factores que se aproximan a la inversión del capital. Según el tipo de planta estos factores podrían variar considerablemente por cada proceso, los factores que se pueden usar en la estimación de los costos directos totales de una planta es el capital fijo inversión, o la inversión de capital total, Factores para estimar el capital fijo inversión o la inversión de capital total (Peters & Timmerhaus, 1991).

6.3.4. Estimación del coste total de la producción

La estructura del costo de producción implementado en el método de Peters and Timmerhauss (1991), indica que todos los gastos se relacionan con todos los procesos operativos. Estos costos de fabricación son conocidos como costos operativos o costos de producción, a los que se adicionan los costos de fabricación depende de la interpretación de los costos directos o indirectos. En los costos de producción se incluyen los gastos de la obtención materia prima, mano de obra en general, los suministros y los materiales que no interviene directamente son los solventes y los catalizadores se son considerados en otras categorías (Peters & Timmerhaus, 1991).

ANEXO 2

6.4. CONTENIDO DE VAINILLINA

La vainillina es el componente principal de las vainas de vainilla. A causa de sus escases y los altos precios que conlleva producirlo es sustituido en la industria por vainilla sintética como saborizante de un producto(Babío-Núñez, 2019). Por lo tanto, los diferentes procesos aplicados utilizando diferentes materiales para el beneficiado ofrece distintos porcentajes en el contenido de vainillina en la Tabla 7 se especifica los valores utilizados para la representación en el grafico 8 de la investigación realizada.

Tabla 7

Contenido de vainillina

Material de estudios	Vainas	Absorbancia a 350 nm	Concentración vainillina C1 [mg/L]	Concentración vainillina C2 [mg/L]	Concentración vainillina C3 [mg/L]	Percentage
	V1	0,371	34,18	170,93	683,73	1,97
Madera	V2	0,751	78,02	390,1	1560,32	5,66
	V3	0,492	48,14	240,71	962,86	3,24
	V4	0,816	85,51	427,56	1710,26	5,77
Metal	V5	0,751	73,86	369,31	1477,27	4,35
	V6	0,271	22,65	113,26	453,05	1,05
	V7	0,515	50,79	253,97	1015,91	1,97
Vidrio	V8	0,894	94,5	472,54	1890,19	4,45
	V9	0,182	12,38	61,93	247,75	0,89

Fuente: Elaborado por (Grefa, 2022)

ANEXO 3

6.5. PERDIDAS DE CALOR POR RADIACIÓN

En la Tabla 8 se presentan los valores de las pérdidas de calor de los materiales utilizados para la construcción de cada prototipo y cuya representación está en la figura 9. Se identificó que la forma de transferencia de calor de los materiales es en forma de radiación debido a que el calor se transmitía desde el foco hacia los prototipos por medio de ondas electromagnéticas (Moebs et al., 2021). Las cuales mismas que emitas al exterior debido a capacidad de emisividad que posee cada material estudiado por lo cual se puede observar que existe una diferencia entre los materiales estudiados y que están representados en la Tabla 9.

Tabla 8

Perdidas de calor por radiación de cada material obtenidas cada 24 horas hasta alcanzar el 30% de humedad.

	horas													
	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336
Madera (°C)	3,74	3,08	3,37	3,76	4,08	3,66	4,65	5,21	3,92	3,87	3,50	3,16	2,80	3,03
Metal (°C)	2,70	0,34	0,37	0,40	0,42	0,54	0,40	0,47	0,44					
Vidrio (°C)	1,69	2,24	2,11	1,99	1,79	2,83	2,65	3,78	3,09	3,41	3,54	3,46	3,38	3,27

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4

6.6. COSTOS DE INVERSIÓN Y PRODUCCIÓN ESTIMADOS.

En la Tabla 9 se plantea todos los valores que implican el cálculo de los costos de inversión utilizando el método propuesto originalmente por Lang-/' y el cual utilizado frecuentemente para obtener estimaciones del costo de inversión de capital (Peters & Timmerhaus, 1991). Los valores principales están expresados resumidamente en la tabla 3.

Tabla 9

Costos de producción de la tecnología para el beneficiado de la vainilla por prototipo.

Equipamiento	Cant.	Precio ($)	Cant.	Precio ($)	Cant.	Precio ($)
Compresor	1	60,00	1	60,00	1	60,00
Fuente de iluminación	1	12,00	1	12,00	1	12,00
Prototipo de fermentador-secador	1	172,17	1	168,73	1	189,00
Costo adquisición		244,17		240,73		261,00
Costos directos						
Equipo comprado, E'		244,17		240,73		261,00
Entrega, fracción de E'		24,42		24,07		26,10
Subtotal: equipo entregado		268,59		264,80		287,10
instalación de equipos comprados		104,75		103,27		111,97
Instrumentación y controles (instalados)		69,83		68,85		74,65
Tubería (instalada)		83,26		82,09		89,00
Sistemas eléctricos (instalados)		26,86		26,48		28,71
Edificios (incluidos los servicios)		77,89		76,79		83,26
Mejoras en el jardín		32,23		31,78		34,45
Instalaciones de servicio (instaladas)		147,72		145,64		157,91
Costos directos totales		811,13		799,71		867,04
Costos indirectos						
Ingeniería y supervisión		85,95		84,74		84,74
Gastos de construcción		91,32		90,03		90,03
Gastos legales		10,74		10,59		10,59
Tarifa del contratista		51,03		50,31		50,31
Contingencia		99,38		97,98		97,98
Costos indirectos totales		338,42		333,65		333,65
Inversión de capital fijo (FCI)		1 149,55		1 133,36		1 133,36
Capital de trabajo (WC)		201,44		198,60		198,60

Inversión de capital total (TCI)	1 350,99	1 331,96	1 331,96

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 se plantea los costos de producción o costos de operación, estos son los gastos necesarios para el funcionamiento adecuado de un proyecto, su línea de producción a partir de todos los equipos que lo conforman, en el costo de producción se indica el beneficio bruto (FAO).

Tabla 10

Costos de producción o costos de operación

DETALLE	MADERA Valor ($)	METAL Valor ($)	METAL Valor ($)
Materias primas	541,30	541,30	541,30
Mano de obra operativa	197,33	127,50	197,33
Supervisión operativa	0,13	0,13	0,13
Facilidades auxiliares	8,93	5,74	9,03
Mantenimiento y reparaciones	70,85	69,85	75,73
Suministros operativos	10,627	10,478	11,360
Cargos de laboratorio	0,13	0,13	0,13
Cargos de laboratorio	8,064	8,001	8,198
Catalizadores y disolventes	0,000	0,000	0,000
Coste variable =	**640,914**	**636,515**	**646,769**
Impuestos (propiedad)	23,616	23,284	25,244
Financiamiento (interés)	0,000	0,000	0,000
Seguro	11,808	11,642	12,622
Renta	0,000	0,000	0,000
Cargos fijos =	**35,425**	**34,926**	**37,866**
Gastos generales de planta, general	43,120	42,521	46,050
Gastos generales de la planta =	43,120	42,521	46,050
Costo de manufactura =	**719,459**	**713,962**	**730,685**
Administración	14,373	14,174	15,350
Distribución y venta	40,320	40,007	40,991
Investigación y desarrollo	32,256	32,006	32,793
Gasto general	86,950	86,187	89,134

Costo total del producto sin depreciación	**1 002,929**	**926,839**	**1 016,339**

Fuente: Elaboración propia