



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“Validación de un prototipo de secador solar indirecto para el deshidratado de papaya Hawaiana (Variedad Solo Sunrise) en la ciudad de Estelí”.

AUTORES

- Br. Josseling Azucena Sobalvarro Aguirre.
Br. Azdiel Antonio Duarte Rodríguez.
Br. Neysis Ivania Gómez Chavarría.

TUTOR

M. Sc. Karla Elisabeth Dávila.

Managua 29 agosto 2017

Dedicatoria.

Neysis Ivania Gómez Chavaría:

Dedico este trabajo primeramente a Dios, ya que es el quien me ha regalado gracia y sabiduría para desempeñarme de manera exitosa a lo largo de todos estos años, así como también fuerza y coraje para vencer todas las dificultades que se me presentaron cada día.

A mis padres Marvin Antonio Gómez y Reyna Ivania Chavaría, quienes a pesar de las circunstancias difíciles, siempre me han apoyado incondicionalmente en cada una de las metas que me propongo.

Y por último pero no menos importante a mi abuelita Maximina Gutiérrez Garmendia, mi segunda madre, quien me regala cada día sus cuidados, consejos y oraciones.

Josseling Azucena Sobalvarro Aguirre:

A Dios, quien me dio la fortaleza necesaria para seguir adelante pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de mi vida, y por darme salud y esperanza para terminar este trabajo.

A mi padre, porque a pesar de la distancia física siempre me ha brindado su amor, confianza y apoyo incondicional para culminar mi carrera.

A mi madre, por su paciencia, por su esfuerzo, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza y su amor.

A mi mita, una segunda madre que siempre ha estado para guiarme, cuidarme y aconsejarme.

A mis hermanos, que siempre han estado junto a mí, y me han brindado su apoyo.

A todas las personas que han creído en mí.

Agradecimientos.

Neysis Ivania Gómez Chavarría:

A Dios que me permitió la oportunidad de tener una profesión, por poner en mi vida personas especiales que me apoyaron a lo largo de toda mi carrera, y por ser mi dirección y mi guía en los momentos más difíciles.

Familiares que brindaron sus recursos, cariño, consejos y oraciones.

Amigos que me aprecian mucho, quienes siempre estuvieron dispuestos a apoyarme cuando más los necesite.

Azdiel Antonio Duarte Rodríguez:

A mis padres, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de toda mi vida. Por los valores que me han inculcado, por darme la oportunidad de tener una formación profesional, por ser un ejemplo de lucha, trabajo y sacrificio. Y por ser parte de manera incondicional en cada momento mi vida.

A mis hermanos por apoyarme siempre y ser modelos de desarrollo personal y laboral.

También agradezco a todos los profesores con los que tuve el privilegio de recibir clases a lo largo de toda la carrera, por su dedicación y la disposición de transmitir sus conocimientos.

Josseling Azucena Sobalvarro Aguirre:

A Dios, todo poderoso que me ha conservado con vida, salud, que me dio inteligencia y me ha guiado y cuidado hasta hoy.

A mi padre, por su apoyo en mi carrera, en mis logros y que aun estando lejos siempre lo llevo en mi mente y corazón, y que sin él nada de esto sería posible.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus consejos.

A mis hermanos, que me han ayudado y apoyado en los retos que se me han presentado en mi vida.

A mi mita, el pilar fundamental de mi familia y quien siempre me ha guiado, cuidado y aconsejado

Agradezco a mis a mis maestros por sus enseñanzas durante el transcurso de la carrera, especialmente a mi tutora por todo el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

Gracias a todas las personas que me han ayudado directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Conjuntamente:

Agradecemos a nuestra tutora MSc. Karla Elisabeth Dávila, por ser nuestro principal apoyo y brindarnos todo sus conocimientos y consejos, durante el desarrollo de este trabajo.

A nuestro maestro, Lic. Víctor Parrales, **Q.P.E.D**, un ejemplo de fuerza, inteligencia y perseverancia, quien siempre se desempeñó de manera exitosa en todas las asignaturas que nos impartió a lo largo de toda la carrera y quien nos apoyó durante este proyecto de investigación.

Al M. Sc. Claudio Pichardo, docente de la Universidad Nacional Agraria (UNA), MSc. Luís María Dicoyskiy sub director de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUACS) y M. Sc. Susan Kine directora del Grupo Fénix (centro de mujeres solares Tegalpa- Nicaragua), por toda la orientación y apoyo técnico brindado para la ejecución de este estudio.

Al PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo) por brindarnos gran parte de la colaboración financiera para realizar esta investigación.

“Validación de un prototipo de secador solar indirecto para el deshidratado de papaya Hawaiana (Variedad Solo Sunrise) en la ciudad de Estelí”.

RESUMEN DEL TEMA

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de validar un prototipo de secador solar indirecto, para la elaboración de papaya deshidratada (variedad solo sunrise), para ello se realizó inicialmente la caracterización de la materia prima, en la cual se hizo una evaluación de las características físico químicas de la materia prima, donde los promedios obtenidos fueron: °Brix (8.78), pH (6.57), % humedad (90.62) y resistencia (5.72 kg/cm²). Así mismo, la madurez ideal fue de (80% maduro-20% verde). Posteriormente se procedió con la aplicación de una serie de tratamientos hasta obtener el proceso productivo que permitiera la obtención de un producto final con características organolépticas aceptables, dichos tratamientos fueron: definición de corte (Juliana, cubos y rodajas) y grosor (8, 11 y 13 mm), sumersión de la fruta en jarabe de azúcar con concentraciones de 25, 50 y 75 °Brix, sumersión de la fruta en concentraciones de limón de 125 ml en 1 litro de agua y 250 ml en un litro de agua, sumersión de la fruta en solución de ácido ascórbico al 0.2, 0.3 y 0.4%. En donde se obtuvo como resultado que las mejores características organolépticas para el deshidratado industrial, las tuvieron las muestras de papaya con corte juliana, en grosor de 11 mm, la cuales fueron sumergidas en una solución de ácido ascórbico al 0.3%.

En relación a los parámetros de diseño, se obtuvo que éste sería un prototipo de secador solar indirecto, el cual fue construido con metal, vidrio (5mm) y fibra de vidrio, el promedio de capacidad de materia prima que puede ingresar al inicio de cada proceso es de 2.134 kg. Es notorio destacar que en la etapa inicial de evaluación no se obtuvieron los resultados esperados en cuanto a las características organolépticas obtenidas en el producto y las temperaturas alcanzadas, por lo tanto se realizaron una serie de modificaciones las cuales consistieron en la incorporación de canaletas al colector solar, la reubicación de la chimenea y el cambio de compuertas y bandejas, obteniéndose posteriormente un incremento de la temperatura de 6 °C (42°C a 48°C) y la reducción del tiempo de secado de 7 a 3 días, cabe señalar que el grosor de papaya con el que se obtuvieron mejores resultados fue el corte juliana con grosor de 8 mm.

Por otra parte, para realizar las curvas de secado se desarrollaron dos experimentos; el primero consistió en colocar 10 muestras en la tecnología solar e industrial, con el fin de obtener los tiempos de operación los cuales fueron de 26 a 30 horas en la tecnología solar y de 4 a 5 horas en la tecnología industrial, de igual forma se conoció la velocidad de secado la cual fue de 5.02%/horas en el secado solar y 15.35%/hora para el secado industrial. Luego, para el segundo experimento se desarrolló el proceso productivo a capacidad máxima en el secador solar, obteniéndose un tiempo de secado de 51 a 52 horas y la temperatura máxima alcanzada de 53°C.

Posteriormente, se procedió a la evaluación de las características organolépticas del producto final obtenido en ambas tecnologías, para ello, se utilizó un panel evaluador compuesto por 10 personas, donde al comparar ambas muestras (obtenidas mediante secado solar e industrial), se conoció que la muestra proveniente de secador solar obtuvo mejor aceptación, en relación a la apariencia (10/10) y textura (7/10), por otra parte, en cuanto al sabor y preferencia ambas muestras obtuvieron valores iguales (5/10).

Por el último, se calcularon y compararon los costos de producción a escala de laboratorio para el secado solar e industrial, obteniéndose que el costo por gramo de producto final fue de C\$ 2.63 para la tecnología solar y de C\$ 1.99 para la tecnología industrial. Así mismo, el costo de adquisición para el secador solar fue de, C\$ 17,850.00 y C\$ 76,843.9 para la tecnología industrial.

PALABRAS CLAVES

Reacción de Maillard; secador solar; secador industrial; tratamientos; temperatura; humedad relativa; características organolépticas.

ÍNDICE GENERAL

Índice de contenido	página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
II.I Objetivo General.	3
II.II Objetivos Específicos.	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEÓRICO	6
IV.I Generalidades y caracterización de la fruta.	6
IV.I.I Definición.	6
IV.I.II Variedades.	7
IV.I.III Composición Química.	7
IV.I.IV Características Físico Químicas.	8
IV.II Definición del proceso productivo.	10
IV.II.I Deshidratación de los alimentos.	10
IV.II.II Frutas deshidratadas.	10
IV.II.III Proceso productivo frutas deshidratadas.	11
IV.III Requerimientos técnicos para el diseño de secadores solares.	16
IV.III.I Parámetros de diseño.	16
IV.III.II Métodos de secado de los alimentos.	16
IV.III.III Secado solar.	17
IV.III.IV Ventajas y desventajas de los deshidratadores solares.	17
IV.III.V Tipos de secadores.	18
IV.III.VI Parámetros de control en el proceso de secado solar.	20
IV.IV Curvas de Secado.	20

IV.V Análisis de calidad de un producto.	22
IV.V.I Análisis Sensoriales.	22
IV.VI Vida Útil en Anaquel.	22
IV.VII Elementos Fundamentales del costo.....	23
IV.VII.I Costo de producción.	23
IV.VII.II Depreciación.	24
IV.VII.III Costos de oportunidad.	25
V. HIPOTESIS	26
V.I Variables.....	26
VI. METODOLOGÍA	28
VI.I Tipo de investigación.	28
VI.I.I Variables del diseño.	29
VI.I.II Procedimiento para validar la hipótesis.	29
VI.I.III Fundamento utilizado para seleccionar la muestra y tamaño de la muestra.	31
VI.I.IV Modelo estadístico para evaluar la velocidad de secado/hora.	33
VI.II Ubicación del estudio.....	33
VI.III Métodos generales y particulares a emplear.	34
VI.IV Descripción de los objetivos.	35
VI.V Actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos.	36
VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	57
VII.I Caracterización de la materia prima.	57
VII.I.I Resistencia, grados °Brix, pH y porcentaje de humedad de la fruta... ..	58
VII.I.II Evaluación del corte.	60
VII.I.III Evaluación del grosor.	62

VII.I.IV Evaluación de los tratamientos aplicados.	64
VII.II Requerimientos técnicos de diseño del prototipo de secador solar indirecto.	73
VII.II.I Búsqueda y recopilación de información	73
VII.II.II Evaluación de alternativas de diseño para la construcción del prototipo de secador solar	80
VII.II.III Descripción de la tecnología.....	82
VII.II.IV Construcción y ubicación de prototipo de secador solar.	84
VII.II.V Evaluación del funcionamiento del prototipo de secador solar.....	86
VII.II.VI Mejoras aplicadas al prototipo de secador solar indirecto.....	91
VII.II.VII Evaluación del funcionamiento del secador solar con las mejoras aplicadas.....	93
VII.III Elaborar curvas de secado con datos experimentales, para obtener los tiempos óptimos de operación.	102
VII.III.I Análisis y comparación de curvas de secado y características organolépticas en la tecnología solar e industrial.	102
VII.III.II Análisis de temperatura y tiempo de secado en la tecnología solar a máxima capacidad.....	115
VII.III.III Evaluación de la vida útil de las muestras.	123
VII.IV Características organolépticas del producto final.	130
VII.V Comparación de costos de producción del secador solar con el industrial.	136
VII.V.I Costos de producción a escala de laboratorio para el secador solar.	136
VII.V.II Costos de producción a escala de laboratorio para el secador industrial.....	137
VII.V.III Inversión inicial.....	139

VII.V.IV Costo de las operaciones de mantenimiento.....	139
VII.V.V Depreciación.....	141
VII.V.VI Comparación de resultados obtenidos.....	142
VII.V.VII Costos de oportunidad.....	143
VIII. CONCLUSIONES.....	144
IX. RECOMENDACIONES.....	147
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	149
XII. ANEXOS.....	156

Índice de ilustraciones	página
Ilustración 1: Papaya variedad "Solo Sunrise"	6
Ilustración 2: Diagrama curva de secado.	21
Ilustración 3: Prueba de Grados Brix.....	37
Ilustración 4: Prueba de pH	37
Ilustración 5: Prueba de humedad inicial.....	38
Ilustración 6: Prueba de resistencia.....	39
Ilustración 7: Jarabes de 75, 50 y 75° Brix	41
Ilustración 8: Sumersión de frutas en jarabes.....	42
Ilustración 9: Solución 250 ml de limón + 1 lt agua.	43
Ilustración 10: Muestras secado solar e industrial.	48
Ilustración 11: Proceso a capacidad máxima.	49
Ilustración 12: Prueba de humedad.....	49
Ilustración 13: Muestras para evaluación.	50
Ilustración 14: Panel en encuesta.....	52
Ilustración 15: Muestras testigo.	53
Ilustración 16: Madurez optima de la Papaya.....	57
Ilustración 17: Muestras pegadas en las bandejas.....	57
Ilustración 18: Muestras con reacción de maillard.....	58
Ilustración 19: Corte rodajas.....	60
Ilustración 20: Corte cubos.	61
Ilustración 21: Cortes juliana.	61
Ilustración 22: Grosos corte juliana	62
Ilustración 23: Muestra con grosor de 8 mm.	62
Ilustración 24: Papaya sin ninguna sumersión.	64
Ilustración 25: Papaya en 125 ml limón.....	65
Ilustración 26: Papaya solución de limón 250 ml.....	65
Ilustración 27: Jarabe de azúcar 25°Brix	66
Ilustración 28: Jarabe de azúcar 50 °Brix.....	66
Ilustración 29: Jarabe de azúcar 75 ° Brix	67
Ilustración 30: Papaya en 2 Gr de AA	68

Ilustración 31: Papaya en 3 gr de AA	68
Ilustración 32: Papaya en 4 gr de AA	69
Ilustración 33: Secador solar tipo domo.	73
Ilustración 34: Secador solar Totogalpa.	75
Ilustración 35: Secador solar ASDENIC	77
Ilustración 36: Prototipo de secador solar.	82
Ilustración 37: Prototipo de secador solar indirecto.	83
Ilustración 38: Bandeja de metal	84
Ilustración 39: Lugares evaluados para la ubicación del secador solar	85
Ilustración 40: Termómetro.....	87
Ilustración 41: Comparación muestras secador solar vs secado industrial.	89
Ilustración 42: Bandeja de malla 8x8 mm.....	91
Ilustración 43: Uso de las compuertas.....	91
Ilustración 44: Diseño de canaletas.....	92
Ilustración 45: Medidor de % HR y termómetro	92
Ilustración 46: Grosor 8 mm-S. Solar.	94
Ilustración 47: Grosor 11 mm-S. Solar.	94
Ilustración 48: Comparación características organolépticas.....	103
Ilustración 49: Temperatura máxima alcanzada.	105
Ilustración 50: Valor máximo de °T (P. Capacidad)	116
Ilustración 51: Balance de materia etapas pelado y corte.	117
Ilustración 52: Balance etapa de secado.....	119
Ilustración 53: Muestra repetición #2.....	121
Ilustración 54: Muestras con moho por la humedad.	123
Ilustración 55: Panelista en evaluación sensorial	123
Ilustración 56: Muestras deterioradas por moho.....	124
Ilustración 57: Muestras secado solar, después de 3 meses de proceso.....	129

Índice de tablas	página
Tabla 1: Composición química de la papaya.....	8
Tabla 2: Pasos para determinar la vida de anaquel de un producto.....	23
Tabla 3: Experimentos aplicados para validar la variable de hipótesis: Deshidratación de Papaya hawaiana (variedad solo sunrise)	30
Tabla 4: Codificación tratamiento evaluación de cortes	40
Tabla 5: Codificación tratamiento evaluación de cortes	40
Tabla 6: Codificación de concentraciones para jarabes de azúcar.....	42
Tabla 7: Codificación de concentraciones para soluciones de limón.....	43
Tabla 8: Codificación de concentraciones para solución de AA	44
Tabla 9: Codificación de tratamiento para papaya sin ninguna sumersión.....	45
Tabla 10: Codificación de muestras a encuestar.....	53
Tabla 11: Evaluación de la vida útil de los materiales de construcción	81
Tabla 12: Evaluación de la calidad e inocuidad de los materiales.....	82
Tabla 13: Comparación de resultados entre el secador solar con el secador industrial.....	88
Tabla 14: Características del aire y la papaya.....	96
Tabla 15: Comparación características organolépticas secador solar con secado industrial.....	102
Tabla 16: % Secado/hora (S. Solar).....	111
Tabla 17: Prueba T para muestras Independientes.....	113
Tabla 18: Media resumen-Datos tecnología solar e industrial.....	114
Tabla 19: Resultados características organolépticas pruebas de capacidad. ...	119
Tabla 20: Registro del consumo energético - Secado industrial.....	138
Tabla 21: Depreciación secador solar.	141
Tabla 22: Depreciación secador industrial.....	141

Índice de gráficos	página
Grafica 1: °T mínimas y máximas en colector y cámara de secado.	105
Grafica 2: Comportamiento de las temperaturas según las horas del día.	106
Grafica 3: Valores mínimos y máximos de humedad relativa	106
Grafica 4: Comportamiento de la humedad relativa en la cámara de secado. .	107
Grafica 5: %h del producto-Tiempo S. Solar.	109
Grafica 6:%h del producto-Tiempo S. Industrial.	109
Grafica 7: %h-°T en S. Solar.....	110
Grafica 8: %h-°T en S. Industrial.	110
Grafica 9:%h-Velocidad de secado (S. Solar)	112
Grafica 10:%h-Velocidad de secado (S. Industrial)	112
Grafica 11: Intervalos de confianza tecnología solar e industrial.....	115
Grafica 12: °T máxima alcanzada en el colector y cámara de secado.	116
Grafica 13: Prueba de control "Semana 1"	125
Grafica 14: Prueba de seguimiento "Semana 2"	126
Grafica 15: Prueba de seguimiento "Semana 3"	127
Grafica 16: Sexo de los encuestados	130
Grafica 17: Edad de los encuestados.....	130
Grafica 18: Consumo de la fruta.	131
Grafica 19: Frecuencia de consumo.....	131
Grafica 20: Conocimiento de frutas deshidratadas.....	131
Grafica 21: Disposición de consumo.	132
Grafica 22: Características determinantes para consumir frutas deshidratadas.	132
Grafica 23: Evaluación de apariencia.	133
Grafica 24: Evaluación del olor.....	133
Grafica 25: Evaluación de la textura.....	134
Grafica 26: Evaluación del sabor.....	134
Grafica 27: Muestra de preferencia.	134
Grafica 28: Recomendaciones muestras secado solar.	135
Grafica 29: Recomendaciones muestras secado industrial.....	135

Índice de anexos	página
Anexo 1: Formato para la valoración de la vida útil del producto.	156
Anexo 2: Formato de la encuesta aplicada.	159
Anexo 3: Tablas de datos de Grados Brix, pH, Resistencia y Humedad Inicial.	161
Anexo 4: Datos obtenidos para en los tratamientos para la obtención de corte y grosor.	162
Anexo 5: Datos registrados en el proceso productivo del tratamiento "Papaya sin ninguna sumersión"	173
Anexo 6: Pesos y porcentajes de humedad registrados en el tratamiento "Papaya sin ninguna sumersión"	176
Anexo 7: Datos obtenidos en el proceso productivo de los tratamientos "Papaya en concentraciones de limón"	177
Anexo 8: Pesos y porcentajes de humedad registrados en los tratamientos "Papaya en concentraciones de limón"	182
Anexo 9: Datos obtenidos en los procesos productivos de los tratamientos "Papaya en concentraciones de jarabe de azúcar"	184
Anexo 10: Pesos y porcentajes de humedad registrados en los tratamientos "Papaya en concentraciones de jarabe de azúcar"	192
Anexo 11: Datos obtenidos en los procesos productivos de los tratamientos "Papaya en concentraciones de ácido ascórbico"	195
Anexo 12: Pesos y porcentajes de humedad registrados en los tratamientos "Papaya en concentraciones de ácido ascórbico"	203
Anexo 13: Presupuestos de materiales de construcción para madera, plástico y metal.....	205
Anexo 14: Datos de temperaturas alcanzados durante las pruebas de secado en el prototipo de secador solar.	207
Anexo 15: Plano del prototipo de secador solar.	209
Anexo 16: Temperaturas registradas durante la evaluación de las modificaciones al secador solar.	210
Anexo 17: Datos obtenidos en la evaluación del grosor en el secado solar.	212

Anexo 18: Temperaturas de la fruta y secador solar para determinar la cantidad de calor.....	220
Anexo 19: Datos obtenidos mediante el experimento de comparación de la tecnología solar e industrial.....	221
Anexo 20: Datos obtenidos mediante el experimento de pruebas de capacidad máxima en el secador solar.....	224
Anexo 21: Evaluación de vida útil.....	228
Anexo 22: Costos de producción a escala de laboratorio para el secador solar.	229
Anexo 23: Costos de producción a escala de laboratorio para el secador industrial.....	230
Anexo 24: Costos de producción para el procesamiento de 5 papayas en el secador industrial.....	231

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de frutas y hortalizas en Nicaragua tiene una fuerte contribución económica para los pequeños agricultores del país. Actualmente, Nicaragua representa un potencial fuerte para la producción frutícola de diferentes especies tropicales, autóctonas y comerciales, las cuales en su mayoría se pierden por causa de bajos niveles tecnológicos, accesos financieros y mercados; por tal razón es importante que se pongan en marcha nuevas alternativas ecológicas que permitan la conservación de las frutas y la implementación de tecnologías que ayuden al agricultor con las frutas que no logran ser vendidas, pero que pueden ser aprovechadas de otra manera.

Así mismo, con el pasar del tiempo en muchos países se han realizado diversas investigaciones con el objetivo de buscar alternativas para aprovechar los recursos existentes mediante, la implementación de energías limpias y renovables, usando secadores solares que resultan ser útiles, eficientes y económicos para el deshidratado de los alimentos.

En correspondencia con lo anteriormente planteado, la investigación se basó en la validación de un prototipo de secador solar para la deshidratación de papaya hawaiana (variedad Solo Sunrise), a través de convección natural. De donde se plantean las siguientes preguntas para la investigación:

Pregunta de investigación

¿El prototipo de secador solar indirecto permitirá el deshidratado de papaya Hawaiana (Variedad Solo Sunrise)?

Subpreguntas

¿Mediante qué tratamiento de control químico se obtuvo características organolépticas aceptables en el procesamiento de papaya deshidratada?

¿Cuáles fueron los requerimientos técnicos de diseño que favorecieron al secado de la materia prima?

¿Cuáles fueron las temperaturas y el tiempo de secado en el prototipo de secador solar comparado con el industrial?

¿Qué valoraciones se asignaron en las muestras obtenidas en el secador solar e industrial mediante la evaluación sensorial?

¿Mediante qué proceso de secado (solar o industrial) se obtuvo papaya deshidratada a un costo accesible?

II. OBJETIVOS

II.I Objetivo General.

Realizar validación de un prototipo de secador solar indirecto para la elaboración de papaya hawaiana (variedad Solo Sunrise) deshidratada en la ciudad de Estelí.

II.II Objetivos Específicos.

- Caracterizar la materia prima para establecer parámetros de control de proceso mediante pruebas de laboratorio.
- Determinar los requerimientos técnicos de diseño del prototipo de secador solar indirecto.
- Elaborar curvas de secado con datos experimentales, para obtener los tiempos óptimos de operación.
- Determinar las características organolépticas del producto final a través de análisis sensoriales.
- Calcular los costos de producción en el secador solar indirecto comparado con un secador industrial.

III. JUSTIFICACIÓN

Nicaragua es un país altamente agrícola, esto lo convierte en una nación con un gran potencial para la producción de granos, frutas y hortalizas siendo estas últimas dos “un 10.5% de todos los productos agrícolas” Cordero & Urbina (2011). Las frutas mayormente cultivadas incluyen: Mangos, naranjas, piñas, papayas, etc.

En el caso de la producción de papaya, Quintero (2013) refiere que en “Nicaragua el cuarto censo agropecuario del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) precisa que en todo el país se contabiliza la siembra de 1,024 manzanas de papaya con un rendimiento de 50,000 unidades por manzana generando 51,200,000 unidades anuales” en cuanto a las pérdidas post cosecha, Baraona & Ellen (2014) indican que estas “equivalen al 22.41 % de la producción total”, y para las exportaciones el Centro de Trámites de las Exportaciones CETREX (2016) no registra ningún dato de exportaciones de papaya para el año 2017 ni para los años anteriores.

En este sentido la producción de papaya en Nicaragua cuenta con una fuerte participación por parte de los pequeños agricultores, que a pesar de los bajos recursos económicos con los que cuentan, aprovechan al máximo sus tierras para cosechar la mayor cantidad de frutas que estén a su alcance. Una vez alcanzada la cosecha los productores buscan la forma de distribuir su producto lo más rápido posible, para que éstos sean procesados o vendidos localmente, sin embargo éstos pueden verse afectados por una serie de factores que impiden su total comercialización, entre los que se destacan: los daños mecánicos, sobrecalentamiento, heladas, congelación, deshidratación, respiración, transpiración, ataque de plagas o roedores y almacenamiento; dejando como resultado que éstas no logren cumplir los parámetros de calidad estipulados para la comercialización o procesamiento de las mismas. Estas pérdidas post- cosecha se deben en gran parte a la falta de recursos económicos de los agricultores, lo que conlleva a que no pueden adquirir tecnología adecuada para garantizar su procesamiento.

Por otra parte, los procesos productivos, requieren distintas formas de energía por cuanto en la cadena de valor de un producto, se contempla la transformación mediante distintos procedimientos tales como limpieza, lavado, selección, cocción, molienda entre otros, los cuales requieren de la utilización de maquinaria y equipos que a su vez necesitan de alguna forma de energía para su funcionamiento. Entre las distintas formas de energía, la electricidad es la más utilizada, tanto para el accionamiento de máquinas, como en equipos que usan otros tipos de energía. Otras fuentes de energía usadas son los combustibles fósiles como el petróleo y el gas, generalmente para generar calor o en equipos de generación de vapor para cocción, en hornos de secado y deshidratación. Escobar & Arestegui (2013).

En vista de lo anteriormente descrito, como parte de estas respuestas en el marco del Proyecto UNI – PNUD para el desarrollo de la temática “Generación de prototipos de tecnologías vinculadas al Cambio Climático” se realizó la validación del prototipo de secador solar, el cual se pretende sea utilizado como una alternativa netamente ecológica en pro de la conservación las frutas mediante el secado de las mismas, utilizando como fuente de calor la energía solar.

Al validarse esta tecnología se generó una propuesta a los productores para que éstos puedan dar valor agregado a toda la papaya que no pueden distribuir, evitando así gran parte de las pérdidas generadas después de la cosecha, de esta forma se abriría una oportunidad para que ellos puedan vender su producto, obtener mayores ingresos económicos y generar una fuente de empleo, para los campesinos aledaños a la finca.

Así mismo, con el desarrollo de esta investigación se proporcionó una alternativa para el aprovechamiento de energías limpias, ya que, esta técnica solo trabaja con energía solar como fuente de calor sustituyendo el uso de gas u otro combustible fósil, que es el utilizado por maquinarias tecnificadas, por una alternativa energética más amigable con el medio ambiente.

IV. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario tomar en cuenta ciertos aspectos y definiciones teóricas, que sirvieron como referencia para el cumplimiento de los objetivos propuestos, dichas definiciones son planteadas a continuación:

IV.I Generalidades y caracterización de la fruta.

IV.I.I Definición.

Alvarez (2010) Define el fruto de papaya como:

Ilustración 1: Papaya variedad "Solo Sunrise"

Una baya, que puede ser cilíndrica, alargada, en forma de pera o globular oval o redondo. La forma de los frutos depende de la variedad del tipo de flor del cual se han formado. Según las variedades, los frutos pueden alcanzar de 15 a 50 cm de longitud, de 12 a 25 cm de diámetro y un peso de 0.5 a 25 libras o más.



Fuente: Jiménez (2002)

La pulpa es rica en agua, azúcares, vitaminas, minerales y sustancias colorantes. Su color varía de amarillo pálido a amarillo rojizo. (Observar ilustración 1)

El fruto está formado por 3 partes:

- El escorpio o cáscara.
- El mesocarpio o pulpa.
- El endocarpio que contiene las semillas y mucílago.

IV.I.II Variedades.

En cuanto a las variedades existentes para el fruto de papaya, Quijano & Arana (2012) consideran lo siguiente:

Estas son muy pocas debido a que una variedad definida, producida por selección y polinización controlada, puede perderse en pocas generaciones, produciéndose una serie de variaciones, sino se tiene el cuidado de mantener lotes de producción de semilla pura. Entre los tipos de papaya más diferenciadas se encuentran las pertenecientes al grupo Solo o Hawaiana y la Maradol.

a. Solo o hawaiana: A nivel mundial el grupo Solo constituye el conjunto más importante de variedades de papaya y se divide en:

- **Solo Sunrise:** Tiene superficie suave, mide unos 10 a 40 cm de largo y pesa entre 400 a 600g. La cáscara es relativamente gruesa y al madurar es amarillo-rojiza. La pulpa es de color rojo-anaranjado, de unos 2 cm de grueso, firme de sabor excelente y muy dulce.
- **Solo Sunset:** Los frutos tienen un peso de 400 g. La pulpa es de color rojo-anaranjado de piel lisa, firme resistente al transporte y larga vida comercial.
- **Solo Golden:** Es un mutante de la papaya Solo Sunrise, posee coloración más clara y se consume cuando la cáscara tiene una coloración amarillo completa. Su pulpa es de color salmón.

b. Maradol: Es una variedad con dos selecciones de frutos con pulpa amarilla y roja, cilíndricos (alargadas) y redondos, el largo oscila entre los 22 cm y 27 cm y su diámetro está entre los 9 cm y 13 cm.

IV.I.III Composición Química.

Así mismo para las características químicas de este tipo de fruta, Quijano & Arana (2012) manifiestan que:

Dentro de la composición química de la papaya se destaca su riqueza en Vitamina C y en vitamina A, en forma de carotenos dentro de las cuales tiene

principalmente: betacarotenos, gamma carotenos, épsilon carotenos y criptoxantina, un compuesto que se transforma en vitamina A. También destaca la presencia de vitaminas del grupo B1, B2 y B3. En cuanto a los minerales la papaya es rica en calcio y contiene cantidades apreciables de fósforo y hierro.

En la siguiente tabla (1) se presenta la composición química para 100 gramos de papaya:

Tabla 1: Composición química de la papaya.

Componentes	Contenido en 100 g
Agua	90.75 g
Proteína	0.80 g
Grasa	0.10 g
Carbohidratos	6.32 g
Fibra	1.09 g
Cenizas	0.93 g
Calcio	29 mg
Fósforo	11 mg
Hierro	0.2 mg
Riboflavina (Vit. B2)	0.04 mg
Tiamina (Vit. B1)	0.03 mg
Niacina	0.3 mg
Á. ascórbico (Vit. C)	84 mg

Fuente: Jiménez Díaz (2002)

IV.I.IV Características Físico Químicas.

Las características físico químicas de las frutas son determinantes para la obtención de la calidad final de cualquier tipo de producto que al ser procesado las utilice como materia prima principal, entre éstas destacan: los °Brix, el pH, y porcentaje de humedad; a continuación, se plantean las definiciones básicas de cada una de estas:

- **Grados °Brix.**

Para Domene & Segura (2014) la escala de °Brix:

Se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta, vino o líquidos procesados dentro de la industria agroalimentaria, ya que en realidad lo que se determina es el contenido de sólidos solubles totales.

La determinación se realiza por medio de un refractómetro, aparato que cuantifica el fenómeno físico de refracción. Consiste en el cambio de medios con distinto índice de propagación en función del cambio de dirección que sufre un rayo de luz al pasar oblicuamente de un medio a otro con distinto índice de propagación y se fundamenta en la medida del ángulo crítico que produce el fenómeno de reflexión total. La cantidad de desviación depende de la interacción del rayo incidente y de las densidades relativas de los dos medios: cuanto mayor es el ángulo del rayo y la diferencia de densidades, mayor es la refracción.

- **pH.**

Así mismo la definición de esta característica físico química es presentada por Lafaurie (2004) de la siguiente manera:

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de las sustancias. La escala pH va desde 0 a 14. En el término medio de la escala, pH 7, hay un balance entre la acidez y la alcalinidad. En tal medida se dice que la sustancia es neutral.

El término pH significa el exponente del ion de hidrógeno o simplemente el poder o potencial de una sustancia para liberar iones de hidrógeno. En la escala pH, entre más pequeña sea la lectura del pH, más ácida es la sustancia; mientras que entre más alto sea el valor del pH de una sustancia, menos ácida es tal sustancia, y más alcalina se considera.

- **Porcentaje de humedad inicial (Hi).**

En el caso de la prueba del % humedad inicial, Ramírez (2013) Considera que esta es:

Una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesamiento, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua. El contenido de humedad es frecuentemente un índice de estabilidad del producto puesto que existe una relación, entre el contenido de agua y su capacidad de deterioro.

En los procesos de deshidratación se emplea principalmente con el objetivo de reducir el contenido de agua en un alimento, disminuyendo de este modo su alterabilidad dado que altos contenidos de humedad aceleran y propician el desarrollo de microorganismos.

IV.II Definición del proceso productivo.

IV.II.I Deshidratación de los alimentos.

La deshidratación o secado de los alimentos, es considerada por Valdés, (2008) como:

El proceso de extracción del agua que contienen los alimentos mediante la circulación de aire caliente, lo que detiene el crecimiento de enzimas y microorganismos que los deterioran. El objetivo de secar o deshidratar es preservar el alimento y disminuir su humedad hasta que el crecimiento microbiano de bacterias, levaduras, moho, y las reacciones químicas por degradación enzimática se detengan y cesen de destruir el alimento durante su almacenaje.

IV.II.II Frutas deshidratadas.

Tomando en cuenta la definición anteriormente planteada, al trasladarlo al concepto de frutas deshidratadas, Castaño (2013) considera que:

La deshidratación o desecación de las frutas es otro proceso de conservación de alimentos, su objetivo principal es que su proceso conlleva a la pérdida de agua y no permite que los microorganismos y enzimas puedan proliferar. Así mismo, la reducción del peso que facilita el almacenamiento de los productos, de modo que puede disponerse de estas, en las temporadas que no existe la cosecha y estas mantienen muchas de las condiciones de las frutas frescas, por ejemplo, el sabor y el color que normalmente mejoran en intensidad con respecto a su estado fresco; también aumenta su vida útil para el consumo.

IV.II.III Proceso productivo frutas deshidratadas.

Así mismo, para el desarrollo exitoso del proceso de deshidratado en las frutas, Valdés (2008) plantea las siguientes etapas:

Recepción: Trata del control cualitativo y cuantitativo de las frutas y hortalizas entregadas, en esta etapa no se puede controlar y evaluar plenamente su estado sanitario y organoléptico. Pero se debe rechazar todo producto que no cumpla con las condiciones del pedido. En el laboratorio se puede realizar un análisis para evaluar la complejidad de información organoléptica, entre las pruebas que pueden aplicarse a la materia prima se encuentran:

- Extracto refractométrico.
- Consistencia (medida con tenderómetro, penetrómetro, etc.)
- pH.
- Porcentaje de humedad Inicial.

Lavado: Se usa no sólo para retirar las impurezas del campo, como la tierra, el polvo, materias extrañas y la suciedad que está adherida, sino que también sirve para sacar los microorganismos, además de fungicidas, insecticidas y otros pesticidas, puesto que existen leyes que especifican niveles máximos que pueden ser retenidos en el producto, y en la mayoría de los casos el nivel residual permitido es virtualmente de cero.

Toda fruta y hortaliza debe ser lavada y restregada completamente en agua con hipoclorito de sodio en concentración del 10% antes de procesar. Usar 0,5

cm³ (10 gotas) de hipoclorito de sodio por litro de agua. La acción del cloro sobre las impurezas lo va consumiendo. El agua deja de ser activa cuando el cloro residual desciende a <2,5>4.

Selección: Se debe seleccionar aquellas con buen sabor, al máximo de su madurez y frescura. Si sabe a cartón, ya deshidratada gustará a cartón muy seco. El seleccionado cubre dos operaciones separadas:

- Remoción de productos fuera de norma y posibles cuerpos extraños que permanecieron después del lavado.
- Selección basada en la variedad, el tamaño y el criterio organoléptico sobre la etapa de madurez.

Procesado: El producto debe ser pelado, despepado y las semillas, tallo y ojos extraídos, según sea el caso. En el caso de la fruta, si no se pela, debe saberse que el deshidratado pondrá la cáscara más amarga y más dura. Se debe cortar y separar las partes dañadas, inmaduras, blandas, fibrosas, leñosas y enfermas del producto.

Control químico en solución ácida: El objetivo del control químico es preservar el color y el sabor del producto, mantener sus nutrientes, detener la descomposición por la acción enzimática, asegurar un deshidratado parejo, y extender su vida de almacenamiento. Por lo tanto las materias primas deben ser tratadas químicamente previo a su deshidratación para detener la acción enzimática, la que produce una pérdida de sabor. Ciertas enzimas pueden causar decoloración y pérdida de nutrientes y cambios de sabor en los alimentos deshidratados, de modo que estas enzimas deben ser neutralizadas.

En las frutas no se usa el blanqueamiento o escaldado, pues les da un sabor a cocido. Su principal problema es el pardeamiento por oxidación y la pérdida de vitaminas A y C. Para impedir estos efectos, apenas peladas, se las somete a un control químico que interfiere las reacciones químicas oxidantes. Este consiste en un baño en una solución de ácido con agua. El ácido más usado

es el ascórbico (vitamina C). También éste puede ser empleado en mezclas con ácido cítrico y/o azúcar, pero no es tan efectivo como usarlo solo. El ácido cítrico es más suave. Las soluciones están compuestas en la siguiente proporción:

- Ácido ascórbico: 1,5 a 2 gramos/litro de agua. (1,5 g equivale a una cucharilla de té).
- Ácido cítrico: 6 gramos/litro de agua. (6 g equivalen a una cuchara de sopa).

Colocación en Bandejas: Una vez que el producto ha sido trozado y sometido al control químico, se vierte en bandejas a razón de 4-6 kg/m². Los trozos deben tener el mismo grosor, deben colocarse en una sola capa y no deben traslaparse, ni los bordes toparse para evitar que se peguen. La fruta, por su contenido azucarado que termina por adherirse firmemente a la rejilla de la bandeja, se coloca sobre bandejas que han sido previamente rociadas con una fina capa de glicerina o margarina vegetal.

Deshidratado: El éxito del deshidratado depende de: suficiente calor para extraer la humedad al producto lo más rápido posible sin cocinarlo ni afectar su sabor, textura y color, aire seco para extraer la humedad del producto y suficiente circulación de aire para acarrear la humedad fuera del túnel de secado. Así mismo, es determinante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a. Temperatura y tiempo de deshidratación.

La temperatura para deshidratar frutas es de 50° a 60°C. Mayor calor cocina el alimento, y si es aún mayor, cocina su exterior impidiendo que la humedad interna escape.

El tiempo de deshidratado depende del producto, su grosor, humedad relativa, calor, temperatura ambiente, etc. La relación de la papaya fresca/ Producto final es igual a 14 kilogramos de papaya fresca para producir 1 kilogramo de producto final.

b. Cuidado en el deshidratado.

Las bandejas se deben rotar para obtener un deshidratado uniforme. El producto corriente-arriba se deshidrata más rápido que el que está corriente-abajo. Se debe dar vuelta el producto con una espátula. El deshidratado termina cuando el peso del producto tiende a alcanzar las condiciones de equilibrio en el tiempo, es decir, cuando la variación del peso del sólido es casi nula, tendiendo a un peso constante.

Post-deshidratado: Consiste en la aplicación de pruebas al producto final, que verifiquen el éxito del proceso productivo, una de las más comunes es la de sequedad, que consiste en dejar que el producto enfríe. Cuando está caliente, parece ser más blando, húmedo y correoso de lo que es en realidad.

Las frutas están deshidratadas cuando quedan flexibles, correosas, y no tienen bolsones de humedad. Para esto último, se deberá seleccionar una cantidad de trozos y cortarlos por la mitad. Éstos no deberán presentar humedad visible y al apretarlos la humedad no deberá escurrir. Cuando un manojo de frutas se aprieta firmemente en la mano y luego se sueltan, las partes individuales deben caer aparte prontamente y nada de humedad debe quedar en la mano. No deben quedar pegajosas al tacto, ni los trozos pegarse unos con otros. La que será consumida directamente debe ser blanda y no ser deshidratada hasta el punto que sea quebradiza. Su contenido de humedad varía según el tipo fruta, en este caso, MipymeDigital (2012) refiere que las frutas deshidratadas con alto grado de humedad como la papaya, pueden tener un porcentaje de humedad entre 12-15 %.

Empacado: Se debe dejar enfriando durante 30 a 60 minutos antes de envasar. No obstante, el producto no se debe dejar mucho tiempo sin envasar, pues puede reabsorber humedad. Además, es posible que la humedad final sea dispareja. La homogeneización de la humedad tarda unos 10 días dentro del paquete. El exceso de humedad de un pedazo es absorbido por uno más seco.

Almacenamiento: Debe almacenarse en un lugar seco, oscuro y frío. De lo contrario el producto puede rehidratarse absorbiendo la humedad del entorno, si su empaque no está perfectamente sellado este puede enmohecerse, También puede sufrir el ataque de insectos y roedores.

Afectaciones en el proceso de deshidratado.

Pardeamiento enzimático: según, Suares & Castillo (2009).

El pardeamiento enzimático es el que ocurre por acción de enzimas, como por ejemplo la polifenoloxidasa que actúa sobre sustratos como los polifenoles produciendo las quinonas que se polimerizan para dar finalmente el color marrón. Este proceso ocurre en algunas frutas frescas y hortalizas cuando son peladas, golpeadas o cortadas. En el campo de los alimentos, el pardeamiento enzimático puede ser un problema muy serio en frutas, champiñones, patatas y otros vegetales, y también en algunos crustáceos, e incluso en la industria del vino, al producir alteraciones en el color que reducen el valor comercial de los productos, o incluso los hacen inaceptables para el consumidor.

En cuanto al pardeamiento no enzimático, De la Cueva (2013) define que:

Pardeamiento no enzimático: (también conocido como pardeamiento químico) es un conjunto de reacciones muy complejas producida en los alimentos tratados térmicamente y da lugar a la formación de productos pardos. Se produce durante el procesado y almacenamiento de diversos alimentos, se acelera con el calor y se acusa especialmente durante las operaciones de cocción, pasteurización, esterilización y deshidratación. Estas reacciones provocan modificaciones en el olor, color y sabor de los alimentos. El pardeamiento no enzimático agrupa degradación de ácido ascórbico, caramelización y reacción de maillard.

Caramelización: se presenta cuando los azúcares son calentados por encima de su temperatura de difusión. Se produce en ausencia de oxígeno, y grupos aminos, a a_w bajas, y a pH tanto ácidos como básicos.

Reacción de Maillard: ocurre principalmente en aquellos alimentos que tienen azúcares reductores y lípidos oxidados y grupos aminos de un aminoácido, peptídico y proteínas, que sufren un proceso térmico (calentamiento o conservación a temperatura ambiente) y se produce por lo general a a_w intermedias.

IV.III Requerimientos técnicos para el diseño de secadores solares.

IV.III.I Parámetros de diseño.

Previo a cualquier establecimiento de algún diseño en particular o la construcción de alguna tecnología, se hace indispensable tomar en cuenta los parámetros de diseño básicos que permitirán la toma de decisiones correctas para la fabricación de equipos, en vista a lo anteriormente mencionado, Gomid & Gómez (2011), postulan lo siguiente:

Antes de intentar el diseño de un equipo, deben estar definidas la presión de trabajo, temperatura, tiempo, composición del alimento, de manera que el problema de diseño consiste en construir un dispositivo que lleve a cabo la operación que deseamos y sea económico, seguro y fácil de operar. Entre los parámetros de diseño más importantes cabe destacar: la capacidad del equipo, el ángulo de inclinación, costos, facilidad de operación y eficacia de las etapas.

IV.III.II Métodos de secado de los alimentos.

Respecto a los métodos de clasificación de los alimentos, existen dos tipos el método directo y el indirecto, en este sentido Bermúdez & Erices (2004) los clasifican de la siguiente manera:

a. Métodos directos: Son aquellos en los cuales la fuente de energía logra por sí misma el secado, sus características generales son:

- El secado se efectúa por transferencia de calor por convección entre el sólido húmedo y un gas caliente, extrayendo el último al líquido vaporizado, así como también suministrando el calor necesario para la evaporación.

- El medio de calefacción puede ser aire calentado por vapor, gases de combustión, una atmósfera inerte calentada, como el nitrógeno, o un vapor sobrecalentado, como el vapor de agua.
- b. Métodos indirectos:** El método indirecto es aquel en el cual una fuente de energía externa calienta la media secante, sus características principales son:
- Secado mediante transferencia de calor por conducción y algo de radiación al material húmedo. La conducción tiene lugar generalmente a través de una pared metálica de contención. La fuente de calor es, por lo general, el vapor condensante.
 - Se encuentran dos tipos de tecnologías para este método indirecto, entre las cuales se conocen: las cocinas solares que funcionan con energía calorífica directa y los secadores solares que funcionan con energía calorífica indirecta producto del proceso de convección.

IV.III.III Secado solar.

Así mismo para Agro Wes (2014) el proceso de secado solar:

Consiste en un método de secado mediante una corriente de aire, donde se aprovecha la radiación solar como fuente de energía. Es también conocido como deshidratación y se usa como técnica para la preservación de materiales pues los microorganismos que provocan la descomposición de la materia orgánica no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua. Además, es una operación energética elemental y representa una de las acciones térmicas básicas en la industria de procesos y agro-alimentaria.

IV.III.IV Ventajas y desventajas de los deshidratadores solares.

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado respecto al secado solar, se hace indispensable hacer referencia a las ventajas y desventajas del uso de tecnologías que usen como fuente de energía la luz solar, las cuales son presentadas a continuación:

a. Ventajas.

Villafañez & Cabrera (2009), consideran que las ventajas del secado solar son:

- Utiliza la luz solar como fuente de energía lo cual lo convierte en más económica que la industrial.
- Evita pérdidas de cosecha en períodos de abundancia.
- Los productos procesados pueden consumirse todo el año y son de fácil almacenamiento y transporte.
- Nutricionalmente los productos deshidratados tienen mayor poder alimenticio, ya que al perder gran parte de su contenido de agua se concentran los hidratos de carbono, sustancias pépticas, proteínas, grasas, sales minerales, que se encuentran en sus tejidos.
- Genera oportunidades para el productor y nuevas fuentes de trabajo e ingresos.

b. Desventajas.

Para las desventajas del secado solar, Urfalino (2013) plantea que:

- Bajo condiciones ambientales, el proceso de secado es lento.
- El proceso depende de las condiciones climáticas.
- Necesita de recurso humano para remover el producto durante el tiempo de secado y las condiciones higiénicas son precarias.
- El secado tradicional de productos alimenticios es difícil de programar y se corren riesgos de perder el producto por lluvias, vientos, acción de insectos y roedores.

IV.III.V Tipos de secadores.

Existen diferentes tipos de secadores tanto solares como industriales, a continuación, se presentan los más usados en la industria alimentaria:

- Secadores de tambor: un secador de tambor consiste en uno o más rodillos metálicos calentados, en cuya superficie exterior una delgada capa de líquido se evapora hasta secar. El sólido seco es retirado de los rodillos a

medida que estos giran muy lento. Al momento de girar los tambores se vaporiza el líquido de los sólidos dejando una capa de material seco que se retira mediante cuchillas roscadas y cae en los transportadores situados abajo. Smith & Harriott (2004).

- Secadores Rotatorios: consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, dispuesta en forma horizontal o ligeramente inclinada hacia la salida. La alimentación húmeda entra por un extremo cilíndrico; el producto seco se descarga por el otro. Al girar la carcasa, unas pestañas internas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. Los secadores rotatorios se calientan por un contacto directo del gas con los sólidos. Smith & Harriott (2004).
- Secadores solares parabólicos: son una forma muy práctica para utilizar la radiación solar y la energía del aire en el secado. Consiste en un techo plástico transparente y una estructura rústica en guadua (bambú) de forma parabólica que permite aprovechar mejor la radiación durante los días poco soleados o lluviosos o la radiación directa durante las horas de sol. Espinoza & Flores (2013).
- Deshidratador solar de alimentos: es una tecnología con la cual pueden conservarse, hasta por un año, alimentos secos como: frutas, verduras, carne y hierbas, este funciona al utilizar los rayos del sol para calentar el aire que sube, secando las rebanadas de los alimentos que se encuentran en las charolas, su estructura es en forma de L y puede construirse con madera o metal. La parte horizontal llamada colector, capta los rayos del sol y la parte de debajo de la estructura se forra de plástico negro para absorber el calor y de forma vertical se acomodan charolas con malla de mosquitero, a manera de repisas, toda la estructura esta forrada con plástico para evitar la salida del aire caliente y el ingreso de insectos o polvo. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2008.
- Secador solar tipo domo: Es un secador con una estructura que transforma la energía que proviene del sol, en calor justamente con la acción y el movimiento del aire, es capaz de evaporar la humedad. La cantidad de agua

que se puede evaporar dependerá en gran medida de la temperatura que alcance el aire por medio de la transformación de energía que hace el secador solar y de la velocidad a la que circule el aire. Consiste básicamente en una estructura de madera y tubo PVC, piso de tierra, cubierta de nylon para invernadero con protección UV. Mide 3.4 metros de ancho por 10 de largo por 2.25 metros de altura, la entrada de aire frío es de 15 cm en la parte baja, las ventanas de ventilación miden 30 cm por 80 cm y ésta tiene una cortina del mismo nylon para cubrirlas en la noche. Moreno & Hudiel (2011)

IV.III.VI Parámetros de control en el proceso de secado solar.

Es de vital importancia mencionar que para que el proceso de secado solar sea desarrollado de manera exitosa, es necesario tener control de 3 parámetros: temperatura, humedad relativa y tiempo. A continuación, se presentan cada una de sus definiciones básicas:

- **Temperatura:** Es una de las propiedades de la materia. Es una medida del nivel de presión térmica de un cuerpo. Se ha demostrado que la temperatura es una función de la energía cinética interna y como tal es un índice de la velocidad molecular promedio. Moreno & Hudiel, (2011)
- **Humedad relativa (HR):** Se define como la relación del peso de vapor de agua contenido en 1kg de aire y el peso del vapor de agua contenido en 1kg de aire saturado, a una temperatura determinada. Hudiel & Moreno (2011)
- **Tiempo:** Denominado como movimientos, cambios, y transformaciones irregulares de distinta rapidez. Gianni (2010).

IV.IV Curvas de Secado.

Cabe señalar que una vez desarrollado el proceso de secado es necesaria la elaboración de diagramas, que planteen la evaluación del proceso desarrollado, en función del tiempo transcurrido y la pérdida de humedad de la fruta. En este sentido Universidad de las Américas Puebla (2005), plantea lo siguiente:

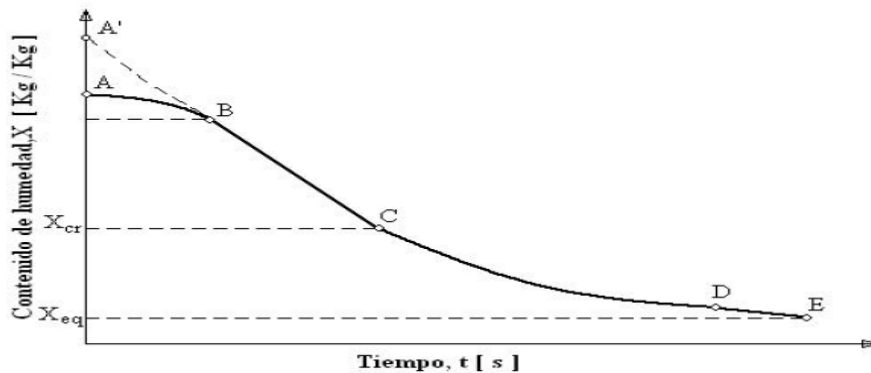
Un proceso de secado es usualmente descrito por diagramas construidos con las siguientes coordenadas:

- Contenido de humedad del material contra el tiempo de secado (curva de secado).
- Velocidad de secado contra contenido de humedad del material (curva de velocidad de secado).
- Temperatura del material contra el contenido de humedad (curva de temperatura).

Para la determinación de los tiempos óptimos en el proceso de secado solar se realiza la curva de secado (ilustración 2), la cual nos muestra el contenido de humedad a través del tiempo en el proceso de secado, en el período inicial de secado, el cambio de humedad en el material está ilustrado en la curva A-B al terminar este primer período el secado toma una forma lineal, del tipo $X=f(t)$, en este período la velocidad de secado es constante (recta B-C). El secado se mantiene igual por un periodo de tiempo hasta que llega a un punto crítico (Punto C) donde la línea recta tiene que curvarse y formar una asíntota con el contenido de humedad X_{eq} donde es el valor mínimo de humedad en el proceso.

La recta B-C es llamado período de velocidad constante y al siguiente período se le llama período de caída de velocidad de secado.

Ilustración 2: Diagrama curva de secado.



Fuente: Universidad de las Américas Puebla (2005)

IV.V Análisis de calidad de un producto.

IV.V.I Análisis Sensoriales.

Una vez desarrollado cualquier tipo de producto es importante conocer la opinión de las personas respecto a la calidad organoléptica final obtenida en el mismo, este tipo de estudios son llamados análisis sensoriales, para esta definición watts; Ylimaki G (1995), postulan que:

Los análisis sensoriales son factor esencial en el estudio de los alimentos en el que se utilizan panelistas humanos que usan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto, y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios. Los tipos de pruebas sensoriales más comunes son:

- **Pruebas sensoriales al producto:** se emplean pequeños paneles entrenados, que funcionan como instrumentos de medición, los cuales se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características como el sabor, olor y gusto, textura o apariencia, los paneles constan de 5 a 15 personas.
- **Pruebas sensoriales al consumidor:** Son las pruebas que se orientan hacia las preferencias del consumidor, en las cuales se selecciona una muestra numerosa compuesta por personas representativas de la población; los cuales no son seleccionados por su agudeza sensorial, pero si deben ser usuarios del producto, esta prueba se realiza con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores, para este tipo de pruebas se entrevistan de 100 a 500 personas.

IV.VI Vida Útil en Anaquel.

Otro factor indispensable al momento de haber procesado cualquier tipo de producto es determinar la vida útil de anaquel, el cual consiste conocer el tiempo que puede ser almacenado cualquier tipo de alimento sin que este pierda sus

características físicas, organolépticas y nutricionales; en este sentido Pequeña y Mediana Empresa Rural (PyMErural) 2012 considera la siguiente definición:

“El procedimiento para identificar la vida útil de anaquel se divide en tres momentos: almacenamiento, degustación, y análisis de resultados”. Dentro de estos tres momentos deben de ejecutarse 8 pasos los cuales son descritos en la siguiente tabla (2):

Tabla 2: Pasos para determinar la vida de anaquel de un producto.

Momento	Pasos
Almacenamiento.	Paso 1. Elección del lugar del almacenamiento del producto terminado.
Degustación.	Paso 2. Selección y convocatoria de los panelistas.
	Paso 3. Preparación de las condiciones.
	Paso 4. Día y lugar.
	Paso 5. Toma de la muestra
	Paso 6. Evaluación sensorial y degustación.
	Paso 7. Vida de anaquel.
Análisis de resultados	Paso 8. Registro y análisis de datos de la degustación.

Fuente: PyMErural (2012)

IV.VII Elementos Fundamentales del costo.

Es necesario recalcar que en todo proceso, diseño, construcción y validación de cualquier tipo de tecnología no puede ignorarse el aspecto financiero, para lo cual se hace necesario hacer referencia a los siguientes aspectos:

IV.VII.I Costo de producción.

Son los que se generan en el proceso de transformar la materia prima en productos terminados, Rángel, Gutierrez, & Lilia (2005) los subdividen en:

- **Costos de materia prima:** El costo de materiales integrados al producto; por ejemplo: papaya fresca para producir fruta deshidratada.
- **Costo de mano de obra:** el costo que interviene directamente en la transformación del producto.

- **Costos indirectos de fabricación:** Son los costos que intervienen en la transformación de los productos, con excepción de la materia prima y la mano de obra directa; por ejemplo, sueldo del supervisor, mantenimiento, depreciación.
- **Costo del Producto:** Costo Materia Prima + Mano de Obra Directa + Costo de Fabricación.
- **Costo variable Unitario:** Los que cambian o fluctúan en relación directa a una actividad o volumen dado. Dicha actividad puede ser referida a producción ventas.
- **Costos fijos Unitarios:** Son aquellos que permanecen constantes dentro de un período determinado, sin importar si cambia el volumen de producción.

IV.VII.II Depreciación.

Sobre este aspecto Navarro (2012) indica que:

Se cuenta con varios métodos para determinar el cargo anual de depreciación, sin embargo, el más comúnmente utilizado e incluso el único permitido, al menos por las leyes nicaragüenses, es el de línea recta (LR). Este método consiste en recuperar el valor del activo en una cantidad que es igual a lo largo de cada uno de los años de vida fiscal, de forma que, si se grafica el tiempo contra el valor en libros, esto aparece como una línea recta.

Sea: D_t = cargo por depreciación en el año t .

P = costo inicial o valor de adquisición del activo por depreciar.

VS = valor de salvamento

n = vida útil del activo o vida depreciable esperada del activo o período de recuperación de la inversión.

Entonces se puede escribir: $D_t = (P - V_s) / n$ Tomado de: Navarro (2012)

IV.VII.III Costos de oportunidad.

En cuanto a la definición de este tipo de costo la Universidad Nacional Autónoma de México (2016) plantea lo siguiente:

El Costo de oportunidad de un bien o servicio es la cantidad de otros bienes o servicios a la que debe renunciar para obtenerlo. Es el que refleja, cuando optamos por un bien o servicio determinado, la decisión de tener que prescindir de todos aquellos bienes y servicios que podríamos haber adquirido de no haber adoptado esa particular opción.

V. HIPOTESIS

El prototipo de secador solar indirecto a través de convección natural, permitirá la deshidratación de Papaya hawaiana (variedad solo sunrise) a un costo accesible, sin afectar las características organolépticas de la fruta evaluada.

V.I Variables

- Deshidratación de Papaya hawaiana (variedad solo sunrise).

Definición conceptual:

La deshidratación de las frutas es un proceso de conservación de alimentos, su objetivo principal es la pérdida de agua, la cual, no permite que los microorganismos y enzimas puedan proliferar. Castaño (2013).

Definición Operacional:

Registro de los porcentajes de humedad presente en la fruta durante toda la etapa de secado.

- Características organolépticas.

Definición conceptual:

Son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos, por ejemplo, su sabor, textura, olor, color. Ylimaki G (1995)

Definición operacional:

Información obtenida en la evaluación sensorial orientada al producto mediante un panel evaluador.

- Costos:

Definición conceptual:

Son los que se generan en el proceso de transformar la materia prima en productos terminados. Rángel, Gutierrez, & Lilia (2005)

Definición operacional:

Registro de los pesos finales obtenidos durante los procesos de secador solar e industrial, gasto de agua y energía eléctrica.

VI. METODOLOGÍA

La ejecución de este proyecto de investigación requirió de la realización de diversas etapas que permitieron el cumplimiento de los objetivos propuestos. Para ello se hizo necesario el planteamiento de la metodología a seguir, la cual se basó en el desarrollo de los siguientes aspectos: el tipo de investigación a realizar, la ubicación del estudio, los métodos generales y particulares a emplear, la descripción de las tareas y actividades para cada uno de los objetivos. A continuación, se describen cada uno de estos:

VI.I Tipo de investigación.

La investigación realizada fue de tipo experimental, con el diseño experimental: Pre-experimento del tipo “**Estudio de caso con una sola medición**” el cual fue tomado de Sampieri, Collado, & Baptista (2010)

Este consistió en la aplicación del tratamiento con el cual se obtuvieron mejores resultados en el proceso productivo, al grupo que se evaluó, en este caso el prototipo de secador solar, posteriormente se aplicó la medición de variables (Temperatura y % de humedad del producto), para observar el nivel de desarrollo y aceptación por el grupo.

Para este diseño se determinaron dos variables de relevancia: la temperatura (variable independiente) y el % de humedad del producto (variable dependiente), cabe señalar que en el grupo evaluado (prototipo de secador solar) no hubo manipulación de la variable independiente, debido a que no se tuvo control de la misma, ya que, ésta estuvo en función de las condiciones climáticas existentes durante la etapa de experimentación.

Así mismo, antes de la realización del experimento no se conocía una referencia de cuál era el nivel o desempeño que tendría, el secador solar (grupo), a favor de la variable dependiente (% de humedad del producto) antes del tratamiento aplicado.

Es importante destacar que el procedimiento ejecutado para validar este diseño experimental se llevó a cabo mediante el uso de Tecnologías de Información y

Comunicación (TICs). En donde se generaron gráficos de dispersión con líneas de ajuste generadas por el software (Excel) para la construcción de: las curvas de secado, graficas de pastel y de barras, para representar: el desempeño de las temperaturas, % de humedad del producto y % de humedad relativa. Así mismo, software infostat permitió representar mediante diagramas de caja (boxplot) el análisis de los valores más altos de temperatura y humedad relativa.

VI.I.I Variables del diseño.

Las variables del diseño experimental Pre-experimento del tipo “**Estudio de caso con una sola medición**” fueron: la temperatura (variable independiente) y el % de humedad del producto (variable dependiente), las cuales fueron medidas mediante el uso de un termómetro de sonda, una balanza analítica y una mufla (para las pruebas de humedad). Es importante destacar que de estas dos variables se desglosaron otro tipo de variables que fueron de vital importancia para este estudio y se consideraron indispensables para el control del proceso productivo en el prototipo de secador solar, estas fueron: el tiempo y el % de humedad relativa que dependía de la temperatura. Dichas variables fueron medidas con un reloj digital y un medidor de humedad relativa. Así mismo, otra de las variables desarrolladas fue el % de secado hora, el cual dependía del tiempo y la pérdida de humedad del producto.

Los tamaños de todas las variables analizadas para el deshidratado de la papaya, se presentan a continuación:

- Temperatura: 40-70°C - Tomado de: Almada & Cáceres (2005)
- %Humedad relativa: 20% - Tomado de: Almada & Cáceres (2005)
- %Humedad del producto: 11-15% - MipymeDigital (2012)
- Tiempo: 24-48 horas - Tomado de: Jorge (2010)

VI.I.II Procedimiento para validar la hipótesis.

Para plantear el proceso de validación de la hipótesis es necesario inicialmente definir el tipo de hipótesis que se desarrolló en este estudio, el cual fue una: Hipótesis de investigación causal multivariada, ya que según: Sampieri, Collado,

& Baptista (2010), este tipo de hipótesis se enfoca en la existencia de la relación entre varias variables, en este caso una variable independiente y dos dependientes, las cuales se describen a continuación:

- **Variable independiente:** Deshidratación de papaya hawaiana (variedad solo sunrise).
- **Variables dependientes:** Características organolépticas y costos. Es notorio destacar que estas se consideraron dependientes, ya que, dependen del proceso de deshidratado para su realización.

En este sentido, esta hipótesis se validó mediante el desarrollo de las variables anteriormente descritas, el procedimiento para su validación se describe a continuación:

- Variable: Deshidratación de Papaya hawaiana (variedad solo sunrise).

Se realizó mediante la aplicación de dos experimentos a la tecnología solar validada, los cuales se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3: Experimentos aplicados para validar la variable de hipótesis: Deshidratación de Papaya hawaiana (variedad solo sunrise).

N° Experimento	Nombre	Formulación	Control
1	Comparación entre el prototipo de secador solar y el industrial (testigo), con muestras preparadas en igualdad de condiciones.	Papaya en corte juliana, grosor 8 milímetros, sumergida en 0.3 % de ácido ascórbico, peso 10 gramos. (Aplicado a ambas tecnologías).	Se realizaron mediciones del porcentaje de humedad del producto a lo largo de todo el proceso en cada una de las 5 repeticiones para ambas tecnologías, con el fin de alcanzar un porcentaje de humedad final de 11-15% establecido por: (MipymeDigital, 2012)
N° Repeticiones			
5			

N° Experimento	Nombre	Formulación	Control
2	Pruebas de capacidad máxima en el prototipo de secador solar.	Papaya en corte juliana, grosor 8 milímetros, sumergida en 0.3 % de ácido ascórbico.	Se realizó medición del porcentaje de humedad del producto en cada una de las 5 repeticiones.
N° Repeticiones			
5			

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe señalar que para la cantidad de tratamientos aplicados (5) se tomó en cuenta la metodología propuesta por Dicovski (2016), la cual considera que para que un experimento sea confiable el número mínimo de repeticiones debe ser 4.

- Variable: Características organolépticas.

Fue desarrollada mediante la aplicación de análisis sensoriales en función del producto, para un panel compuesto por 10 personas, ya que según Watts; Ylimaki G (1995) el número mínimo de panelistas para análisis sensoriales en función del producto son de 5 a 15 personas.

- Variable: Costos.

Esta variable se desarrolló en función de los costos de producción a escala de laboratorio para el secador solar e industrial, se validó mediante la elección de 1 de los proceso de las 5 repeticiones de capacidad máxima aplicadas a cada tecnología, en este caso la repetición en donde se obtuvieron las características organolépticas finales más aceptables.

VI.I.III Fundamento utilizado para seleccionar la muestra y tamaño de la muestra.

El tipo de muestreo utilizado fue el no probabilístico, ya que esta técnica se basa en función de que no todas las muestras de un proceso tengan iguales

oportunidades de ser seleccionadas, tomando en cuenta las limitaciones temporales y monetarias de los investigadores.

Por lo tanto, las muestras se seleccionaron en función de la accesibilidad e intencionalidad de los investigadores a favor de las pruebas experimentales realizadas.

En este sentido, para este estudio se determinaron dos tipos de muestreos no probabilísticos, los cuales se retomaron de (Borda, 2013). Estos se desarrollaron para las dos pruebas experimentales desarrolladas en la validación del prototipo de secador solar, en este caso las pruebas de comparación entre el secador solar e industrial y las pruebas de capacidad máxima para el secador solar. A continuación, se describen los tipos de muestreos:

- Muestreo consecutivo: Se aplicó para las pruebas de comparación del secador solar con el industrial, ya que permitió incluir a todos los sujetos disponibles como parte de la muestra en cada una de las tecnologías, permitiendo así una mejor representación de la muestra. Cabe señalar que la cantidad de muestras utilizadas fue mínima (10 en cada tecnología), esto debido a que se necesitaba tener un control absoluto de la evolución de los % de humedad (proceso de deshidratado) en las muestras de ambas tecnologías.
- Muestreo por conveniencia: Se aplicó para las pruebas de capacidad máxima desarrolladas en el prototipo de secador solar y fue seleccionado porque este método de muestreo permitió que los investigadores seleccionaran la muestra en función de la accesibilidad y facilidad de reclutamiento, además de que resultó más fácil, barato y requirió de un mínimo tiempo.

Así mismo, es notorio destacar que la cantidad de muestras seleccionadas también era mínima (6 muestras en cada proceso), esto debido a que era necesario evitar la mayor pérdida de calor recepcionado en la cámara de secado durante cada proceso, dichas muestras eran pesadas de manera independiente en diferentes horas del día.

En cuanto al tamaño de la muestra esta se estableció de acuerdo a las necesidades de cada experimento, de manera que, para las pruebas de capacidad máxima en el prototipo de secador solar, el tamaño de la muestra fue de 6 bastones (3 en cada bandeja), esto con el objetivo de que al momento de realizar el monitoreo de pérdida de humedad, no se perdiera el calor almacenado en la cámara de secado. Así mismo, para las pruebas de comparación del secador solar e industrial, la muestra fue de 10 bastones, tomándose 2 bastones en cada monitoreo de pérdida de peso, lo que permitió minimizar la pérdida de calor en la cámara de secado, de igual manera, permitió tener un mayor control del proceso.

VI.I.IV Modelo estadístico para evaluar la velocidad de secado/hora.

El modelo estadístico que se aplicó en el software infostat, el cual fue desarrollado para el análisis de la variable (velocidad de secado/hora), correspondiente a la prueba T para muestras independientes fue:

$$X_{ij} = \bar{x} \pm \alpha_i \pm e_{ij}$$

Donde:

i=1,2 tecnologías.

j=1...40 datos.

X: % de secado/hora.

α : efecto de secado.

e: error del dato.

VI.II Ubicación del estudio.

La investigación se desarrolló en las instalaciones del Recinto Universitario Augusto C. Sandino de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI - RUACS), en el laboratorio de Agroindustria, ya que, éste cumplía con todas las condiciones y equipos necesarios para el desarrollo de la misma, dicho recinto se encuentra ubicado en la entrada a la Tunoza, Antigua Hacienda El Higo Estelí, Nicaragua.

VI.III Métodos generales y particulares a emplear.

El método aplicado para realizar la presente investigación fue el método científico, ya que, en todas las etapas desarrolladas, se permitió vincular y fundamentar la teoría recopilada con las prácticas desarrolladas en el laboratorio, esto, con el fin de obtener la información necesaria tanto para el diseño del prototipo de secador solar, como para el desarrollo del producto.

Los materiales que fueron utilizados para llevar a cabo el proyecto de investigación se detallan a continuación: materia prima principal (papaya Hawaiana, variedad Solo Sunrise), ácido ascórbico (antioxidante), azúcar y limón para el desarrollo de los tratamientos, agua y cloro para el lavado de las frutas. En cuanto a los equipos de laboratorio fue requerido el uso de: refractómetros para la medición de los grados °Brix de la papaya y los jarabes para el proceso de ósmosis, cintas de pH para la medición del pH de la papaya, penetrómetros que permitieron conocer la resistencia de la fruta, el cual, fue utilizado como un índice de madurez, deshidratador industrial para las pruebas de caracterización, mufla para la determinación la humedad inicial en la fruta, cocina industrial para la preparación de los jarabes y el prototipo de secador solar. Así mismo se necesitó del uso de gabachas, guantes, tapa bocas y gorros, que se utilizaron durante el desarrollo del producto; en cuanto a la recolección de la información se utilizaron hojas para almacenamiento de los datos, y para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, fue necesario el uso de recursos TICs (Tecnologías de Información y Comunicación).

Por otra parte, la recopilación de la información necesaria para el diseño y construcción del prototipo de secador solar, se realizó mediante la aplicación de entrevistas a docentes de la UNI (Universidad Nacional de Ingeniería) y a investigadores de otros lugares donde existen tecnologías solares similares al prototipo validado en esta investigación, esto con el objetivo de la revisión del diseño del prototipo y la formulación de su principio de funcionamiento. Así mismo se utilizó la observación para la evaluación de las muestras realizadas en la etapa experimental.

VI.IV Descripción de los objetivos.

Objetivo #1: Caracterizar la materia prima para establecer parámetros de control de proceso mediante pruebas de laboratorio.

Este objetivo consistió primeramente en la elección de la fruta que fuera más viable para el desarrollo de la investigación, en este caso una materia prima que se cultivara en la época de verano que es la etapa ideal para la evaluación del funcionamiento de la tecnología, posteriormente, en la elección de los parámetros que serían controlados en las materias primas previo al proceso de deshidratado, los cuales eran determinantes para la calidad del producto final ($^{\circ}$ Brix, pH, % de humedad y resistencia), y por último la estandarización del proceso productivo para el deshidratado de la fruta, esto mediante la aplicación de diversos tratamientos que fueron evaluados hasta elegir el más viable para la validación y para la obtención de un producto final con características organolépticas aceptables.

Objetivo #2: Determinar los requerimientos técnicos de diseño del prototipo de secador solar indirecto.

Dicho objetivo consistió en la realización del diseño y construcción del prototipo de secador solar, el cual fue determinado mediante la búsqueda de información sobre las tecnologías solares, así como la evaluación de tres tipos de materiales de construcción, hasta saber cuál sería el más viable para la construcción, una vez completada la fase anteriormente descrita se procedió a la construcción y validación del mismo.

Objetivo #3: Elaborar curvas de secado con datos experimentales, para obtener los tiempos óptimos de operación.

El propósito principal del cumplimiento de este objetivo consistió en determinar los tiempos para el proceso de secado, mediante la aplicación de una cantidad de repeticiones del proceso productivo previamente estandarizado en la etapa de caracterización, una vez obtenidos todos los datos necesarios, se procedió a la construcción de gráficas (curvas de secado) en función contenido de húmedas del

material contra el tiempo de secado (curva de secado), velocidad de secado contra contenido de humedad del material (curva de velocidad de secado), temperatura del material contra el contenido de humedad (curva de temperatura).

Objetivo #4: Determinar las características organolépticas del producto final a través de análisis sensoriales.

La aplicación de análisis sensoriales al producto, consistió en conocer la opinión de las personas respecto al producto obtenido mediante la validación del prototipo del secador solar, comparado con una tecnología industrial.

Objetivo #5: Calcular los costos totales de producción del secador solar indirecto comparado con un secador industrial.

El cumplimiento de este objetivo tuvo como propósito realizar una comparación de las dos tecnologías utilizadas para la validación, el prototipo de secador solar y la tecnología industrial, para conocer cuánto costó producir en ambas tecnologías, a escala de laboratorio.

VI.V Actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos.

Objetivo #1: Caracterizar la materia prima para establecer parámetros de control de proceso mediante pruebas de laboratorio.

El propósito principal de este objetivo fue definir los parámetros de control que fueron tomados en cuenta al momento del proceso de secado, así como todas las etapas que su desarrollo conllevó, las actividades realizadas para su alcance fueron:

Elegir el tipo de fruta a evaluar, que fue Hawaiana (Solo Sunrise), esto debido a que su pulpa es rica en agua, azúcares, vitaminas, minerales y sustancias colorantes, sus colores van desde amarillo pálido hasta amarillo rojizo, que son aptos para las exigencias del producto final.

Realización de control de calidad a la materia prima en base a sus propiedades físicas como madurez total, color, textura, olor, variedad, estado y firmeza; esto

fue realizado a través de la observación, el gusto y el tacto, lo cual fue llevado a cabo por los tesisistas.

La determinación de la existencia de calidad en la fruta inició con la decisión de compra, la cual estaba influenciada por la presentación física que esta poseía y dependía primeramente de su madurez, un aspecto fundamental, ya que éste es determinante para la calidad final del producto terminado.

De igual forma, como parte del proceso de caracterización de la fruta, previo a la estandarización del proceso productivo, fue necesaria la medición de °Brix, pH, resistencia, y porcentaje de humedad inicial de la papaya, para determinar cuáles fueron las condiciones óptimas de la misma de acuerdo a estos parámetros. Cabe señalar que se realizaron 5 repeticiones de cada una de éstas y posteriormente los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente aplicando media y desviación estándar.

A continuación, se presenta la metodología aplicada para la aplicación de cada una de las pruebas:

- Grados Brix.

Ilustración 3: Prueba de Grados Brix

Con el propósito de conocer el nivel de dulzor o azúcar presente en la papaya, lo cual fue tomado como un indicador de madurez. Para la obtención de dichos datos fue necesaria la utilización de un refractómetro con un rango de medición de 0 a 32 grados, el procedimiento de medición consistió en colocar jugo de fruta sobre el prisma, éste se tapaba con el cubre objetos, y posteriormente se observó en el ocular. (Observar ilustración 3)



Fuente: Elaboración propia.

- pH

Ilustración 4: Prueba de pH



Permitió conocer el nivel de basicidad o acidez presente en la fruta analizada, lo cual sirvió como indicador de madurez. Para medir este parámetro se obtenía el jugo de la papaya, al cual se le introducía una cinta de pH (Cintas para uso en laboratorio) por un periodo de 5 minutos y luego se comparaba el color obtenido con la escala de colores que mide el pH, de esta manera se conocía el rango de acidez o alcalinidad en la fruta, como es presentado en la ilustración 4.

Fuente: Elaboración propia.

- Porcentaje de humedad inicial.

Ilustración 5: Prueba de humedad inicial.



La finalidad de esta prueba fue conocer cuánto es el porcentaje de humedad inicial contenido en la papaya, para una vez alcanzado el porcentaje de humedad final deseado en la muestra, realizar las valoraciones de cuanto fue el porcentaje total de humedad perdido en

Fuente: Elaboración propia.

la fruta en un tiempo determinado. Para conocer dicho porcentaje fue necesario tomar 5 gramos de la fruta, los cuales se introdujeron en la mufla a 120 °C por tres horas, al peso final obtenido se le aplicó la fórmula matemática, postulada por Castillo (2009), la cual se basa en dividir el peso final de la muestra entre el peso inicial obtenido y luego multiplicado por 100, el valor obtenido es el porcentaje de materia seca de la muestra, que al restarle 100 indica el porcentaje de humedad inicial que contenía la papaya. En la siguiente ilustración (5), se puede observar una muestra antes y después de ser sometida a la prueba de humedad.

- Resistencia.

Ilustración 6: Prueba de resistencia.

Utilizada como un indicador de la madurez presente en la fruta, el propósito de la prueba fue conocer la dureza o resistencia de la papaya a la presión o fuerza. Para su aplicación fue necesario el uso de un penetrómetro, el cual se presionaba sobre la fruta con la punta de penetración, hasta que éste realizaba un orificio, al mismo tiempo se observaba el dato obtenido en kg/cm^2 , como es presentado en la ilustración 6.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que se realizaban de 4 a 5 repeticiones en diferentes partes de la fruta para al aplicar un promedio obtener datos más exactos.

Así mismo, otra de las actividades del objetivo de caracterización estaba relacionado con la definición del proceso productivo óptimo para el deshidratado de la papaya, para lo cual fue requerida la aplicación de diversos tratamientos, los cuales fueron sometidos a una serie de repeticiones (5 de cada uno), ya que según Dicovski (2016) “Para obtener mayor confiabilidad en los resultados de un experimento, el número mínimo de repeticiones no debe ser menor que cuatro”. Cabe señalar que todos fueron codificados de acuerdo al tipo y la repetición.

Es importante mencionar, que para el desarrollo de todos los tratamientos, se tomó como punto de partida, el proceso productivo presentado en el marco teórico, planteado por: Valdés (2008), de ahí se realizaron las modificaciones, según cada tratamiento, para las etapas de procesado de la papaya (corte y grosor) y control químico.

En este sentido, es importante destacar que la aplicación de tratamientos y repeticiones para esta etapa, tuvo como fin, determinar el tipo de corte y el grosor óptimo que permitió obtener en el producto final características organolépticas aceptables. A continuación se describe el proceso seguido para su ejecución:

- Tratamiento: Definición del tipo de corte.

Se evaluaron 3 tipos de cortes: juliana, cubos, y rodajas, los códigos utilizados para su identificación, se presentan en la siguiente tabla (4):

Tabla 4: Codificación tratamiento evaluación de cortes

Tipo de muestra	Código Asignado
Papaya en corte tipo juliana.	PCJ (# de Repetición)
Papaya en cortes tipo cubo.	PCC (# de Repetición)
Papaya en cortes tipo rodaja.	PCR (# de Repetición)

Fuente: Elaboración propia.

- Tratamiento: Definición del grosor. Una vez definido el tipo de corte a utilizar se procedió a la evaluación del grosor óptimo en la fruta, se evaluaron tres tipos de grosores. Los códigos utilizados se pueden observar en la tabla (5):

Tabla 5: Codificación tratamiento evaluación de cortes

Tipo de muestra	Código Asignado
Papaya con grosor 1	PC1 (# de Repetición)
Papaya con grosor 2	PC2(# de Repetición)
Papaya en cortes grosor 3	PC3(# de Repetición)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los tratamientos para la etapa de solución ácida, es notorio mencionar que la evaluación de esta radicó en que, de omitirse en el proceso, la papaya puede experimentar cambios causados por la enzima polifenol oxidasa (PPO), que cataliza la oxidación de diferentes moléculas en presencia de oxígeno, un proceso conocido como pardeamiento enzimático. Así mismo, deterioro por reacción de maillard, ambas causan afectaciones en las características organolépticas (color, olor, sabor y textura). Los materiales utilizados para su ejecución fueron: cuchillos, baldes, panas plásticas, platos de pesaje, tablas de picar, cocina industrial, beaker de 250, 500, 1000 y 2000 ml, calibradores, refractómetros, penetrometros, cintas de pH, bandejas, coladores, balanza

analítica y un deshidratador industrial. A continuación, se detallan todas las actividades realizadas para cada tratamiento:

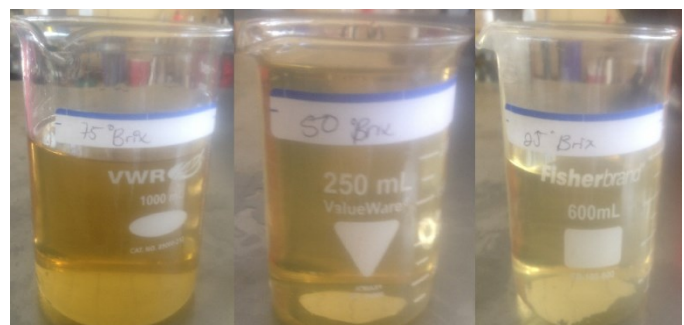
- Sumersión de la Papaya en jarabe de azúcar en concentraciones de 25 °Brix, 50 °Brix y 75 °Brix.

La aplicación de la sumersión de los cortes de papaya en la solución de jarabe, en las concentraciones (25,50 y 75 °Brix) tuvo como fin el cumplimiento del proceso de deshidratación osmótica, dicho proceso consiste en el desplazamiento del agua interna de la fruta mediante la entrada del azúcar hacia su parte interna, de modo que hay un intercambio del agua interna por azúcar. Este proceso se aplicó con el objetivo de eliminar una cantidad inicial del agua presente en la papaya, para que el proceso de secado se realizara en menor tiempo, y que a su vez el azúcar actuara como conservante y evitara la oxidación y proliferación de microorganismos.

Esta etapa era realizada después del procesado de la papaya (pelado, despepado y corte) y se iniciaba con la preparación de los tres tipos de jarabes para la sumersión 25, 50 y 75 °Brix. Debido a que no se contó con un refractómetro con escala de 80° Brix, ya que, el laboratorio de agroindustria solo cuenta con uno de 30 °Brix; se decidió trabajar con una relación (1:1) que indica que en un jarabe que contenga 1 lt de agua más 1 kg de azúcar hay una concentración de 50 °Brix.

Ilustración 7: Jarabes de 75, 50 y 75° Brix

Dicha referencia fue tomada de: Noticias Apícolas (2014). De modo que para la concentración de 25° Brix se trabajó con una relación de 0.5:1 (1/2 kg de azúcar + 1 litro de agua) y para la concentración de 75° Brix con una relación de 1.5:1 (1 ½ kilogramos de azúcar + 1 litro de agua).



Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 7 se pueden observar las diferencias de color y espesor de las concentraciones de jarabe.

Ilustración 8: Sumersión de frutas en jarabes.

En cuanto al tiempo de sumersión de las muestras, se tomó como referencia la información planteada por: Parzanese (2014) que indica que tiempo de sumersión era de



Fuente: Elaboración propia.

8 horas, y se divide en dos periodos, el primero dura 2 horas, ya que, es el tiempo en donde el alimento pierde la mayor cantidad de agua y el segundo 6 horas, donde es menor la pérdida de agua, ya que, la presión osmótica es menor, pasadas 8 horas la expulsión de agua es nula. En la ilustración 8 se muestran los bastones de papaya sumergidos en las concentraciones de azúcar.

Cabe señalar que, una vez finalizada la etapa se procedió al lavado, escurrido y pesado de la muestra para su posterior deshidratación, y ya obtenidas eran rotuladas con la fecha, los porcentajes de humedad y de acuerdo a los códigos que se indican en la siguiente tabla (6):

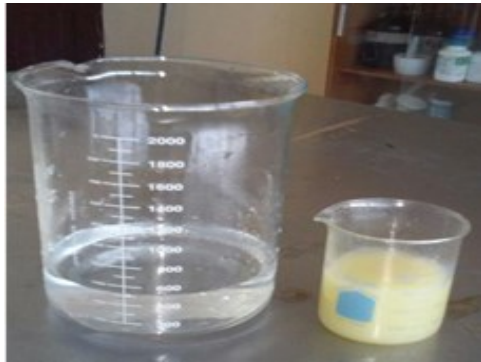
Tabla 6: Codificación de concentraciones para jarabes de azúcar.

Tipo de muestra	Código Asignado
Papaya en solución de jarabe de azúcar de 25°Brix en 1 litro de agua.	PJ25°B (# de Repetición)
Papaya en solución de jarabe de azúcar de 50°Brix en 1 litro de agua	PJ50°B (# de Repetición)
Papaya en solución de jarabe de azúcar de 75°Brix en 1 litro de agua	PJ75°B (# de Repetición)

Fuente: Elaboración propia.

- Sumersión de la Papaya en solución de limón en concentraciones de 125 y 250 mililitros.

Ilustración 9: Solución 250 ml de limón + 1 lt agua.



Fuente: Elaboración propia.

La idea de la sumersión de los cortes de la papaya en las soluciones de limón radicó en las propiedades antioxidantes que éste presenta por su composición en ácido cítrico, lo cual induce un descenso del pH y esto provoca que la enzima no pueda actuar de manera correcta, lo cual es planteado por: Almada & Cáceres (2005).

Esta etapa iniciaba después del procesado de la papaya (pelado, despepado y corte), y comenzaba con la preparación de las dos soluciones, las cuales se estipuló que fueran: de 125 ml en 1 litro de agua y de 250 ml en 1 litro de agua, esto se aprecia en la ilustración 9.

Una vez preparadas ambas soluciones, se procedía a la sumersión de los bastones por un tiempo de 10 minutos, luego eran escurridos por 10 minutos y éstas eran colocadas en bandejas, para su posterior deshidratación y enfriado. Al momento del empaque, se rotulaban con la fecha, los porcentajes de humedad obtenidos y los códigos que se indican en la siguiente tabla (7):

Tabla 7: Codificación de concentraciones para soluciones de limón.

Tipo de muestra	Código Asignado
Papaya en solución de 250 mililitros de jugo de limón 1 lito de agua.	PSL-250 (# de Repetición)
Papaya en solución de 125 mililitros de jugo de limón 1 lito de agua.	PSL-125 (# de Repetición)

Fuente: Elaboración propia.

- Sumersión de la Papaya en solución de ácido ascórbico en concentraciones de 2, 3 y 4 gramos.

Para la realización de estos tratamientos se trabajó igualmente con el proceso productivo planteado en el marco teórico, sin realizar ninguna modificación en el

tipo de reactivo para la solución ácida, sin embargo, se desarrollaron tres concentraciones diferentes; la primera de 2 gramos disueltos en un litro de agua, la segunda de tres gramos en un litro de agua y la tercera de cuatro gramos en un litro de agua, esto con el objetivo de evaluar cuál de las tres concentraciones era la más eficaz para dar buenas características físicas y organolépticas a la papaya deshidratada.

Una vez que se obtenían los cortes de la papaya se procedía a la sumersión de la misma en las soluciones de ácido ascórbico por 10 minutos, luego un tiempo de escurrido de otros diez minutos, y posteriormente, continuaba el deshidratado, enfriado y empaque; donde las muestras eran rotuladas con la fecha, los porcentajes de humedad y los códigos de acuerdo al tipo de concentración desarrollada, los cuales se indican en la siguiente tabla (8):

Tabla 8: Codificación de concentraciones para solución de AA

Tipo de muestra	Código Asignado
Papaya en solución de 2 gramos de ácido ascórbico en 1 litro agua.	PSAA-2 (# de Repetición)
Papaya en solución de 3 gramos de ácido ascórbico en 1 litro agua.	PSAA-3 (# de Repetición)
Papaya en solución de 4 gramos de ácido ascórbico en 1 litro agua.	PSAA-4 (# de Repetición)

Fuente: Elaboración propia.

- Sumersión de la Papaya sin ninguna solución.

En cuanto al desarrollo de este tratamiento, se eliminó la etapa de solución ácida, planteada en el proceso productivo que se tomó como base de estudio. La idea de su aplicación fue conocer si podían obtenerse resultados positivos (buenas características físicas y organolépticas), en las muestras sin necesidad de ser sumergidas en ningún tipo de solución; de modo que, después del corte eran directamente deshidratadas, enfriadas y empacadas, el código utilizado para este tratamiento se indica en la tabla 9.

Tabla 9: Codificación de tratamiento para papaya sin ninguna sumersión.

Tipo de muestra	Código Asignado
Papaya sin ninguna sumersión	PSS (# de Repetición)

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo #2: Determinar los requerimientos técnicos de diseño del prototipo de secador solar indirecto.

El desarrollo de las actividades para el cumplimiento de este objetivo abarcó la determinación de los parámetros de diseño, y construcción del equipo, así como la definición de los parámetros que serían controlados durante la validación del equipo. A continuación, se describen las actividades realizadas para el desarrollo del mismo:

Primeramente, se realizó la búsqueda y recopilación de información, acerca de las tecnologías construidas y validadas en la sede UNI-RUACS, esto con el objetivo de conocer y determinar el tipo de equipo que sería diseñado y construido.

Luego se procedió a realizar la recolección de información de carácter primario (entrevistas) y secundario (consultas en sitios web y libros), para la búsqueda de tecnologías que pudieran ser viables para la validación.

Una vez decidido el tipo de tecnología a validar se procedió a visitar lugares en donde se han diseñado, construido y validado tecnologías similares a la seleccionada, con el objetivo de evaluar los parámetros que fueron de relevancia en las tecnologías desarrolladas, así como las ventajas y desventajas presentadas, para que posteriormente, fueran tomadas en cuenta al momento de la construcción y validación de la tecnología seleccionada.

Las entrevistas aplicadas fueron de tipo no estructuradas, ya que, se trabajó sin un guion previo, pero sí se tenía una idea clara sobre qué era lo que se deseaba conocer, dichas entrevistas se realizaron en:

- Centro de mujeres solares ubicado en Madriz-Totogalpa, donde se entrevistó a Ingeniera Susan Kine experta en tecnologías solares.

- Universidad FAREM-Estelí (Facultad Regional Multidisciplinaria - Estelí), cabe señalar que se visitó esta universidad debido a que cuenta con la carrera de Ingeniería en Energías Renovables, la cual se destaca por su amplio conocimiento en el desarrollo de energías limpias. Se entrevistó a Ingeniero Luis Lorenzo Fuentes Peralta, coordinador y docente de dicha carrera.
- ASDENIC (Asociación de Desarrollo Social en Nicaragua), se aplicó entrevista a Licenciado Danis Ramón Pérez, el cual es encargado del procesamiento de frutas en las tecnologías solares desarrolladas en dicha organización.
- UNI-RUSB (Universidad Nacional de Ingeniería- Recinto Universitario Simón Bolívar), se entrevistó a M. Sc. Leonardo Chavarría Carrión, director de la oficina de post grados de la facultad de ingeniería química, debido a que posee amplios conocimientos en el área de secado y tecnologías solares.

Posteriormente, se continuó con la incorporación de las recomendaciones brindadas en las entrevistas aplicadas, para definir el principio de funcionamiento, las dimensiones y la capacidad que tendría el secador solar, esto fue definido de acuerdo a la cantidad de bandejas a establecer, los espacios entre bandejas, espacio entre equipo y el suelo, grosor de paredes, altura e inclinación suficiente para que favorezca la ventilación. Paralelamente se realizó la elección de los materiales de construcción, evaluándose tres tipos de materiales: madera, plástico y metal, en base a diversas características tales como: manejo de producto, costos, vida útil y dimensiones del equipo.

Seguidamente, se prosiguió a la construcción del prototipo de secador solar, una vez construido se determinó la ubicación de la tecnología para el proceso de validación de la misma, a fin de establecerlo en un lugar despejado sin presencia de árboles, con el fin de evitar obstáculos en la incidencia de los rayos del sol y a su vez facilitar la circulación del aire.

La última actividad comprendida para el desarrollo de este objetivo fue basada en la realización de pruebas de secado con el fin de evaluar el funcionamiento de la tecnología y detectar posibles fallas tanto en el equipo, como en el proceso de secado, así como en el producto final. De igual forma, la obtención de datos

específicos que permitieron conocer y evaluar las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas, esto se realizó mediante aplicación de pruebas estadísticas (media y desviación estándar) de todos los datos recopilados en el desarrollo de dichas pruebas. A continuación, se describen las pruebas de evaluación realizadas:

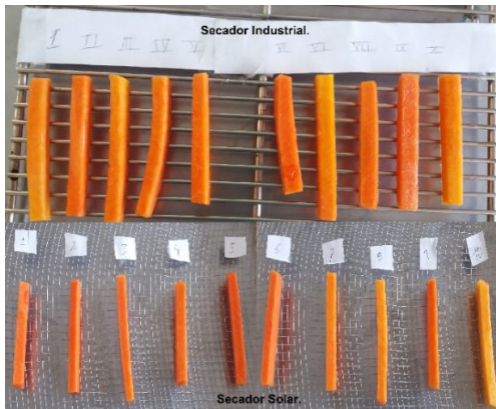
- Secado de papaya con el corte, grosor y tratamiento óptimo, donde se realizaron de 3 a 6 mediciones de temperatura y de pérdida de peso de las muestras, durante tres periodos importantes del día, por la mañana (7:00-8:00 a.m.), al medio día y por la tarde (4:00-5:00 p.m.), esto para conocer las horas de máximas temperaturas, así como evolución de las pérdidas de peso.
- Pruebas de comparación entre el prototipo de secador solar y el deshidratador industrial.

Como parte del proceso de aplicación de pruebas de funcionamiento al prototipo de secador solar, se realizaron pruebas iniciales de comparación entre el prototipo de secador solar y el deshidratador industrial (Thermo Scientific™ HERAtherm™), con el objetivo de comparar los tiempos de secado entre ambos equipos, las características del producto final: como lo son características organolépticas, cambios físicos (deterioro de la muestra) y químicos (fermentación y presencia de moho).

Objetivo #3: Elaborar curvas de secado con datos experimentales, para obtener los tiempos óptimos de operación.

El proceso desarrollado para el cumplimiento de este objetivo, se basó en la ejecución de dos experimentos, que fueron sometidos a 5 repeticiones cada uno, ya que, se retoma la metodología propuesta por Dicoyskiy (2016), la cual refiere que para que un experimento se considere válido científicamente se deben de realizar 4 repeticiones del tratamiento como mínimo. A continuación, se describe cada uno de los experimentos:

Ilustración 10: Muestras secado solar e industrial.



Fuente: Elaboración propia.

El primer experimento consistió en colocar 10 muestras en el secador solar y 10 en el industrial, todas con el mismo tamaño y peso (8 milímetros de grosor y 10 gramos de peso), cada una rotulada con un código específico, como puede ser observado en la ilustración 10. Así mismo, se registraron mediciones de temperatura y humedad

relativa en función del tiempo transcurrido.

Las actividades de comparación entre ambas tecnologías llevadas a cabo, una vez concluido este experimento fueron:

- Registro de las temperaturas y humedades relativas, las cuales se realizaban a intervalos de una hora, en cuanto, al control de los pesos de las muestras se realizó en la mañana y la tarde transcurrido el primer día del proceso, los siguientes días, la medición se realizó según el avance de la pérdida de humedad, la cual fue entre 1 o 2 horas, cuando el proceso estaba por finalizar, cada 30 minutos.
- Para el secador industrial se estableció una temperatura constante, la cual fue de 40°C, esto debido a que era necesario establecer una temperatura similar a las que se alcanzaron en el secador solar, en cuanto al control de peso se realizó cada 1 o 2 horas y previo a la finalización del proceso, cada 30 minutos.
- Determinación de la pérdida de humedad durante los procesos de secado y evaluación del desempeño de cada una de las muestras a lo largo de toda la etapa.
- Comparación de los resultados obtenidos en función de las características organolépticas (color, olor, sabor, textura y apariencia).
- Se estableció la temperatura más alta alcanzada durante las repeticiones aplicadas.

- Elaboración de curvas de secado para las muestras evaluadas, tomando como referencia la base de datos obtenida, producto de las repeticiones aplicadas a este experimento.

Ilustración 11: Proceso a capacidad máxima.



Así mismo, el segundo experimento se desarrolló realizando procesos productivos de deshidratado a capacidad máxima de fruta, en el secador solar (observar ilustración 11), donde se estableció, que no era determinante que las muestras tuvieran el mismo peso, pero sí mismo grosor, que el experimento anteriormente descrito (8 milímetros).

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se registraron mediciones de temperatura y humedad relativa en función del tiempo transcurrido.

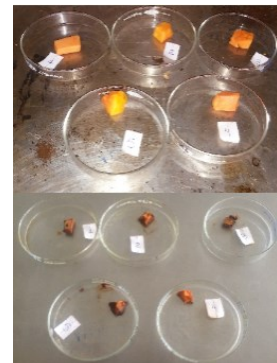
Las actividades que se ejecutaron durante la realización de este experimento fueron:

- Caracterización de la fruta previo al proceso de deshidratado, mediante la aplicación de pruebas de °Brix, pH, resistencia y % Humedad inicial. Éstas fueron determinadas mediante la aplicación de promedios con los datos registrados para cada papaya utilizada. Para esto, era necesario la rotulación de cada papaya con un número específico, lo cual facilitaba el registro de los datos obtenidos para cada fruta.

Ilustración 12: Prueba de humedad

En la ilustración 12 puede observarse la rotulación de papayas diferentes antes y después de la prueba de humedad.

- Registro de las temperaturas cada dos horas, así mismo, de los pesos y porcentajes de humedad de las muestras, tres veces al día en la etapa inicial del proceso, y ya acercándose el porcentaje de



Fuente: Elaboración propia.

humedad deseado, cada media o cada hora. Para facilitar este procedimiento se seleccionaron 6 bastones de las dos bandejas los cuales fueron pesados y rotulados, de esta manera se evitaba sacar todo el lote del producto.

- Determinación del tiempo de deshidratado y el producto final obtenido, de acuerdo con la materia prima inicial sometida al proceso.
- Registro de la temperatura más alta alcanzada durante las repeticiones aplicadas.
- Elaboración de balances de materia con el fin de conocer la pérdida de humedad durante el proceso.
- Evaluación de la calidad física y organoléptica (color, olor, sabor, textura y apariencia), de las muestras obtenidas, por medio de un consolidado de todas las evaluaciones realizadas por los tesisistas, al finalizar cada uno de los procesos.
- Determinación de la vida útil de anaquel de las muestras para la cual, se tomó en cuenta la metodología plateada por PyMERural (2012), donde los pasos ejecutados fueron los siguientes:
 1. Se eligió el lugar adecuado para el almacenamiento con las condiciones suficientes para resguardar las muestras de polvo y agua, con ventilación que aseguraba la circulación del aire y buena higiene.
 2. Se seleccionaron 10 panelistas con conocimiento básico del producto.

Ilustración 13: Muestras para evaluación.

3. Las muestras se tomaron del proceso del mismo día, al azar y la cantidad se definió de acuerdo al número de catadores y de veces que se realizó la prueba. Éstas fueron almacenadas por separado para cada panelista, en bolsas rotuladas con un código específico para cada persona, el cual indicaba el nombre y número en la hoja de evaluación, como puede ser observado en la ilustración 13



Fuente: Elaboración propia.

4. Se procedió a realizar las pruebas de seguimiento, donde los panelistas evaluaron el aroma, la apariencia, la textura y el sabor del producto, donde se realizó una primera degustación que fue considerada como la prueba de control.
5. Una vez aplicada la prueba de control se procedió con la de seguimiento, la cual, consistió en que los panelistas evaluaran las muestras en función de las características organolépticas identificadas en la primera prueba. Las evaluaciones se realizaron cada semana.
6. Cada panelista al terminar de realizar la catación de las muestras llenaba su valoración en una hoja de evaluación que registraba los resultados de cada día. La cual puede ser observada en el anexo 1.
7. Una vez obtenidos datos de las evaluaciones, se procedió al procesamiento y análisis de los datos, mediante la elaboración de graficas de barras desarrolladas en función de las puntuaciones asignadas por cada característica evaluada.

Objetivo #4: Determinar las características organolépticas del producto final a través de análisis sensoriales.

En este sentido, el proceso dio inicio con la identificación del tipo de encuestas que se aplicarían y a su vez el panel evaluador. Éstas fueron orientadas al producto, donde se empleó un panel evaluador que sirvió como instrumento de medición. Se decidió utilizar este tipo de panel, ya que, por medio del mismo se pudieron identificar las diferencias alimenticias o características organolépticas entre las frutas deshidratadas en el secador solar con las del secador industrial; éste estuvo compuesto por 10 personas, ya que fue retomada la metodología planteada por watts & Ylimaki (1995), la cual menciona que “para las pruebas orientadas al producto se emplean paneles entre 5 a 15 personas”. Es válido destacar que esta muestra no fue seleccionada al azar.

Ilustración 14: Panel en encuesta.

La tarea de este panel fue evaluar las características finales obtenidas de las frutas deshidratadas en ambas tecnologías, identificando así, cual producto cumplía con las mejores características organolépticas como: color, olor, sabor, textura y apariencia; los panelistas fueron docentes de la Sede UNI – RUACS, estudiantes de quinto año y egresados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, se seleccionaron según su agudeza sensorial, y cumplieron con las siguientes características: tener un conocimiento



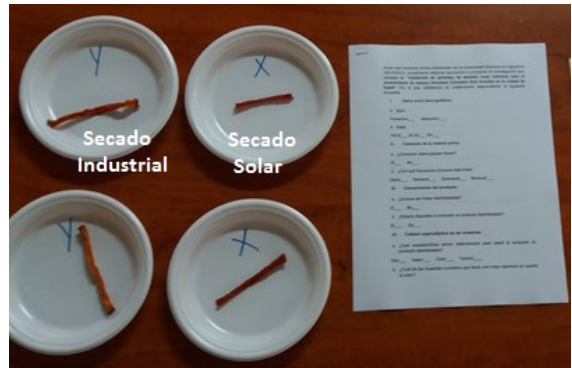
Fuente:
Elaboración propia.

básico sobre las muestras a catar, no se requirió que el panelista fuera consumidor del producto, sin embargo debía tener el paladar desarrollado para poder identificar el estado de la muestra en función de las características evaluadas. Observar ilustración 14

En el caso del formato de la encuesta aplicada, su redacción se desarrolló tomando en cuenta las referencias indicadas en Watts & Ylimaki (1995). Estuvo compuesta por 4 acápites los cuales se explican a continuación: El primer acápite se contempló para el conocimiento de los datos sociodemográficos de las personas encuestadas, los cuales fueron sexo y edad, el segundo acápite permitió conocer acerca del consumo de la materia prima principal para el desarrollo del producto, el cual planteó si el panelista consume la fruta y cuál es su frecuencia de consumo, el tercer acápite comprendió el conocimiento de los encuestados acerca del producto y si estarían dispuestos a consumirlo, el cuarto acápite se enfocó en la calidad organoléptica de las muestras presentadas al panel, básicamente las características organolépticas de las mismas (olor, color, sabor y textura), y por último se presentó un acápite que permitió conocer, que aspectos consideraron los encuestados que deben ser mejorados en todas las muestras evaluadas. En el Anexo 2 se muestra el formato de la encuesta aplicada.

Ilustración 15: Muestras testigo.

Para el desarrollo de la encuesta se presentaron 2 muestras diferentes a cada uno de los panelistas, a como se aprecia en la ilustración 15, vale decir que, las muestras evaluadas fueron las que salieron del proceso productivo que fue validado en la etapa experimental y con el cual se obtuvieron mejores resultados en



Fuente: Elaboración propia.

el prototipo de secador solar, se presentaron muestras tanto del secador solar como del secador industrial; éstas se brindaron de manera codificada, para facilitar la identificación tanto de los panelistas como de los investigadores, a continuación, en la tabla 10, se indican las codificaciones de las muestras a evaluar.

Tabla 10: Codificación de muestras a encuestar.

Nombre de la muestra	Código
Muestra secado solar (8 milímetros de grosor)	X
Muestra secado Industrial (8 milímetros de grosor)	Y

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo #5: Calcular los costos totales de producción del secador solar indirecto comparado con un secador industrial.

Para realizar la comparación de los costos de producción de papaya deshidratada, para el secador solar e industrial, se ejecutaron las siguientes actividades:

- La primera actividad desarrollada consistió en tomar los datos de un proceso, tanto en el secador solar como en el industrial a capacidad máxima, desarrollado con el tipo de corte estandarizado en la etapa de experimentación. Cabe señalar que las capacidades entre un equipo y otro son distintas, por lo tanto los costos desarrollados fueron por cada gramo de producto obtenido.

Una vez recopilados los datos se procedió a aplicar la fórmula para el cálculo de los costos de producción en ambas tecnologías, postulada por Rángel & Gutiérrez (2005) la cual refiere que:

$$CP= CMP+CMO+CIF$$

Donde:

CP: costo de producción.

CMP: costo de materia prima.

CMO: costo de mano de obra.

CIF: costo de fabricación.

Cabe señalar que, el cálculo de mano de obra se realizó usando el método de prorrateo, el cual consistió, en usar como base el salario mínimo exigido por el Ministerio del Trabajo (MITRAB) para los obreros nicaragüenses, éste fue dividido entre la cantidad de días del mes y el resultado obtenido se dividió entre la cantidad de horas del día trabajadas por el obrero en cada proceso, ya fuera industrial o solar, para asignar el pago por hora para cada trabajador. Es importante mencionar que se realizó de esta forma, porque el desarrollo de este producto en ambas tecnologías es a escala de laboratorio.

- La segunda actividad llevada a cabo consistió en calcular la inversión inicial necesaria para la adquisición del secador solar y el industrial, donde se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Para el secador solar se consideró: el costo de construcción de la tecnología en el taller; la cual, incluye el costo de los materiales, su transporte y la mano de obra, así como el de las modificaciones aplicadas y su transporte hacia el sitio de fabricación y posteriormente al recinto universitario.

En el caso del secador industrial, únicamente se tomaron en cuenta dos aspectos los cuales fueron: el costo de adquisición de la tecnología y su envío.

- La tercera actividad estuvo en función de conocer el gasto energético empleado durante el proceso productivo, el cual se desarrolló mediante las siguientes actividades:

Para conocer el gasto energético del secador industrial, se utilizaron los tiempos de operación y la potencia en watts de la tecnología utilizada en la validación, la cual fue multiplicada por la cantidad de horas que se utilizó el equipo. El valor obtenido se convirtió a kilowatts/hora, para posteriormente, multiplicarlo por la tarifa energética asignada para el ámbito educativo en Nicaragua, la cual fue obtenida del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) 2016.

En el caso del prototipo de secador solar, no se requirió el cálculo del gasto energético, ya que su fuente de energía es la luz solar.

- La cuarta actividad consistió en detallar y calcular las operaciones de mantenimiento para ambas tecnologías, las cuales consistieron en todas las actividades que incluyan la limpieza y la verificación de que los equipos estén funcionando correctamente.
- La quinta actividad llevada a cabo, fue el cálculo de la depreciación de ambas tecnologías mediante la aplicación de la fórmula financiera, postulada por Navarro (2012) en la cual indica lo siguiente:

$$Dt = \frac{P - Vs}{n}$$

Donde:

Dt= cargo por depreciación en el año t.

P= costo inicial o valor de adquisición del activo por depreciar.

Vs= valor de salvamento o valor de venta estimado del activo al final de la vida útil.

n= vida útil del activo o vida depreciable esperada del activo o período de recuperación de la inversión.

Una vez obtenidos los valores para el costo de producción, inversión inicial, gasto energético, mantenimiento y depreciaciones de ambas tecnologías se procedió a la comparación de las mismas según los resultados obtenidos.

- La última actividad llevada a cabo para el cumplimiento de este objetivo fue aplicar los costos de oportunidad entre el prototipo de secador solar y el industrial.

VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este acápite se presentan los resultados obtenidos durante la etapa de experimentación para cada uno de los objetivos planteados en la metodología de este proyecto de investigación:

VII.I Caracterización de la materia prima.

Como se mencionó en la metodología, el tipo de fruta seleccionada fue la papaya hawaiana, donde se obtuvo como resultado que su longitud está entre 10 - 25 cm de largo y 7 – 15 cm diámetro, esta favorece a la adecuada realización de los cortes, y como no es totalmente jugosa facilita el secado de la misma.

La determinación de los parámetros iniciales en la papaya, se realizaron a través de la observación, el tacto y el gusto, obteniéndose los siguientes resultados:

- Madurez total:

Ilustración 16: Madurez óptima de la Papaya

Es un factor determinante para el proceso productivo y la calidad del producto final. Durante el desarrollo de las pruebas experimentales se comprobó la teoría planteada por:



Fuente: Elaboración propia.

Hernández (2007), la cual indica que el

grado óptimo de madurez de la fruta es cuando esta posee 80% de color amarillo y el 20% de color verde, como es observado en la ilustración 16. Podría decirse entonces que bajo estas condiciones, se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a las características organolépticas del producto final.

Ilustración 17: Muestras pegadas en las bandejas

Si la papaya se encuentra simple, el producto final no tendrá ningún sabor, si tiene una madurez elevada, el olor y sabor de la misma es muy fuerte, afectando las características organolépticas finales, de



Fuente: Elaboración propia.

igual forma se dificulta la realización de los cortes y una vez comenzado el deshidratado ésta se pega en las bandejas, observar ilustración 17.

Ilustración 18: Muestras con reacción de maillard

Por otra parte es importante mencionar que la madurez elevada da lugar a la reacción de maillard, (ver ilustración 18) y la cristalización de los azúcares presentes en la fruta, dificultando el proceso de deshidratado, ya que,



Fuente: Elaboración propia.

transcurrido un día después de finalizar el proceso, el producto se llena de humedad, esto debido a que el azúcar interno presente en la fruta forma una película alrededor de la muestra, que evita la total salida del agua; ésta también genera cambios de color, olor y sabor.

Por último si la fruta se encuentra en estado verde o sea más del 30% la textura de esta es muy dura, dificulta la realización de los cortes y la leche presente en la misma afecta en la textura y sabor del producto final.

- Textura: debe ser firme, ya que ésta permite la realización exacta de los cortes.
- Olor y sabor: debe ser agradable al olfato y el gusto.

VII.I.I Resistencia, grados °Brix, pH y porcentaje de humedad de la fruta.

Una vez obtenidos los datos de cada una de las pruebas realizadas (Resistencia, grados °Brix, pH y porcentaje de humedad) para cada tratamiento, los cuales pueden observarse tabulados en el anexo 3, se procedió a la aplicación de medidas de tendencia central, las cuales fueron: media, varianza y desviación estándar, a continuación, se presentan los resultados obtenidos:

- Resistencia.

Se calcularon los valores de resistencia en cada una de las papayas utilizadas en las pruebas de caracterización. Para estos datos se obtuvo una media de 5.72 kg/cm², lo que indica que las papayas utilizadas generalmente presentaron la

dureza adecuada para el proceso, ya que, permitió que al momento del corte no se produjeran fracturas y pérdidas de fruta.

Partiendo de la media obtenida anteriormente, se calculó la desviación estándar, la cual equivale a: 0.92, esto indica que los valores de la resistencia pueden estar 0.92 por encima o debajo de la media, lo que permitió establecer un rango de 4.80 a 6.64 kg/cm². Considerando el mayor valor posible dentro del rango (6.64 kg/cm²) la papaya es aceptable para el procesamiento, y el menor valor (4.80 kg/cm²) también resulta aceptable, sin embargo, valores menores a éste no son permitidos, debido a que la papaya se encuentra muy suave.

- Grados Brix.

En cuanto a los resultados obtenidos en las mediciones de grados Brix, se obtuvo una media de 8.78 °Brix, la cual cumplió con los requerimientos adecuados, para que la papaya pudiera ser procesada, debido a que poseía la cantidad necesaria de sólidos solubles para brindar las características organolépticas del producto final. Así mismo la desviación estándar encontrada fue de 1.68 ° Brix, esto significa que la cantidad de sólidos solubles presentes en la papaya se encuentran en 1.68 por encima o por debajo de la media (8.78 °Brix). Teniendo así, como mayor valor (10.46 °Brix) y como menor valor (7.10°Brix), por lo cual los valores comprendidos dentro del rango son permitidos para procesamiento, valores superiores o inferiores provocan afectaciones en el producto final.

- pH.

Respecto a los datos procedentes de las mediciones de pH se alcanzó una media de 6.57, la cual es idónea para el procesado de la papaya. También se determinó el valor de la desviación estándar, el cual fue de 0.48, lo que indica un rango de 5.85-6.82 pH, sin embargo, dentro de este rango se evitan valores que se encuentren por debajo de 6 ya que, éstos indican una papaya ácida, que produce cambios en las características organolépticas del producto final, así también favorece la fermentación y la formación de moho.

- Porcentaje de humedad.

El valor medio obtenido durante la realización de las pruebas de humedad inicial fue de 90.62 %, este valor indica un porcentaje adecuado de materia seca

presente en la papaya, lo que permitió obtener tiempos óptimos de deshidratado. De igual manera, se calculó el valor de la desviación estándar, el cual fue de 1.32%, este porcentaje no representa un valor significativo de variación debido a que en un rango de 89.30-91.95% las características organolépticas del producto final no difieren considerablemente. Sin embargo, las papayas que posean una humedad inicial por encima de 92% no son aptas para el procesamiento, ya que, la cantidad de materia seca es muy pequeña y los tiempos de deshidratado de la misma son muy largos (8-10 horas).

Definición del proceso productivo.

Para definir el proceso productivo óptimo para el deshidratado, se evaluaron diferentes tratamientos, desarrollados en función del tipo de corte (juliana, cubos y rodajas), el grosor y el tipo de solución que contrarrestaría la oxidación de la fruta (ácido ascórbico, limón y jarabes de azúcar), estos con 5 repeticiones cada uno. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

VII.I.II Evaluación del corte.

Para la definición del corte se evaluaron tres alternativas, estas fueron: rodajas, cubos y cortes tipo juliana esto con el fin de obtener un corte que permita un proceso óptimo de deshidratado sin alterar las características organolépticas del producto final. En el anexo 4 se indican los datos recopilados para las características organolépticas. Los resultados de dicha evaluación se muestran a continuación:

Rodajas.

Ilustración 19: Corte Rodajas.



Debido a la forma de la fruta resultó difícil la realización exacta de los cortes, por lo tanto, el secado no es uniforme, obteniéndose entonces en su mayoría muestras de textura dura, acartonada y apariencia no característica.

Así mismo, algunas de éstas tienen la mitad de buen color y sabor, pero la otra mitad se quema por

Fuente: Elaboración propia.

completo o tiene aún humedad presente, lo cual hace que sea difícil de morder, esto se puede observar en la ilustración 19.

Cubos.

Ilustración 20: Corte cubos.

Si la fruta presenta una buena madurez se obtienen muestras de buen sabor y olor; con textura arrugada y color característico, pero en su mayoría las orillas de estas se queman (ver ilustración 20), de lo contrario ésta presenta un sabor no característico y textura dura, hulosa, además de que se pega en los dientes, en cuanto al olor no es considerado aceptable, ya que, en este se evidenció el alto grado de madurez de la fruta.



Fuente:

Elaboración propia

En cuanto al manejo de ésta en proceso, se dificultó la realización de los cortes, además de que hay grandes desperdicios de fruta, así mismo durante el deshidratado, este puede pegarse en las bandejas o caerse de las mismas conforme va reduciendo de tamaño.

Juliana.

Ilustración 21: Cortes Juliana.



Fuente: Elaboración propia.

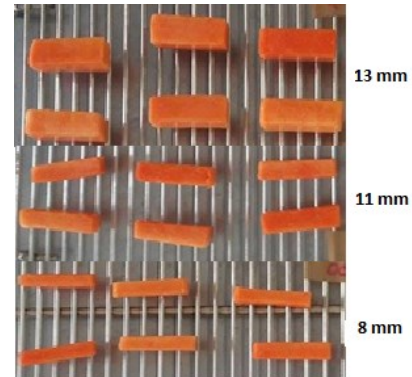
se queman, además de que hay afectaciones en el sabor, textura y apariencia, esto se puede observar en la ilustración 21

En vista de los resultados anteriormente descritos se determinó que el tipo de corte a evaluar sería el Juliana, ya que este permitió obtener mejores resultados en cuanto a las características organolépticas y el manejo en la etapa de corte y deshidratado.

VII.I.III Evaluación del grosor.

Ilustración 22: Grosos corte juliana

Como es mencionado en el párrafo anterior el corte seleccionado fue el “Juliana”, posteriormente se procedió a la evaluación del mismo. En este sentido se evaluaron 3 tipos de grosos (8 mm, 11 mm y 13 mm), todos en igualdad de condiciones, lo cual se presenta en la ilustración 22



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que en el anexo 4 se presentan los datos recopilados durante el desarrollo del proceso productivo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

PCJ 8 milímetros.

Ilustración 23: Muestra con grosor de 8 mm.

Presentó características organolépticas no aceptables, ya que, se identificó color no característico, textura dura, sabor simple o quemado, de consistencia dura y acartonada, por lo cual es difícil de morder. En ocasiones cuando ocurre reacción de maillard (producto del alto grado de madurez), esta se pega en los dientes y presenta un sabor a fruta caramelizada. Lo cual puede ser observado en la ilustración 23



Fuente: Elaboración propia.

PCJ-11 milímetros.

Si se trabaja con una papaya que tenga la madurez requerida (80% maduro - 20% verde), se obtienen como resultado buenas características organolépticas, ya que se evidencia el sabor de la fruta en la muestra deshidratada, así mismo presenta un color y olor normal, además de que es de buena textura y no se pega en los dientes. De lo contrario al trabajar con una fruta que presente un alto grado de madurez ocurre reacción de maillard provocando cambios en el sabor, color y olor y también que las orillas de la muestra se quemen.

PCJ-13 milímetros.

Al trabajar con una papaya en el grado óptimo de madurez, se obtiene como resultado características organolépticas aceptables (buena textura, color, olor y sabor). En el caso de contar con una papaya que sobrepase el grado de madurez requerido, las muestras se ven afectadas por la reacción de maillard provocando que las orillas de estas se quemen, además de que hay afectaciones en las características físicas y organolépticas (color opaco, sabor y olor no característico).

Tomando en cuenta los resultados anteriormente descritos, para la evaluación de los grosores del corte tipo juliana, se determinó que el grosor a evaluar para la etapa de los tratamientos siguientes, sería el grosor de 11 mm, ya que, se presentaron buenos resultados en cuanto a las características organolépticas, además de que en comparación con la muestra de 13 mm, puede ahorrarse más cantidad de fruta, produciendo mayor cantidad de muestras para el deshidratado en la etapa de caracterización.

Una vez obtenido el corte y grosor óptimo de la papaya para el proceso de deshidratado de la misma, se procedió a realizar los diferentes tratamientos con la finalidad de obtener el proceso productivo que permita la deshidratación óptima de la papaya. Dichos tratamientos abarcaron el uso de diversas concentraciones tanto de limón como ácido ascórbico y jarabe de azúcar, así como también la realización del proceso sin ninguna solución.

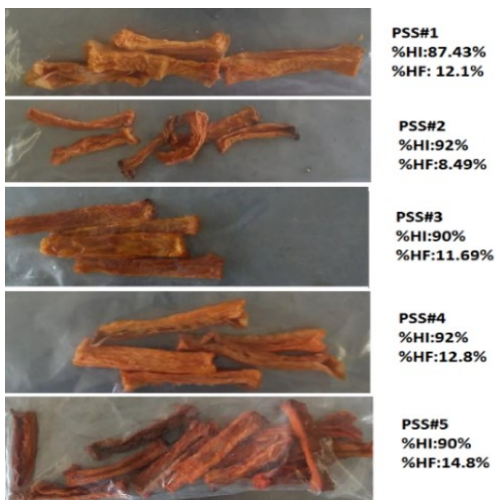
VII.I.IV Evaluación de los tratamientos aplicados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de los distintos tratamientos.

- **Papaya sin ninguna sumersión (PSS).**

A como es descrito en la metodología para la realización de este tratamiento se eliminó la etapa de sumersión en solución ácida, en el anexo 5 se presentan los datos recopilados durante el desarrollo del proceso y en el anexo 6 los pesos y porcentajes de humedad.

Ilustración 24: Papaya sin ninguna sumersión.



Fuente: Elaboración propia.

Entre los resultados obtenidos en las muestras evaluadas se presentó: sabor y olor agradable, de color opaco, textura correosa y acartonada. Así mismo hay afectaciones por reacción de maillard generando así que las orillas de la muestra se quemen, y al momento de ser degustada ésta se pega en los dientes y las bandejas.

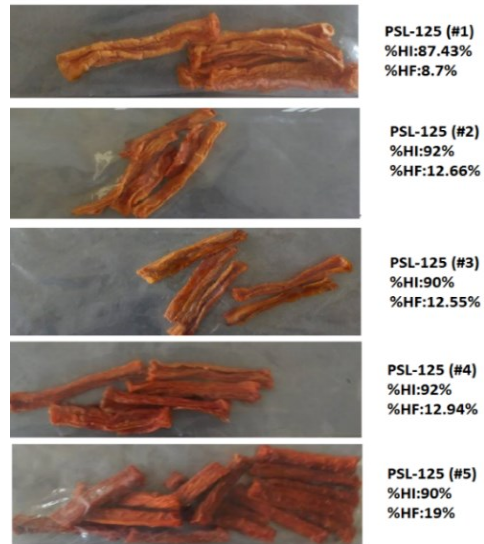
Transcurrido un día del proceso, las muestras toman humedad como se muestra en la ilustración 24.

- **Papaya en concentraciones de limón.**

Retomándose la metodología planteada con anterioridad se, realizaron las cinco repeticiones, con las diferentes concentraciones de limón, cabe señalar que en el anexo 7 se presentan los datos recopilados de las características físicas y organolépticas de las muestras, y en el anexo 8 los pesos y porcentajes de humedad obtenidos. Los resultados obtenidos fueron:

Ilustración 25: Papaya en 125 ml limón.

Para el tratamiento **PSL-125 (Papaya 125 ml de limón)** se obtuvieron muestras de textura correosa y acartonada, olor agradable, con sabor a papaya y no se percibe el sabor a limón, de color opaco, así mismo si la papaya está muy madura ocurre reacción de maillard provocando cambios de color y textura, de modo que se incrustan en los dientes al ser consumidas. Cabe señalar que se presentaron dificultades para tener uniformidad en los porcentajes de humedad, de modo que transcurrido entre 1 a 2 días del proceso algunas de éstas evidenciaron la presencia de humedad a como se observa en la ilustración 25



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26: Papaya solución de limón 250 ml

En cuanto a la concentración de **Papaya en 250 ml de limón (PSL-250)**, se obtuvo como resultado muestras de apariencia correosa y acartonada, se percibe el sabor a limón, ocurre reacción de maillard provocando cambios significativos en el color y la textura; obteniendo así muestras de color opaco, con orillas quemadas, que se alojan en los dientes cuando son consumidas. Luego de 1 o 2 días del proceso, se observa humedad en las muestras como se evidencia en la ilustración 26.



Fuente: Elaboración propia

- **Papaya en concentraciones de jarabe de azúcar.**

De igual manera para obtener los resultados de los tratamientos con soluciones de jarabe de azúcar se hizo uso de la metodología planteada inicialmente, en el anexo 9, se presentan los datos recopilados durante el desarrollo de las repeticiones para este tratamiento y en el anexo 10 los pesos y porcentajes de humedad obtenidos. Los resultados se muestran a continuación:

La solución de **Jarabe de azúcar a 25 °Brix (PJ-25°B)**, permitió obtener muestras, con características no aceptables, como color no característico al de papaya deshidratada, ocurre reacción de maillard y caramelización del azúcar aportado por el jarabe, en estas muestras no se percibió el sabor de la papaya.

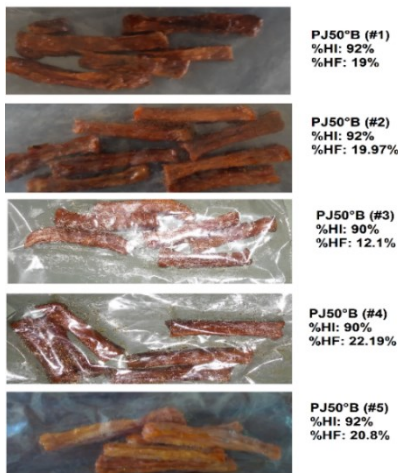
Ilustración 27: Jarabe de azúcar 25°Brix

El sabor que se percibe es a azúcar quemado, de apariencia brillante y cristalizada, textura hulosa y chiclosa, se pega en los dientes al consumir y en las manos al manipular; cabe señalar que si la papaya está muy madura presenta textura crujiente y acartonada como se muestra en la ilustración 27.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28: Jarabe de azúcar 50 °Brix

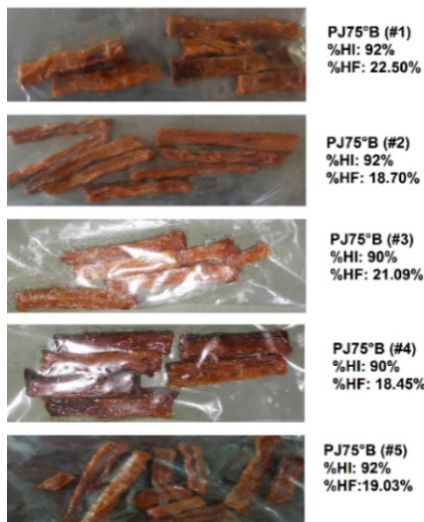


Así mismo, la solución de **Jarabe de 50 °Brix (PJ50°B)**, dio como resultado muestras de color no característico, esto debido a la reacción de maillard y caramelización del azúcar aportado por el jarabe a la fruta, no hay evidencia del sabor de la papaya, dicho sabor es totalmente propio del azúcar, su textura es chiclosa y dura para morder, se aloja en

Fuente: Elaboración propia

los dientes al consumirse, es de apariencia brillante y cristalizada y su color es oscuro, a como se observa en la ilustración 28.

Ilustración 29: Jarabe de azúcar 75 ° Brix



Por ultimo las muestras sumergidas en la **Solución de azúcar de 75 °Brix (PJ-75°B)** dieron como resultado un color no característico a la papaya deshidratada por la reacción de maillard y caramelización del azúcar aportado por el jarabe, las orillas se quemaron; no se percibe el sabor de la papaya, su sabor es a azúcar, de textura chiclosa y dura de morder, su apariencia es brillante y cristalizada como se puede apreciar en la ilustración 29.

Fuente: Elaboración propia

Es notorio destacar, que el proceso de ósmosis como tal, si dio buenos resultados, ya que entre mayor era la concentración de °Brix en los jarabes de azúcar, mayor fue la cantidad de peso perdido en las muestras, pasado dos horas del proceso de sumersión en las muestras, la concentración de jarabe se reducía, de modo que era necesario la agregación de más jarabe, para llegar nuevamente a la concentración inicial y que el proceso de ósmosis continuara.

Cabe señalar que, como el único jarabe que se podía medir era el de 25°Brix, se desconocía la disminución de °Brix de los jarabes de 50 y 75 °Brix, por lo tanto se utilizaba como referencia la cantidad agregada al de 25 °Brix, por ejemplo si el jarabe de 25°Brix se reducía a 23° Brix y se agregaban 2.5 ml, para el de 50°Brix se agregaban 5 ml y para el de 75°Brix se agregaban 7.5 ml.

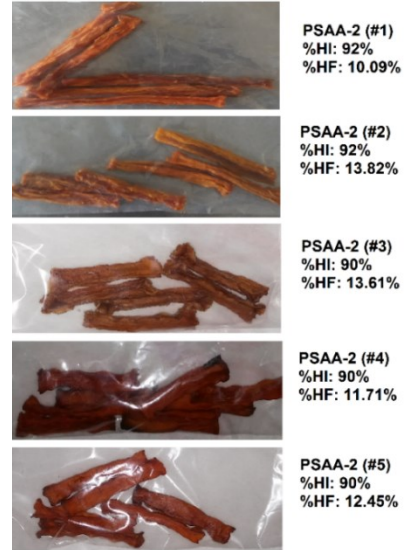
- **Papaya en concentraciones de Ácido Ascórbico**

Retomando lo mencionado en la metodología, este tratamiento se desarrolló como es planteado en el marco teórico y de este se desglosaron dos concentraciones más, en el anexo 11 se muestran los datos registrados de las características

físicas y organolépticas y en el anexo 12 los pesos y porcentajes de humedad de todas las repeticiones. Los resultados se muestran a continuación:

Ilustración 30: Papaya en 2 Gr de AA

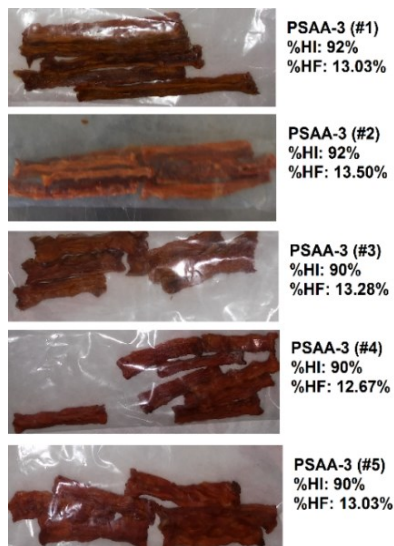
La papaya sumergida en la **Solución de 2 gr de ácido ascórbico (PSAA-2)**, inicialmente no dio buenos resultados, ya que se presentaron afectaciones en las características organolépticas, debido a la bandeja utilizada (Color oscuro, reacción de maillard, sabor a sarro en el producto). Una vez modificada la bandeja se presentaron cambios en las muestras, percibiéndose mejoras en el sabor, ya que, se sentía el sabor a la papaya fresca, olor aceptable y buena textura, cabe mencionar, que transcurrida una semana las muestras se oxidaron.



Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que si la papaya está muy madura ocurre reacción de maillard y por lo tanto cambios en sus características organolépticas. Así mismo la madurez induce la fermentación interna de la papaya la cual genera cambios en el olor y sabor de las muestras. (Ver Ilustración 30).

Ilustración 31: Papaya en 3 Gr de AA



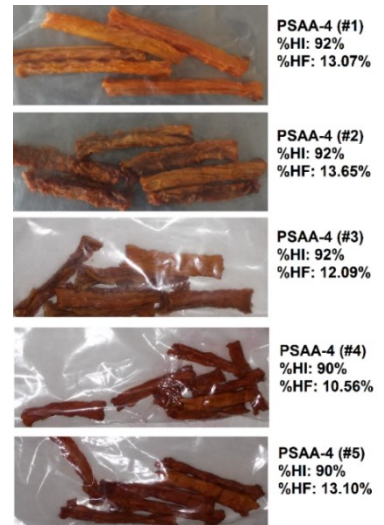
Para la concentración de **3 gramos de ácido ascórbico (PSAA-3)** también se realizaron modificaciones en las bandejas, obteniendo así resultados positivos, ya que las muestras presentaron un sabor agradable y característico a papaya deshidratada, no se percibe el ácido ascórbico, estas son de textura suave, no se incrusta en los dientes al consumirse, su color es característico al de papaya deshidratada, no ocurre reacción de maillard por tanto las orillas no se

Fuente: Elaboración propia

quemar lo cual se puede observar en la ilustración 31.

Ilustración 32: Papaya en 4 Gr de AA

La última concentración trabajada **4 gramos de ácido ascórbico (PSAA-4)** también requirió modificaciones en las bandejas, para contrarrestar los resultados inicialmente alcanzados, obteniéndose así buena textura, ya que las muestras no se alojan en los dientes al momento de ser consumidas, y poseen un color aceptable (como se refleja en la ilustración 32), sin embargo, se percibe el sabor y olor al ácido ascórbico.

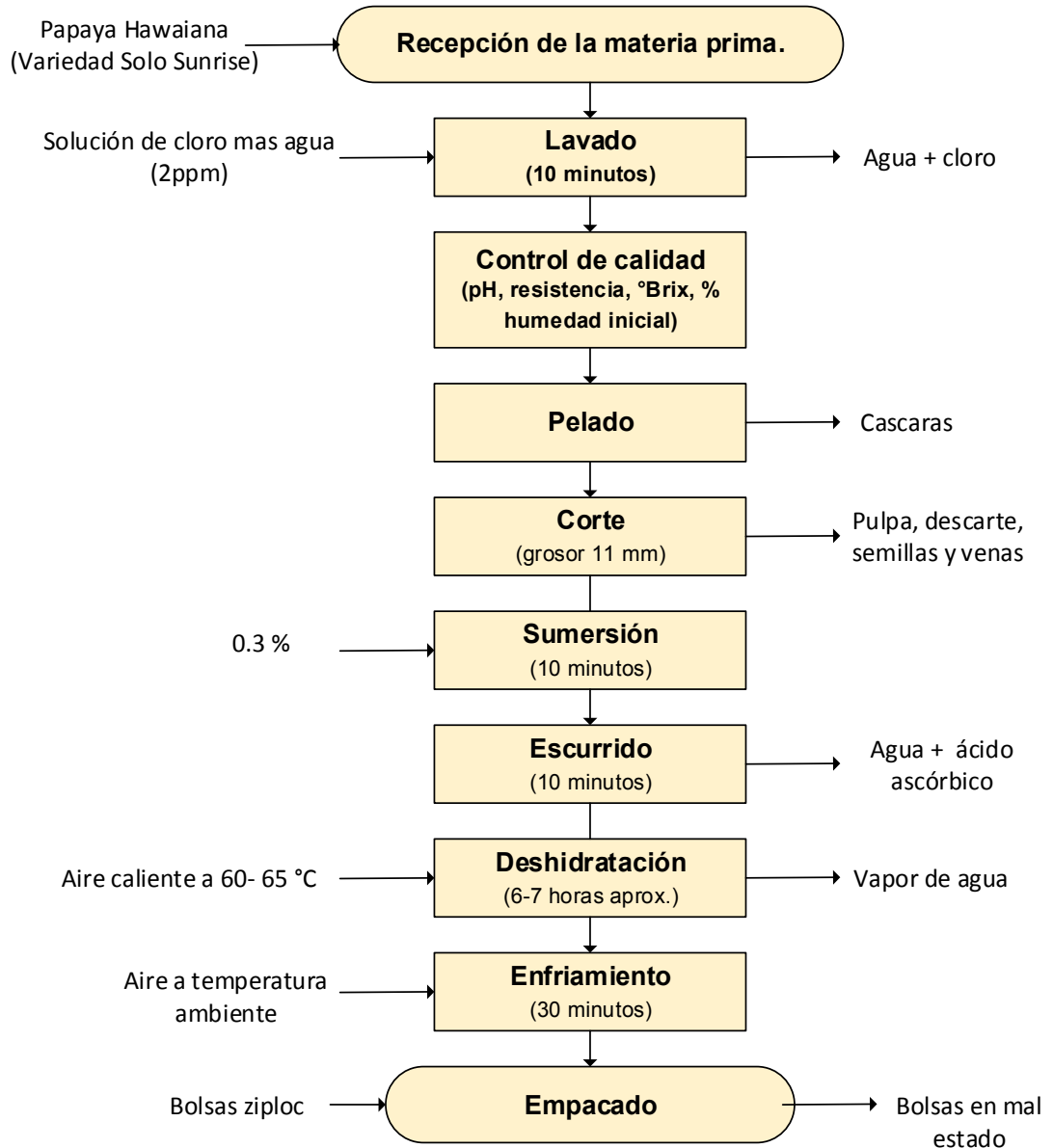


Fuente: Elaboración propia

Según los resultados planteados anteriormente y evaluando cual fue el tratamiento que obtuvo mejores resultados, se logró definir el proceso productivo óptimo para el deshidratado de la papaya. Dicho tratamiento fue papaya en corte juliana con un grosor de 11 milímetros (PCJ-11m), sumergido en una solución de ácido ascórbico al 0.3 % (PSAA-3), esto debido a que las características organolépticas del producto final obtenido mediante estos tratamientos fueron las más óptimas, así mismo no se produjeron afectaciones por cambios físicos y químicos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo utilizado para este proceso:

Diagrama 1: Proceso productivo papaya deshidratada secado industrial.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso.

Recepción: En esta etapa se seleccionó la papaya que fue utilizada para el proceso productivo, ésta tuvo que cumplir con ciertos requerimientos tales como: estar libre de magulladuras y golpes así como también que su madurez fuera la adecuada para el procesamiento, para esto se retomó el índice de madurez planteado por: Hernández (2007) que indica que la fruta está madura cuando tiene (80% color amarillo y 20% color verde).

Lavado: se procedió a sumergir la papaya en una solución de hipoclorito de sodio más agua a una concentración de 2 ppm, por un tiempo de 10 minutos, esto con la finalidad de eliminar cualquier materia extraña y posibles microorganismos presentes en la papaya.

Caracterización de la fruta: En esta etapa se procedió a la realización de pruebas de control, para conocer las características físico - químicas presentes en materia prima, las cuales fueron: °Brix, pH, resistencia y porcentaje de humedad inicial presente en la fruta, los datos registrados se pueden observar en el anexo 3.

Pelado: en esta etapa se retiró la cáscara, semilla y venas de la papaya.

Corte: Se procedió a realizar los cortes con un grosor 11 mm, de esta manera se obtuvo el volumen de papaya a deshidratar.

Solución de Ácido Ascórbico: Luego se continuó con la sumersión de los cortes de papaya en una solución de 0.3 % ácido ascórbico (3 gramos en un litro) durante 10 minutos, esto con el objetivo de preservar el color y sabor del producto, así como también detener la descomposición por la acción enzimática y reacción de maillard.

Ecurrido: Posteriormente se realizó el escurrido de la papaya durante un tiempo de 10 minutos para eliminar los residuos de la solución de ácido ascórbico y agua presente en la misma.

Deshidratado: A continuación, se siguió con la etapa de deshidratación en la cual la papaya se sometió a la acción de aire caliente entre (60-65 °C), a fin de eliminar la humedad presente en la misma, así mismo se monitorearon los pesos, para conocer los porcentajes de humedad obtenidos, que pueden ser observados en anexo 3, estos oscilaron entre (12 y 13%), ya que, según MipymeDigital (2012) la papaya deshidratada puede tener porcentajes de humedad entre 12 a 15%. En cuanto al tiempo de deshidratado fue 5 a 7 horas.

Enfriamiento: posteriormente la papaya deshidratada se dejó reposar por un período de 30 minutos para que ésta se enfríe totalmente y proceder al empaçado.

Empacado: Una vez enfriada la papaya deshidratada, se empacó en bolsas herméticas ziploc para que ésta no pierda, ni gane humedad.

Por último cabe señalar que el proceso productivo definido en esta etapa (diagrama 1), fue retomado para la validación del prototipo de secador solar, sin embargo, este puede o no variar durante la validación, ya que las temperaturas a alcanzar y la intensidad de las mismas son menores en comparación con las del secador industrial.

VII.II Requerimientos técnicos de diseño del prototipo de secador solar indirecto.

VII.II.I Búsqueda y recopilación de información

- Información de carácter primario. (Sede UNI-RUACS).

Ilustración 33: Secador solar tipo domo.



Se recopiló información de carácter primario en tesis realizadas por estudiantes egresados en la carrera de ingeniería agroindustrial, en donde se conoció de la existencia de una tecnología solar llamada: Secador solar tipo domo, que fue validada para el secado de café,

Tomado de: (Moreno & Hudiel, 2011). ésta consiste en una estructura de tubos PVC forrado con plástico transparente en forma de domo, este puede tener piso de concreto o tierra y en la parte superior se localiza una chimenea para la salida del aire retirado, lo cual se puede apreciar en la ilustración 33, su costo de adquisición es de 450 dólares, (Moreno & Hudiel, 2011).

Cabe señalar que para el desarrollo de la presente investigación se consideró esta tecnología como una alternativa para realizar la validación de la misma en el deshidratado de papaya. Sin embargo, se llegó a la conclusión de que esta tecnología no es viable, ya que sus materiales de construcción no aseguran la calidad e inocuidad de la fruta durante el proceso de secado y en el producto final, así mismo, sus dimensiones favorecen a que con la entrada de las personas para la ubicación de las bandejas y pesaje constante de las frutas, se provoque la contaminación cruzada, además, el tiempo de deshidratado sería mayor, debido a que por ser un espacio más grande, el proceso de convección y recolección de aire tomaría mayor cantidad de tiempo. De igual forma, el tiempo de vida útil sería menor comparado con un equipo de otro material de construcción más resistente como el metal, ya que

éste al ser de plástico es más susceptible al ataque de insectos, roedores, sol, lluvia y vientos excesivos.

- **Información de carácter secundario.**

En cuanto, a la información secundaria se realizó la indagación en diferentes sitios web, relacionados al tema de investigación y se encontró con diversos proyectos que referían parámetros de diseño, tales como: temperatura y tiempos de secado, costos de adquisición de los equipos, materiales de construcción, entre otros. Dichos parámetros sirvieron como pauta para el desarrollo de la investigación.

Visitas a lugares en donde se han diseñado, construido y que estén utilizando prototipos de secadores solares

Se aplicaron entrevistas de tipo abiertas, ya que no se contó con un guion previo para seguirse durante el proceso, sin embargo, el desarrollo de las mismas tuvo como idea central conocer la experiencia de los entrevistados en el diseño, construcción y validación de tecnologías solares. A continuación, se presentan los resultados de cada una de ellas:

- **Centro de Mujeres solares, ubicado en Totogalpa-Madriz.**

Se realizó la visita al centro de Mujeres solares ubicado en Madriz- Totogalpa, donde se entrevistó a la Ing. Susan Kine experta en tecnologías solares, la entrevista inició mediante la pregunta clave: ¿Qué tipo de tecnologías solares existen en el centro?

Cabe destacar que antes de empezar la entrevista se explicó a la entrevistada, cómo se pretendía realizar el diseño del secador solar, su funcionamiento, los materiales de construcción, la fruta a deshidratar y las temperaturas que se deseaban alcanzar.

Ilustración 34: Secador solar Totogalpa.



Cabe señalar que, en el Centro de Mujeres Solares, se obtuvieron observaciones de tecnologías similares a la que se validaría como lo fueron: las cocinas solares que son con secado directo y los secadores con secado indirecto, el objetivo de observar las distintas tecnologías, era recopilar los aspectos de interés que serían relevantes en cuanto al diseño del secador y el material de construcción, en

Fuente: Elaboración Propia. este caso la madera, en la ilustración 34, se presenta el prototipo de secador solar existente en este lugar, así mismo se percibió de manera notoria, que al llenarse de humedad produce moho en su estructura, careciendo de una protección que evite el deterioro de la pintura, siendo esto perjudicial para las frutas.

La madera como material principal es viable en cuanto a costos y resistencia, pero no asegura en su totalidad la calidad e inocuidad del producto. En cuanto a la pintura utilizada en estas tecnologías, no es la recomendada para diseño de equipos de alimentos, lo cual puede, contaminar el producto por olor, sabores extraños y agentes tóxicos, así mismo estas se decoloran al estar en contacto con el medio.

Tanto las cocinas como los secadores solares están cubiertas con fibra de vidrio las cuales funcionan como aislante de calor, evitando así la expulsión del mismo al medio, y por último en cuanto a la inclinación, ésta era mínima, lo cual dificultaba el tiempo de secado.

Terminada la entrevista la Ingeniera Susan Kine brindó recomendaciones sobre el diseño del sacador solar, las cuales se tomaron en cuenta, para finiquitar el diseño original, estas fueron: la incorporación de fibra de vidrio en la cámara de secado, para que esta conserve más calor en la misma antes de ser expulsado por la chimenea, ubicar la puerta de entrada de las bandejas en la parte trasera de la cámara de secado, para facilitar la ergonomía del proceso, la ubicación de

una compuerta de entrada de aire en el colector y la tapa de la chimenea, las cuales serían utilizadas para mantener la temperatura interna del secador durante la noche y evitar que las frutas ganen humedad, cuando no están siendo deshidratadas. Así mismo se definió el tipo de secador que se validaría, el cual fue un secador solar indirecto con colector, debido a que funciona a través del mecanismo de convección natural del aire, de igual manera se constituyó el principio de funcionamiento de la tecnología, teniendo en cuenta su diseño y estructura.

- **Universidad FAREM – Estelí (Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí).**

Como parte de la búsqueda de información local, otro de los sitios visitados fue FAREM Estelí, debido a que es la única universidad en el departamento que cuenta con la carrera de Ingeniería en energías renovables y se conoce de la existencia de tecnologías solares desarrolladas en los últimos años, las cuales han sido presentadas en las ferias locales.

Se entrevistó al Ingeniero Luis Lorenzo Fuentes Peralta, el cual es docente y coordinador de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables y responsable del PSP (Programa de Servicios Profesionales) de la UNAN -MANAGUA - FAREM Estelí. Obteniéndose como resultados que en este recinto no se han realizado proyectos de investigación relacionados con el diseño, construcción y validación de tecnologías solares, sin embargo, si hay prototipos de cocinas y deshidratadores solares, los cuales no han sido validados, debido a que únicamente han sido orientados a los estudiantes, como tareas cotidianas o trabajos de fin de curso. Motivo por el cual estos equipos desarrollados no se consideran como antecedentes, ya que no cuentan con el nivel técnico necesario que asegure la fiabilidad de sus resultados.

- **ASDENIC**

Se realizó una visita a La Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (ASDENIC) debido a que este centro realizó un proyecto de construcción de un secador solar con la ayuda de una brigada Americana. Se aplicó una entrevista al

Lic. Danis Ramón Pérez, el cual es el encargado del procesamiento de frutas en esta tecnología, los resultados obtenidos fueron:

Primeramente, el Lic. Pérez hizo una descripción de la tecnología, mencionando los siguientes aspectos:

Ilustración 35: Secador solar ASDENIC

- Los materiales de construcción son: plástico, madera, poroplast y zinc. El costo de adquisición oscila entre 80 y 90 dólares.
- Es movable, compuesto por un colector que tiene pequeños orificios para la entrada del aire, y una lámina de zinc transparente donde se receptiona la energía solar que posteriormente pasa por medio de un tubo a la cámara de secado.



Fuente: Elaboración propia.

- Cabe señalar que, ésta se encuentra forrada de láminas de poroplast pintadas de negro, la idea de pintarse de negro, es para que acumule más energía, que luego pasa por un tubo a la cámara de secado.
- Está compuesto de una cámara de secado también forrada en su parte interna con poroplast, posee 5 compartimentos de bandejas para colocar todo el producto que se va a deshidratar, éstas se pueden poner en posiciones diferentes, si el producto es demasiado grande.
- Tiene dos compartimentos de salida en las esquinas, para que toda la humedad extraída de las frutas pueda salir al medio y de esta forma quede seca y pueda conservarse. Es notorio destacar que todo lo anteriormente descrito se presenta en la ilustración 35.

Posteriormente, para concluir la entrevista el Lic. Pérez, mencionó que el costo de adquisición de esta tecnología oscila entre U\$ 80.00 a U\$ 90.00 y el tiempo de deshidratado está en función de las condiciones climáticas y la intensidad del sol.

En cuanto a las temperaturas más altas alcanzadas, indicó que éstas fueron de 90 a 100 °C, por ejemplo en temporada de verano el tiempo es de tres días como máximo para mango y jamaica.

El secador se mueve durante el día, según la llegada y salida del sol; también se toma en cuenta la temporada, ya que en periodo de invierno y verano el sol cambia su posición, entonces se buscan las áreas donde de directamente el sol. En el caso de los productos que se deshidratan son: naranja, limones y jamaica en mayores cantidades, los cuales son distribuidos para su venta en el mercado local y mangos solo para experimentación, en el caso del limón es deshidratado para ser comercializado como té.

- **UNI – RUSB en la facultad de Ingeniería Química (FIQ)**

Con el objetivo de obtener información técnica necesaria para el diseño del prototipo de secador solar se entrevistó a M. Sc. Leonardo Chavarría Carrión, director de la oficina de post grados de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUSB), debido a que posee amplios conocimientos en el área de secado y tecnologías solares. De dicha entrevista se obtuvieron diversos parámetros de gran importancia a tomar en cuenta para el diseño del prototipo de secador solar, los cuales se describen a continuación:

- Cantidad de materia a deshidratar: Este aspecto determina la capacidad de materia que el secador solar podrá albergar y por ende la cantidad y la disposición de las bandejas en la cámara de secado, así como también es un punto a considerar para calcular el calor y flujo de aire necesario para llevar a cabo el proceso de deshidratación de las frutas.
- Flujo de aire y calor necesario: para determinar las dimensiones del equipo es necesario considerar la cantidad de aire que fluirá desde el colector hacia la cámara de secado, esto debido a que cuanto mayor sea el flujo de aire mayor será la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura en el interior del equipo. También debe procurarse, que el aire ascienda en el mayor tiempo posible, ya que de esta manera le permitirá recibir más calor proveniente de los rayos solares y elevar su temperatura.

- Ubicación de la chimenea: se debe tener en cuenta que la humedad extraída de las frutas debe ser eliminada al medio, y es por ello que resulta necesario que el equipo cuente con una chimenea y ésta debe ubicarse en la parte central para evitar que el aire caliente sea expulsado antes de entrar en contacto con las frutas.
- Incidencia de los rayos solares: debido a que los rayos solares no inciden desde un punto fijo durante el transcurso del día, es necesario que el colector solar del equipo posea una inclinación que le permita recepcionar la mayor cantidad de dichos rayos solares.
- Monitoreo: para que el proceso de deshidratado sea el adecuado se debe realizar un monitoreo de ciertos parámetros, tales como pérdida de peso de las muestras y temperaturas alcanzadas en la cámara de secado. Para el monitoreo de la temperatura es recomendable realizarlo en las horas menos cálidas (8:00 a.m, 4:00 p.m.) y en las horas más cálidas (12:00 m.d, 02:00 p.m.) registrando los datos obtenidos en el interior de la cámara de secado y en el medio). Para realizar el monitoreo de pérdida de peso se recomienda, colocar cierto número específico de muestras (5-10), con un peso equivalente y rotular cada una de ellas, esto con el fin de retirar sólo una muestra cada vez que se realice el monitoreo y así evitar pérdidas de calor causadas por la continua acción de extraer todo el volumen de fruta de la cámara de secado.

Una vez concluido el proceso de visitas y análisis de las entrevistas aplicadas se concluyó con los siguientes aspectos:

- La madera y el zinc como material de construcción para el prototipo de secador solar, no resultan viables, ya que su vida útil es corta, debido a que estos no son resistentes a la exposición de condiciones climáticas adversas (lluvia), así también dichos materiales de construcción propician la contaminación del producto, debido a que éstos se ven afectados por la humedad y desprenden partículas que afectan la calidad e inocuidad del producto.

- El uso de fibra de vidrio permitirá mantener el calor presente en la cámara de secado el cual es recepcionado por el colector solar.
- Es necesario que se use pintura adecuada para pintar las superficies del prototipo de secador solar, las cuales puedan soportar altas temperaturas y no desprendan partículas que se peguen en el producto durante el secado.
- Durante el proceso de deshidratado el secador debe ser movido como las agujas del reloj, a lo largo del día para aprovechar todo el tiempo los rayos del sol.
- Es necesario que durante el proceso, se desarrollen metodologías que permitan evaluar las muestras sometidas al deshidratado, de esta manera se llevará un mayor control de la pérdida de humedad en las muestras.

VII.II.II Evaluación de alternativas de diseño para la construcción del prototipo de secador solar

Se evaluaron tres tipos de materiales: madera, plástico y metal (acero comercial) en base al costo de fabricación de la tecnología, su vida útil y la calidad e inocuidad del producto terminado.

- Evaluación del costo de fabricación.

Para la evaluación del costo de fabricación del prototipo de secador solar, en los tres tipos de materiales, se elaboraron 2 presupuestos de construcción, 1 para madera y 1 para plástico, en el caso del metal se visitó un taller industrial el cual facilitó únicamente los materiales de construcción, no sus cantidades. Cabe señalar que todos los presupuestos se trabajaron de acuerdo a las mismas dimensiones, a las que se deseaba construir la tecnología. En este sentido las dimensiones utilizadas fueron: un colector solar de: 0.61 metros de altura en la parte inferior, 0.89 metros de altura en la parte superior, 0.94 metros de longitud en la parte superior, 1.60 metros de longitud en la parte inferior. La cámara de secado con 0.69 metros en ambas partes laterales, superior e inferior y una chimenea con altura de 0.20 metros.

Los costos de construcción para cada tipo de material son:

- Madera: C\$ 5,715.00
- Plástico: C\$ 4,005.00
- Metal: C\$ 13,800.00

Es notorio destacar que, en el anexo 13, se presentan los presupuestos detallados, para cada uno de los materiales descritos anteriormente.

- Evaluación de la vida útil.

Para conocer la vida útil de los tres tipos de materiales se consultó en sitios web (informes de tesis, y normativas de materiales de construcción), en la tabla 11 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 11: Evaluación de la vida útil de los materiales de construcción

Madera	Plástico	Metal
El tipo de madera que se propuso como tipo de material para la construcción del prototipo es la de pino de cerro, que según el Instituto Nacional de tecnología industrial (INTI) 1998, la vida útil de esta es de 5 a 10 años, esto de acuerdo al tipo de cuidado y la exposición al ambiente. Sin embargo puede deteriorarse por la lluvia, el sol, la polilla y el viento.	De acuerdo a Besora (2016) el tiempo de vida útil de este material es de 2 a 3 años, sin embargo, este puede limitarse, al ocurrir una degradación en el mismo, ya que al estar expuesto a los rayos del sol, la radiación ultravioleta y la temperatura, hacen que este pueda romperse fácilmente, de igual forma por el ataque de insectos y roedores, el impacto de la lluvia y el viento.	En cuanto a este tipo de material González (2005) refiere que el tiempo de vida útil de una lámina de metal con pintura de protección es aproximadamente de 15 años, esto brindando condiciones de protección y mantenimiento. Es resistente al polvo y al viento. Cabe señalar que de no tener pintura anti corrosiva puede formarse sarro al estar a la expuesto al ambiente durante lluvias excesivas

Tomado de: INTI (1998), Besora (2016), González (2005)

- Evaluación de la calidad e inocuidad del material.

En la tabla 12, se presenta la evaluación de cada tipo de material en función de calidad e inocuidad de la materia prima.

Tabla 12: Evaluación de la calidad e inocuidad de los materiales

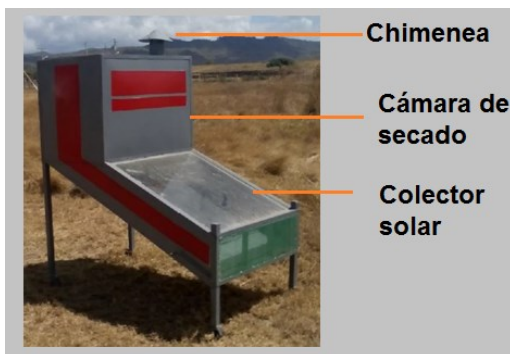
Madera	Plástico	Metal
Al entrar en contacto con la humedad y la lluvia, en las paredes hay formación de moho, lo cual provoca contaminación directa al producto. De igual forma el sol provoca el deterioro de la misma y su desprendimiento, provocando contaminación, por olor y sabores al producto.	Ataque de insectos y roedores producto de aberturas en el plástico deteriorado, así como, polvo y materiales extraños.	Hay una mayor protección del producto, ya que el material es resistente a las lluvias, no se deteriora con el sol, no permite la entrada de los insectos y roedores, que deterioren la estructura o el producto, así mismo no hay contaminaciones por olores.

Fuente: Elaboración propia.

En vista de los resultados anteriormente planteados se determinó que el tipo de material a usar para la construcción del prototipo de secador solar sería el metal, ya que a pesar de poseer un alto costo de construcción, este permite una mayor protección al producto y su vida útil es mayor en comparación con los otros materiales.

VII.II.III Descripción de la tecnología.

Ilustración 36: Prototipo de secador solar.



El deshidratador solar indirecto de cabina, (ver ilustración 36), está compuesto por un colector, el cual consiste en un compartimiento cuya función es recepcionar calor mediante los rayos solares; una cámara de secado, que tiene como fin, el secado de las frutas, dicha cámara está

Fuente: Elaboración propia

cubierta de fibra de vidrio lo cual ayuda a que el calor obtenido se mantenga dentro de la misma y no sea expulsado rápidamente al medio, posee una capacidad de dos bandejas, tiene una inclinación de 25 grados, lo cual favorece a una mayor circulación de aire del colector a la cámara y consta con una chimenea para la expulsión de la humedad presente en las frutas.

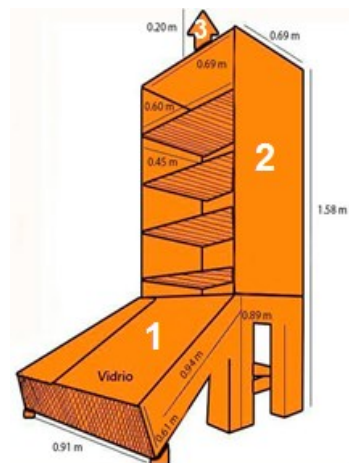
Principio de funcionamiento.

El aire es recepcionado en el colector del secador solar, el cual está compuesto por una placa negra y una lámina de vidrio, la luz viene en forma de energía lumínica, compuesta de ondas cortas con mucha energía, la cual al entrar en contacto con la placa del colector es transformada de energía lumínica en energía calorífica, que circula hacia el interior de la cámara de secado mediante el mecanismo de convección y/o efecto termosifón, el cual permite que las moléculas de aire de la energía calorífica choquen entre sí, de modo que el aire se vuelve más denso y liviano subiendo a la cámara de secado, arrastrando la humedad de las frutas, y expulsándola al medio a través de una chimenea.

Dimensiones del secador solar.

El prototipo de secador (ilustración 37), cuenta con las siguientes dimensiones:

Ilustración 37: Prototipo de secador solar indirecto.



1. Colector solar.
 - 0.61 metros de altura en la parte inferior.
 - 0.89 metros de altura en la parte superior.
 - 0.94 metros de longitud en la parte superior (fibra de vidrio).
 - 1.60 metros de longitud en la parte inferior.
 - Cámara de secado.
2. La cámara de secado posee 0.69 metros en ambas partes laterales y superior e inferior.
3. La chimenea posee una altura de 0.20 metros.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura Total del secador solar.

Toda la estructura del secador posee un ancho de 0.91 metros y una altura de 1.58 metros, lo cual permite la ventilación desde la parte más baja en el colector a la parte más alta de la chimenea favoreciendo así el proceso de deshidratado de las frutas.

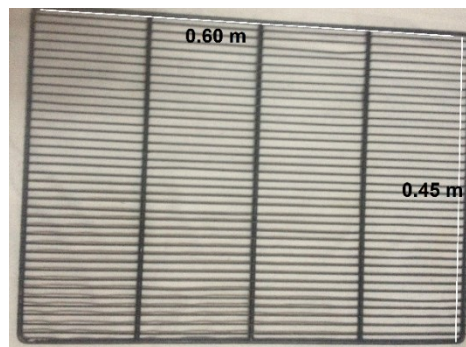
La estructura del deshidratador solar está formada en la parte externa por:

- Una placa de fibra de vidrio, la cual cuenta con un grosor de 6 mm, ésta con el fin de recepcionar la energía proveniente de los rayos solares.
- El resto de la estructura externa está constituida por láminas para soldar de metal compuesta por acero, la cual posee un grosor de 1 mm.
- Las láminas en el interior están pintadas con pintura grado alimenticio capaz de soportar altas temperaturas de hasta 600 °C (según el fabricante), lo cual evita que se desprendan partículas durante el proceso de deshidratado, que puedan poner en peligro la inocuidad del alimento.
- En el exterior está pintada con pintura a base de poliéster debido a su capacidad de adherencia y resistencia física y química.

Capacidad del secador solar.

En el secador solar se pueden colocar dos bandejas (Ilustración 38) de 0.60 metros de largo por 0.45 metros de ancho, cada una, en cada bandeja se pueden colocar aproximadamente 1300 gramos de papaya, para una capacidad total de 2600 g. El espacio entre cada una de las bandejas y las paredes internas del secador es de 0.15 metros.

Ilustración 38: Bandeja de metal



Fuente: Elaboración propia.

VIII.II.IV Construcción y ubicación de prototipo de secador solar.

Una vez construido el prototipo de secador solar, se procedió a su ubicación, la cual fue en la UNI-RUACS, ya que cuenta con un laboratorio de Agroindustria, el

cual tiene en existencia un deshidratador industrial, que es necesario para el desarrollo de las pruebas de comparación con el prototipo de secador solar, a la vez permite la preparación de las muestras y desarrollo del proceso productivo de manera inocua y controlada.

En este sentido, se evaluaron tres lugares diferentes en el recinto, para determinar cuál de los tres era el más apto para la validación, a continuación se describen cada uno de ellos y los resultados obtenidos.

- Lugar #1: La ubicación fue en el costado este del pabellón C, en el centro de una rotonda que tiene alrededor, tres pabellones de secciones y al frente una tarima, lo cual afectó para que el colector solar captara los rayos solares en las horas de la mañana y la tarde la salida del sol, el único momento de la captación era a mediodía.
- Lugar #2: Su ubicación fue al costado sur del pabellón C, tenía de frente la tarima y al lado derecho un pabellón de secciones, lo cual afectó la captación de los rayos solares en las horas de la tarde, ya que la sombra de la tarima cubría todo el colector del secador.
- Lugar #3: La ubicación fue el costado este del pabellón D, en el cual se obtuvieron mejores resultados, ya que los rayos solares daban directamente sobre el secador en los tres momentos del día: en la mañana, al mediodía y por la tarde, sin afectaciones de sombra de las instalaciones, además de que había suficiente ventilación.

En la ilustración 39 pueden observarse las diferencias que existen entre un lugar y otro.

Ilustración 39: Lugares evaluados para la ubicación del secador solar



Fuente: Elaboración propia.

VII.II.V Evaluación del funcionamiento del prototipo de secador solar.

Se aplicaron tres tipos de pruebas: pruebas de secado para evaluar el desempeño de las temperaturas, pruebas para evaluar el corte y grosor de la fruta, y pruebas de comparación de muestras obtenidas en el prototipo de secador solar y un deshidratador industrial Thermo Scientific™ HERAtherm™, es notorio destacar que el tratamiento aplicado a todas las pruebas fue el de la sumersión de la fruta en una solución al 0.3 % de ácido ascórbico, los resultados obtenidos fueron:

Pruebas de secado en el prototipo de secador solar para evaluar las temperaturas.

Se realizaron 5 pruebas de secado, en el deshidratador solar desde el día 28 de enero del 2016 al 04 de marzo del mismo año, las cuales correspondieron a papaya en corte juliana con grosor de 11 milímetros. Los datos de las temperaturas alcanzadas durante el día, fueron evaluados mediante la aplicación de promedios, los cuales pueden ser observados en el anexo 14 los resultados obtenidos fueron:

- La temperatura promedio en el interior de la cámara de secado fue de 33.28 °C mientras que la temperatura promedio registrada en el colector solar fue de 31.93 °C teniendo así una diferencia de 1.35 °C entre el colector solar y la cámara de secado.
- Las máximas temperaturas alcanzadas en la cámara de secado fueron de 42 °C, en los días más soleados.
- Las temperaturas mínimas en la cámara de secado oscilaron entre un 28 y 29 °C por lo general entre 7:00-8:00 a.m. y 4:00-5:00 p.m.

Cabe mencionar que, durante el período que se realizaron dichas pruebas, hubo mucha variabilidad climática, presentándose en muchas ocasiones días totalmente nublados, los cuales no fueron idóneos para el proceso de deshidratado y por ende los datos obtenidos (Ver anexo 14), no reflejaron las condiciones esperadas en el secador solar.

Ilustración 40: Termómetro.

Así mismo, durante la realización de estas pruebas, debido a la falta de un instrumento adecuado (termómetro de sonda), para tomar las temperaturas en el interior de la cámara de secado, al realizar las mediciones se recurría a abrir constantemente dicha cámara de secado, lo que ocasionaba pérdidas de calor y por ende los datos registrados no fueron exactos. En la ilustración 40 se puede observar el termómetro utilizado en esta etapa.



Fuente: Elaboración propia.

Pruebas de secado para evaluar el grosor de la muestra y el tipo de corte (11 milímetros y corte de tipo juliana)

El tiempo de deshidratado fue de 6 a 7 días aproximadamente, en cuanto a las características organolépticas en el producto, se evidencia el sabor a la papaya con fermentación y presentó estructura rugosa. También se probó otras muestras de mayor grosor (13 mm), obteniéndose un mayor tiempo de deshidratado (7-10 días), además la muestra se fermentaba y llenaba de moho rápidamente.

Un factor determinante a tomar en cuenta fue que si la fruta no tiene la madurez ideal, durante el proceso de secado en los momentos de pesaje se deteriora y desprende pulpa, lo cual produce variaciones en los pesos de la muestra y por tanto en los porcentajes de humedad. Así mismo si la fruta está muy madura ocurre reacción de maillard y caramelización de los azúcares presentes en la fruta produciendo afectaciones de color, sabor, olor y textura.

Pruebas de comparación entre el deshidratador solar y deshidratador industrial.

Cabe señalar que, durante el desarrollo de la parte experimental se presentó variabilidad climática en el medio, y es por ello que las temperaturas más altas alcanzadas en la tecnología durante la validación, fueron de 42 °C, por lo tanto se estableció como temperatura constante en el deshidratador industrial una temperatura de 40 °C para que hubieran similitudes entre las temperaturas del

secador industrial y las máximas alcanzadas en el secador solar, de igual forma las pruebas de validación se realizaron con papaya en corte juliana con un grosor de 11 milímetros, donde los resultados se presentan en la ilustración 41 y en la siguiente tabla (13):

Tabla 13: Comparación de resultados entre el secador solar con el secador industrial.

Secado solar	Secado Industrial
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo: El tiempo de secado fue mayor en el deshidratador solar, aproximadamente es de 6 a 7 días como máximo, esto en dependencia del clima presente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo: El tiempo de secado en el industrial fue de 5 a 7 horas como máximo
<ul style="list-style-type: none"> • Características Organolépticas: se observó que aun aplicándose correctamente la elección de la fruta en cuanto a su madurez, así como una buena preparación de la misma antes del proceso de deshidratado, este presentó moho y fermentación lo cual provocó cambios organolépticos como: olor desagradable, sabor extraño y color no característico. También se observó que aun llevando la muestra a los porcentajes de humedad deseados (entre 12 y 13 %) y que ésta presentara características físicas aceptables, al consumir se percibió en el paladar la fermentación presente en la fruta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Características Organolépticas: Sabor agradable y característico de las frutas deshidratadas, color y olor aceptable, esto al alcanzar el porcentaje de humedad deseado (entre 12 y 13 %)

Secado solar	Secado Industrial
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de peso: La diferencia de pesos en porcentajes, entre ambas muestras (solar e industrial), se mantuvo entre 10 y 20% como máximo, esto hasta que la muestra del deshidratador industrial estaba seca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de peso: se mantuvo entre 10 y 20% como máximo por encima de los porcentajes obtenidos en el deshidratador solar.
<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones Climáticas: Cuando se ejecutaba el proceso durante días nublados, transcurrido 3 días en igualdad de condiciones la muestra se fermentaba y se llenaba moho y en días parcialmente soleados sucedía al transcurrir 4 días. 	<ul style="list-style-type: none"> • La temperatura era constante en el equipo (40°C), por lo tanto no existió mucha variabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 41: Comparación muestras secador solar vs secado industrial.



Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, como parte del proceso de validación en el deshidratador solar se comprobó la funcionalidad de la compuerta asignada en la cámara de secado, la idea fue conocer si esta podía evitar la entrada de humedad a las muestras por la noche al dejarla cerrada, para esto se realizaron pruebas dejando la muestra en la cámara de secado con la compuerta abierta y pruebas con la compuerta cerrada, para saber si esta ganaba o perdía peso. Una vez finalizadas se obtuvieron resultados positivos, ya que la compuerta evitó que la muestra adquiriera humedad por la noche y a su vez favoreció, a que se perdiera en el

producto humedad de entre 5 al 10% en peso, sin embargo, al dejar la compuerta abierta ésta tomaba humedad, que posteriormente se convertía en moho.

Después de analizar los resultados obtenidos durante la etapa de evaluación del prototipo de secador solar, se concluyó que el proceso de deshidratación de la papaya no se dio en condiciones óptimas, ya que no se alcanzaron las temperaturas esperadas y las muestras tardaban demasiado tiempo en deshidratarse, motivo por el cual se procedió a la evaluación de los factores que podían ser los causantes de las fallas encontradas, entre los cuales se destacaron los siguientes:

- La ubicación de la chimenea, estaba en una de las esquinas (superior derecha), no al centro lo cual ocasionaba que el aire que llegaba a la cámara de secado y permitiera el arrastre de humedad de las muestras, fuera succionado rápidamente por la misma y por lo tanto el proceso de convección no se desarrollaba adecuadamente.
- En el caso de las bandejas utilizadas, estas desprendían partículas de pintura, las cuales se pegaban en las muestras, por lo tanto se decidió utilizar una bandeja más, para colocarla sobre la primera, de modo que las muestras no tenían contacto directo con el aire caliente, por lo tanto el tiempo de secado era mayor y muchas de estas sufrían fermentación y cambios en las características organolépticas.
- El registro de las temperaturas y humedades relativas, tanto en el colector solar como dentro de la cámara de secado, se vio afectado ya que el instrumento utilizado para su medición no se encontraba en las condiciones óptimas, por lo tanto los datos obtenidos no eran del todo exactos, así mismo se presentaron dificultades de pérdida de calor en la cámara de secado, ya que al momento de introducir el termómetro dentro de la misma, se necesitaba de abrir la compuerta, y el calor almacenado en la cámara era expulsado al medio.
- El flujo del aire subía de manera muy rápida a la cámara de secado, por lo tanto, no tenía tiempo suficiente para calentarse y permitir así obtener

temperaturas altas que fueran considerables para el secado, dentro de la cámara.

VII.II.VI Mejoras aplicadas al prototipo de secador solar indirecto

Tomando en cuenta los factores anteriormente descritos se procedió a la corrección de las fallas encontradas, aplicando una serie de modificaciones tanto al prototipo de secador solar como al proceso productivo, en el anexo 15 se presenta el plano del prototipo con las mejoras aplicadas, a continuación, se describen detalladamente cada una de estas:

Ilustración 42: Bandeja de malla 8x8 mm.

- Construcción de bandejas de malla (8x8 mm) con marco de madera (medidas 0.60m x 0.45m), esto con el fin de favorecer el contacto directo de los trozos de papaya con el aire caliente recepcionado en la cámara. Observar ilustración 42.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 43: Uso de las compuertas.



Fuente: Elaboración propia.

- Se eliminó la compuerta inicial, y se diseñaron 4 compuertas móviles, corredizas, esto con el objetivo de contralar el flujo de aire que ingrese al colector; de modo que al alcanzar temperaturas muy altas, que afecten las muestras sometidas al proceso de

secado, se colocan de dos a tres compuertas en la entrada del colector, para disminuir la cantidad de aire caliente que ingrese, y durante la noche se colocan todas las compuertas, para proteger el producto de la humedad, esto puede ser observado en la ilustración 43.

Ilustración 44: Diseño de canaletas.



- Aumento del tiempo que el aire permanece en el colector solar, a fin de que perciba mayor cantidad de rayos solares y eleve considerablemente su temperatura. Esto se logró mediante la ubicación de láminas de metal o canaletas, a manera de conductos con forma de zigzag, en el interior del colector solar que hacen circular el aire por mayor tiempo, lo cual se puede observar en la ilustración 44.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 45: Medidor de % HR y termómetro



Fuente: Elaboración propia.

- Adquisición de un termómetro de sonda y un medidor de humedad relativa, con el fin de obtener datos de temperatura y porcentajes de humedad relativa exactos. (Observar ilustración 45)
- Se reubicó la chimenea en el centro del secador, para evitar que el aire caliente se escape antes de entrar en contacto con la papaya.
- Aplicación de un orificio en un lado de la chimenea para permitir la entrada de la sonda del termómetro hacia la cámara de secado.
- Cambio de la placa de vidrio del colector solar por una de menor grosor (4mm), con el objetivo de que se logre un mayor ingreso de los rayos solares al colector solar.

Costos de las mejoras aplicadas.

A continuación, se describen los costos correspondientes a las mejoras aplicadas al prototipo de secador solar:

1. Ubicación de canaletas, pintura, reubicación de chimenea y cambio de la placa de vidrio y compuertas: C\$ 3350.
2. Bandejas y compuertas de madera: C\$ 350.
3. Transporte: C\$ 300.

4. Costo de los termómetros (de sonda y humedad relativa): C\$ 2966.4.

El costo total de las adquisiciones fue de C\$ 2,966.4 y el costo total del prototipo de secador solar incluyendo las mejoras aplicadas es de: C\$17,800.

VII.II.VII Evaluación del funcionamiento del secador solar con las mejoras aplicadas.

Posteriormente se procedió a la evaluación de las mejoras aplicadas al prototipo del secador solar, mediante la realización de 5 pruebas de secado para muestras con dos tipos de grosores 8 y 11 mm, obteniéndose los siguientes resultados:

- Aumento de las temperaturas alcanzadas, ya que en las pruebas iniciales las temperaturas más altas que se alcanzaron fueron de 42 °C en los días más soleados, y estas no permanecían por mucho tiempo en la cámara de secado, sin embargo al aplicar las modificaciones en la chimenea y en el colector, se logró obtener como temperatura más alta 48°C, la cual se mantenía por tiempos prolongados, cabe señalar que muchos de los días estuvieron parcialmente soleados, donde la temperatura del ambiente era baja y la humedad relativa muy alta. Las temperaturas registradas durante la evaluación de las mejoras se encuentran en el anexo 16.
- Disminución de los tiempos de secado para las muestras de 8 y 11 mm, los cuales se establecieron entre 2 a 3 días respectivamente, lo cual indica una reducción de tiempo considerable en comparación con las pruebas iniciales antes de realizar las modificaciones de la tecnología.
- El tipo de bandeja permitió el contacto directo de la papaya con el aire caliente, lo cual favoreció a que la muestra, se secase en menor tiempo.
- Se presentó una diferencia considerable entre las temperaturas de la cámara de secado y las del ambiente las cuales oscilaron entre 4 a 8 grados de diferencia, provocando así que la cámara que se mantenga caliente.

En cuanto a la evaluación de los grosores se realizaron 5 repeticiones, las cuales se pueden observar en el anexo 17 y los resultados de las características organolépticas para ellos se describen a continuación:

Papaya con grosor de 8 milímetros.

Ilustración 46: Grosor 8 mm-S. Solar.



Olor aceptable, color rojizo característico, debido a la incidencia de la temperatura sobre la muestra, ya que es menor que la del secador industrial, donde la temperatura permanece constante. De igual forma las muestras presentaron buena textura (firme y semi - tostada), no se pegaron en

los dientes al consumirse, no hubo índice de humedad, ni reacción de maillard, estas fueron de buena apariencia, lo cual puede ser observado en la ilustración 46.

Papaya con grosor de 11 milímetros.

Ilustración 47: Grosor 11 mm-S. Solar.

Color rojizo aceptable, debido a la incidencia de la temperatura sobre la muestra, así mismo presentaron olor característico, de textura muy suave (se pega en los dientes), con sabor



Fuente: Elaboración propia.

característico, no hay reacción de maillard a como se observa en la ilustración 47, sin embargo, algunas de las muestras presentaron índice de humedad, por lo tanto, se llenaron de moho rápidamente.

En vista de los resultados obtenidos, en la evaluación de los grosores en función de las características organolépticas, se determinó que se realizaría la posterior etapa experimental (curvas de secado y pruebas de capacidad), con el grosor de 8 mm.

Análisis de las temperaturas alcanzadas.

Durante la realización de las pruebas de secado, para la evaluación del prototipo del secador solar, se registraron las temperaturas en diversos momentos del día, con el objetivo de evaluar la funcionalidad de la tecnología (Observar anexo 16) y verificar si las modificaciones aplicadas, brindaron resultados positivos.

En este sentido, se encontró que las temperaturas máximas alcanzadas, en el interior de la cámara de secado fueron de 48 °C y las mínimas de 23°C.

En promedio las temperaturas alcanzadas fueron de 33.46 °C en la cámara de secado y las del ambiente de 28.54 °C, teniéndose así 4.92 °C más en la cámara de secado, sin embargo se alcanzaron mayores temperaturas durante el desarrollo de la prueba número 5, encontrándose 7.25 °C más en el interior de la cámara de secado y en la prueba número 1, la diferencia fue de 3.23 °C, esto debido a la variabilidad climática.

Principio de funcionamiento después de las mejoras aplicadas.

El aire es recepcionado en el colector del secador solar, éste está compuesto por una placa negra y una lámina de vidrio, la luz viene en forma de energía lumínica, compuesta de ondas cortas con mucha energía, que al entrar en contacto con la placa del colector es transformada de energía lumínica en energía calorífica, e ingresa al interior del colector solar donde es conducida hacia la cámara de secado a través de láminas de metal ubicadas en forma de zigzag, que forman conductos, por los cuales la energía asciende hacia el interior de la cámara de secado mediante el mecanismo de convección y/o efecto termosifón, el cual permite que las moléculas de aire de la energía calorífica choquen entre sí, de modo que el aire se vuelve más denso y liviano subiendo a la cámara de secado, arrastrando la humedad de las frutas, y expulsándola al medio a través de una chimenea.

Cantidad de calor y masa de aire.

Para la realización de los cálculos que se presentan a continuación, se tomaron los datos de temperaturas de la cámara de secado y la chimenea, la masa de las

muestras de fruta y la temperatura de las mismas, las cuales fueron promediadas y pueden observarse en el anexo 18.

Tabla 14: Características del aire y la papaya.

Características del aire	
Masa (m)	?
Capacidad calorífica (CP)	1.007 KJ/kg °C Tomado de: Coronel & Pérez (2016)
Variación de temperatura (ΔT)	0.84 °C
Características de la papaya.	
Masa (m)	2,838.3 kg
Capacidad calorífica (CP)	3.35 kJ/kg °C Tomado de: Orrego (2003)
Variación de temperatura (ΔT)	1.46 °C

- Variación de temperatura (ΔT)

Aire

30.57 °C (Promedio de temperaturas de la cámara de secado)

29.73 °C (Promedio de las temperaturas en la chimenea)

ΔT del aire: 30.57 °C - 29.73 °C = 0.84 °C

Papaya

25.3 °C (Temperatura inicial de la fruta)

27.26 °C (Promedio de las temperaturas alcanzadas)

ΔT de la papaya: 27.26 °C - 25.8 °C = 1.96 °C

- $Q_g = -Q_c$ Tomado de: Cengel & Yunes (2012)
- $m \cdot CP \cdot \Delta T$

Nota: La papaya gana calor y el aire lo sede.

$$m(\text{papaya}) * CP(\text{papaya}) * \Delta T(\text{papaya}) = m(\text{aire}) * CP(\text{aire}) * \Delta T(\text{aire})$$

$$(2,838.3 \text{ kg}) * (3.35 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) * (1.96^\circ\text{C}) = (m) * (1.007 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) * (0.84^\circ\text{C})$$

$$(2, 838.3 \text{ kg}) * (6.566 \text{ kJ/kg}) = m (0.84588 \text{ kJ/kg})$$

$$18,636.2 \text{ kJ} = m (0.84588 \text{ kJ/kg})$$

$$m = 18,636.2 \text{ kJ} / 0.84588 \text{ kJ/kg}$$

$$m = 22,031.8 \text{ kg de aire.}$$

- Comprobación.

$$(22,031.8 \text{ kg}) * (1.007 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) * (0.84^\circ\text{C}) = - (2, 838.3 \text{ kg}) * (3.35 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}) * (1.96^\circ\text{C})$$

$$18. 6362 \text{ kJ} = - 18. 6362 \text{ kJ}$$

Pérdidas de calor al ambiente.

- Área superficial.

Área 1 (consta de 2 lados)

$$A_1: (0.69\text{m}) * (0.85\text{m}) = 0.5805 * (2 \text{ lados}) = 1.173 \text{ m}^2$$

Área 2 (consta de 4 lados)

$$A_2: (0.69) * (0.69) = 0.4761 * (4) = 1.9044 \text{ m}^2$$

$$A_1 * A_2 = (1.173\text{m}) * (1.9044\text{m})$$

$$\text{Área total} = 2.2339 \text{ m}^2$$

Cantidad de calor transferida al ambiente por conducción.

$$Q. \text{ Conducción} = U.A. \Delta T$$

Tomado de: Videva & Rugama (2012)

Dónde:

Q: Cantidad de calor transferida por conducción.

U: Coeficiente global de transferencia de calor.

A: Área superficial de la cámara de secado

ΔT : Variación de temperatura.

- Cálculo de U (Coeficiente total de transferencia de calor)

$$U = \frac{1}{(\sum R)(A)} \quad \text{Tomado de: Videa \& Rugama (2012)}$$

Dónde:

$\sum R$: Sumatoria del espesor de los materiales por los que está compuesta la cámara de secado.

A: Área total.

- Resistencia térmica de los materiales.

$$R = \frac{L}{(k \cdot A)} \quad \text{Tomado de: Videa \& Rugama (2012)}$$

R: Resistencia de los materiales

L: Espesor del material

k: Conductividad térmica del material

A: Área

A continuación, se presentan los datos para cada tipo de material:

L: Espesor del acero	0.001 m
L: Espesor de la fibra de vidrio	0.004 m Tomado de: (Miliarium, 2008)
K: Conductividad térmica del acero	Acero: 47 W/m K Tomado de: Miliarium (2008)
K: Conductividad térmica de la fibra de vidrio	0.04 W/m K Tomado de: Miliarium (2008)
Área	2.2339 m ²

- Resistencia térmica del Acero.

$$R = \frac{0.001 \text{ m}}{\left(47 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right)(2.2339 \text{ m}^2)}$$

$$R = \frac{0.001 \text{ m}}{104.9933 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K}}$$

$$R = 9.5244 \times 10^{-6} \text{ W/K}$$

- Resistencia térmica de la fibra de vidrio.

$$R = \frac{0.004 \text{ m}}{\left(0.04 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K}\right) (2.2339 \text{ m}^2)}$$

$$R = \frac{0.001 \text{ m}}{0.089356 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K}}$$

$$R = 0.04476 \text{ W/K}$$

$$\Sigma R = 0.04476 \text{ W/K} + 9.5244 \times 10^{-6} \text{ W/K} = 0.4477 \text{ W/K}$$

Sustituyendo los valores anteriormente calculados, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$U: \frac{1}{(\Sigma R)(\text{Área total})}$$

$$U: \frac{1}{(0.4477 \text{ W/K})(2.2339 \text{ m}^2)}$$

$$U: 9.9988 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Una vez obtenidos los valores necesarios para el cálculo de calor por convección de aplico la siguiente fórmula de calor por conducción. (Q. Cond= U.A. ΔT)

$$Q. \text{ Conducción: } (9.9988 \text{ W/m}^2\text{K}) \cdot (2.2339 \text{ m}^2) (303.72 \text{ °K} - 302.88 \text{ °K})$$

$$Q. \text{ Conducción} = 18.7625 \text{ Watts.}$$

Cantidad de calor transferida al ambiente por radiación.

$$Q. \text{ Rad: } E \cdot A \cdot \epsilon (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{Tomado de: Videa \& Rugama (2012)}$$

Dónde:

Q. Rad: Cantidad de calor transferida al ambiente por radiación.

E: Emisividad del material (acero)

A: Área superficial de la cámara de secado.

ρ : Constante de Stefan-Boltzmann.

T1: Temperaturas de la cámara.

T2: Temperaturas de la chimenea.

Datos:

E: Emisividad del acero	0.160 W/m k Tomado de: Fernandes (2012)
A: Área superficial	2.233.9 m ²
ρ : Constante de Stefan-Boltzmann	5.670x10 ⁻⁸ W/m ² K Tomado de: Romero (2010)
T1: Temperaturas de la cámara	303.72 K
T2: Temperaturas de la chimenea	302.88 K

Sustituyendo en la fórmula:

Q. Rad: $E.A.\rho (T1^4-T2^4)$:

Q. Rad: (0.160 W/m K) (2.2339m²) (5.670x10⁻⁸ W/m² K) (303.72K⁴ – 302.88 K⁴)

Q.Rad: (2.02659408x10⁻⁰⁸) (93, 746991.88)

Q.Rad: 1.8999 Watts.

Cantidad de calor transferida al ambiente por convección.

Q. Convección: h.A. ΔT Tomado de: Videa & Rugama (2012)

Dónde:

h: Coeficiente de convección del aire.

A: Área de la cámara de secado.

ΔT : Variación de temperatura.

Datos:

h: Coeficiente de convección del aire	0.024 W/m ² K Tomado de: Corberán (2016)
A: Área de la cámara de secado	2.2339 m ²
Temperatura de la cámara	303.72 K
Temperatura de la chimenea	302.88 K

Sustituyendo los valores en la fórmula:

Q. Convección: $(0.024 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ) (2.2339 \text{ m}^2) (303.72 \text{ K}-302.88 \text{ K})$

Q. Convección: 0.045 watts

Cantidad de calor total transferida al ambiente.

Q. Total: Q. Conducción + Q. Radiación + Q. Convección.

Q. Total: 18.7625 watts + 1.8999 watts + 0.045 watts.

Q. Total: 20.7065 watts.

Comparación de temperaturas alcanzadas antes y después de las mejoras aplicadas.

Inicialmente las temperaturas máximas alcanzadas en la cámara de secado fueron de 42°C, posteriormente con las mejoras aplicadas al secador solar, se alcanzaron temperaturas de 48 °C, lo cual permite observar una diferencia de 6 °C. De igual manera en la etapa inicial la diferencia de temperaturas entre el colector solar y la cámara de secado fue de 1.15 °C la cual resultó muy baja, ya que demuestra que el aire no era suficientemente calentado dentro del colector, en cambio al aplicar las mejoras, la diferencia de temperaturas entre el colector y la cámara de secado fue de 4.92 °C, esto demuestra la eficiencia de las canaletas dentro del colector, ya que permitieron que el aire tomara más tiempo en subir a la cámara de secado, por lo tanto se podía calentar con mayor facilidad.

Es notable destacar que el aumento de las temperaturas permitió minimizar el tiempo de secado del producto, de 6 a 7 días duración a tan solo 3 días.

VII.III Elaborar curvas de secado con datos experimentales, para obtener los tiempos óptimos de operación.

Retomando lo anteriormente descrito en la metodología, para la ejecución de este objetivo fue necesario el desarrollo de 2 experimentos. El primer experimento se desarrolló colocando 10 muestras en el secador solar y 10 muestra en el secador industrial, todos con un mismo peso y cada una con un código específico, a continuación se describen los resultados obtenidos:

VII.III.I Análisis y comparación de curvas de secado y características organolépticas en la tecnología solar e industrial.

- **Comparación de las características organolépticas secador solar con secado industrial.**

Para la comparación de las características organolépticas obtenidas en ambas tecnologías, se realizaron 5 repeticiones en cada una, donde se introducía la misma cantidad de bastones a cada secador, todos con el mismo grosor y peso (8 milímetros y 10 gramos), los cuales eran deshidratados en paralelo. Una vez finalizado cada proceso se realizaba una evaluación de las características organolépticas obtenidas en cada tecnología, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla (15):

Tabla 15: Comparación características organolépticas secador solar con secado industrial.

Secador Solar	Secador Industrial
Color: naranja rojizo o naranja opaco.	Color: naranja fuerte, debido a la incidencia de las temperaturas sobre el color de la fruta.
Olor: se identifica el olor de la fruta.	Olor: se percibe el olor a azúcar quemado, producto de la caramelización de los azúcares presentes en la fruta, el cual es producido por la incidencia de la temperatura sobre la muestra.
Sabor: la mayoría de las muestras presentaron sabor dulce y se percibe el	Sabor: inicialmente se presentó sabor simple e insípido, y en las pruebas posteriores el

Secador Solar	Secador Industrial
sabor de fruta, sin embargo también se determinó que en algunas de éstas ocurrió el fenómeno de reacción de maillard, así mismo a pesar de que se identifica el sabor de la fruta también se percibe la caramelización de azúcares en la misma.	sabor fue azúcar quemado, debido a la caramelización de los azúcares presentes en la fruta, y la reacción de maillard, sin embargo, se identifica el sabor de la fruta.
Textura: más suave que la obtenida en el secador industrial, se pegan muy poco en los dientes.	Textura: muy dura y acartonada que al morder se pega en los dientes.
Apariencia: aceptable, no se forman rugosidades en la muestra.	Apariencia: su color y forma no son atractivos, ya que sobre la superficie se forman pequeñas rugosidades, producto de la temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 48: Comparación características organolépticas.



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados anteriormente planteados, se determinó que existen muchas diferencias entre una muestra y otra, sin embargo, los mejores resultados obtenidos para la textura, fueron los que presentaron las muestras del secado solar, en cuanto al olor y la apariencia también le corresponde al secado solar, ya que es en donde se evidencia más olor a la fruta y ésta es más atractiva

visualmente que la industrial, en cuanto al color el mejor, es el aportado por las muestras del secado industrial, ya que hay una acentuación en el color de la fruta, debido a la incidencia de la temperatura, lo anteriormente descrito, puede ser observado en la ilustración 48.

En cuanto, al sabor se identificó similitud en los sabores aportados por las muestras de las dos tecnologías, ya que en ambas se percibió la incidencia del fenómeno de reacción de maillard y caramelización del azúcar presente en la fruta produciendo sabor a azúcar quemado o cristalizado, enmascarando el sabor de la fruta, sin embargo, cabe destacar que esto se dio en mayor proporción para las muestras del secador industrial, donde se hizo muy difícil identificar el sabor de la fruta como tal, sino del azúcar quemado; en cambio para las del secado solar se percibe muy poco este fenómeno y puede sentirse muy fácilmente el sabor de la fruta.

En este sentido, es necesario destacar la importancia de la temperatura para aportar las características organolépticas aceptables a las muestras, ya que se produce reacción de maillard, el sabor y el olor disminuyen, la textura se torna rugosa y acartonada; por otra parte, es necesario mencionar el hecho de que en ambas tecnologías solo se introdujeron 10 bastones, por tanto, la temperatura actuó con mayor intensidad sobre las muestras, deteriorando sus características organolépticas, así mismo es necesario mencionar que los promedios de humedades finales alcanzadas para la tecnología industrial, fueron de 11.1 % y para la tecnología solar 11.4%.

Así mismo, resulta necesario destacar, que a pesar de lo planteado anteriormente, no se puede afirmar que el grosor de 8 milímetros no sea el adecuado para el secado solar, ya que éste responderá de manera diferente cuando la tecnología se use a capacidad total, porque la temperatura se distribuirá de manera más uniforme en todos los bastones.

De igual forma, no puede obviarse que la madurez influye directamente en las características organolépticas del producto final.

Curvas de secado y temperatura máxima alcanzada.

Para la elaboración de las curvas de secado en ambas tecnologías se realizaron cinco pruebas experimentales en cada una de las tecnologías, las cuales se llevaron a cabo del 27 de marzo del 2017 a 06 de abril del mismo año, obteniendo datos de temperatura, % humedad de la papaya, humedad relativa y tiempo, los

cuales fueron procesados y analizados. Dichos datos se encuentran en el anexo 19.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en ambas tecnologías:

Análisis de temperaturas y Humedad Relativa en el secador solar.

Ilustración 49: Temperatura máxima alcanzada.

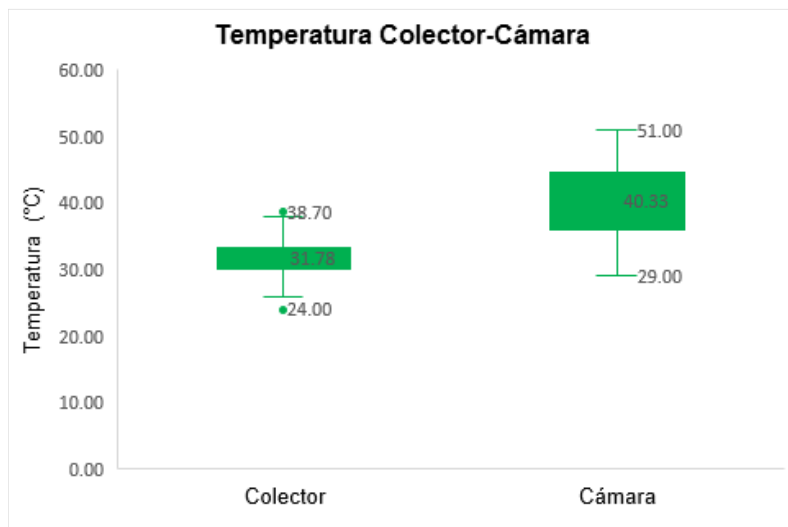
Durante las pruebas experimentales realizadas en el secador solar, se registraron un total de 69 datos de temperatura tanto en el colector solar como en la cámara de secado, de los cuales se obtuvo un promedio para cada uno de ellos. Teniendo así, que el promedio de temperaturas en el colector solar



Fuente: Elaboración propia.

fue de 31.78°C donde el valor máximo alcanzado fue de 38.70 °C y el valor mínimo de 24°C, por otra parte, en la cámara de secado el valor promedio obtenido fue de 40.33°C con un valor máximo de 51°C (Observar ilustración 49) y un valor mínimo de 29°C, lo cual representa una diferencia promedio de 8.55°C entre la cámara de secado y el colector solar, a como se puede observar en la gráfica 1.

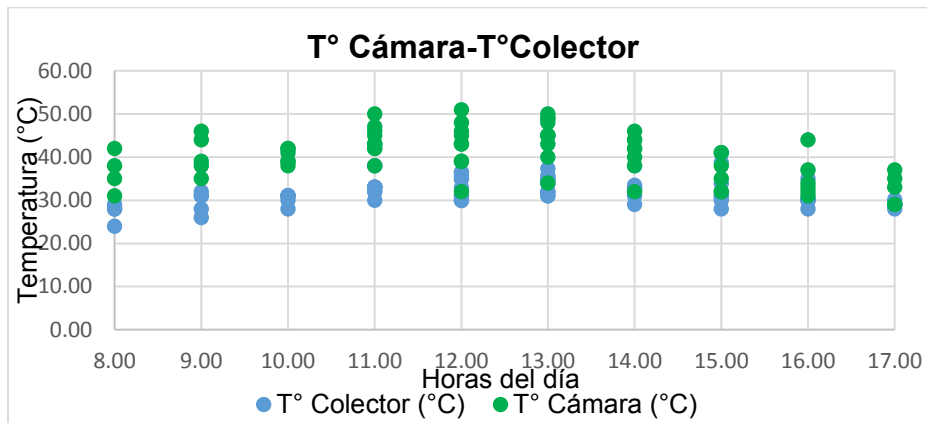
Gráfica 1: °T mínimas y máximas en colector y cámara de secado.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la siguiente grafica (2), se puede observar el comportamiento de los valores de las temperaturas tanto del colector solar como de la cámara de secado, con respecto a las horas del día. Lo cual muestra que las horas donde se produjeron temperaturas más altas comprendieron el intervalo de las 11:00 am a 1:00 pm, así también las horas en las cuales las temperaturas eran más bajas fueron 4:00 pm y 5:00 pm (formato 24 horas en la gráfica). De igual manera, se observa como las temperaturas de la cámara de secado se mantienen con valores superiores a los del colector solar.

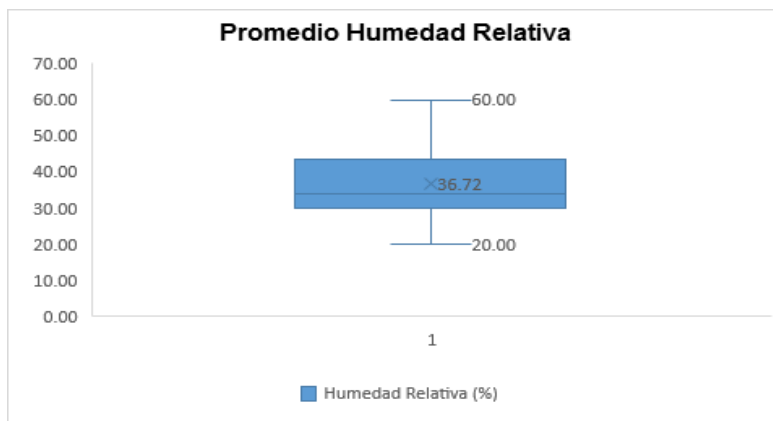
Grafica 2: Comportamiento de las temperaturas según las horas del día.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto, a la humedad relativa se registraron un total de 69 datos, obteniéndose un promedio de 36.72% donde el valor mínimo fue de 20% y el máximo de 60%, a como se indica en el grafico 3.

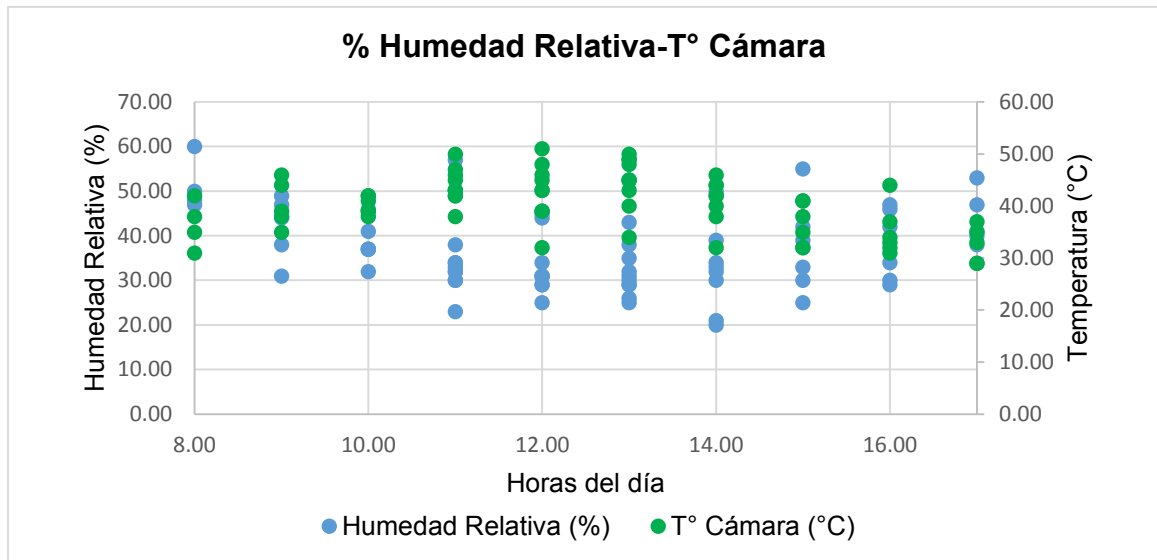
Grafica 3: Valores mínimos y máximos de humedad relativa



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente grafica (4) se puede observar el comportamiento de la humedad relativa, con respecto a la temperatura de la cámara de secado y las horas del día, donde se puede apreciar que durante los periodos con temperaturas más altas (11:00 am-1:00 pm) la humedad relativa alcanza valores más bajos y los valores más altos de la humedad relativa se encontraron en las horas con temperaturas más bajas (8:00 am y 5:00 pm). Cabe señalar que durante esta etapa la humedad relativa tuvo mucha variabilidad, sin embargo, no influyó en gran medida en el comportamiento de las temperaturas de la cámara de secado.

Grafica 4: Comportamiento de la humedad relativa en la cámara de secado.



Fuente: Elaboración propia.

Comparación de curvas de secado (%humedad del producto – tiempo), en ambas tecnologías (solar e industrial).

Para la construcción de ambas curvas de secado (% humedad- tiempo) se tomaron los valores que se registraron durante la realización de las 5 repeticiones, los datos obtenidos para la realización de estas curvas se encuentran en el anexo 19.

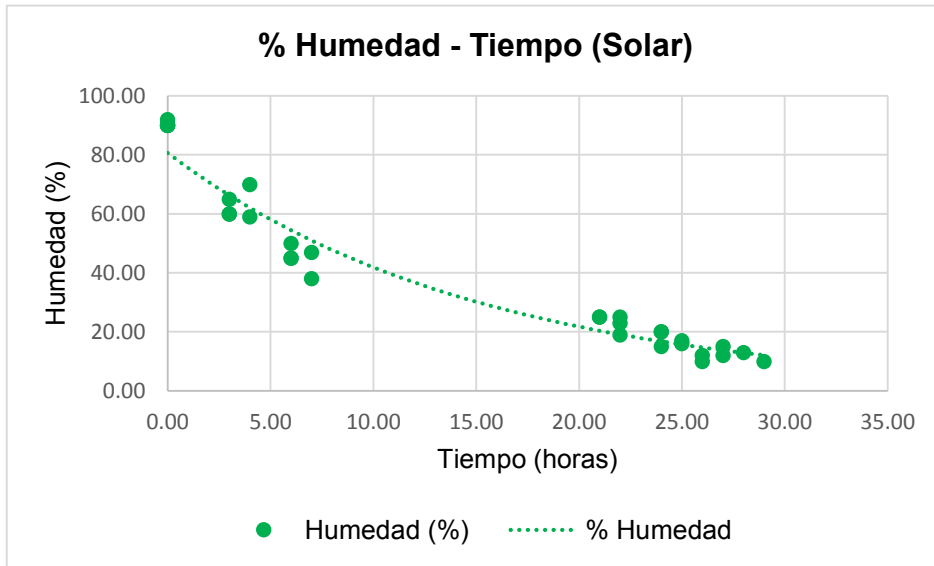
Es importante destacar, que en el proceso de deshidratado de la papaya en el secador solar, no se registraban datos de temperatura y pérdida de humedad durante las horas de la noche, esto debido a que no se tenía permitido el acceso

a las instalaciones de la universidad, es por tal razón, que se cerraban las compuertas del colector solar en el intervalo comprendido desde las 5:00 pm hasta las 8:00 am del siguiente día.

Al comparar las gráficas 5 y 6 correspondientes a la tecnología solar e industrial respectivamente, se observa el comportamiento de la variable humedad en relación con el tiempo transcurrido, durante el proceso de deshidratado de la fruta. Para obtener resultados confiables las muestras evaluadas en ambas tecnologías se trabajaron en igualdad de condiciones, de esta manera los porcentajes de humedad inicial de las muestras fueron equivalentes. Así mismo se alcanzaron porcentajes de humedad final en la fruta, similares, comprendidas en el rango de 11 a 13 %. En la curva de secado de la tecnología solar planteada en el gráfico 5, se muestra el descenso del % de humedad contenido en la fruta, el cual alcanza la humedad deseada en un periodo de 26 a 30 horas, mientras que la curva para la tecnología industrial el gráfico 6, indica un periodo comprendido entre 4 a 5 horas. Debido a esta diferencia de aproximadamente 21-26 horas entre ambos procesos de secado y con el fin de observar el comportamiento de ambas gráficas de manera similar, se estableció para el secado solar un rango de operación de 5 horas en el eje del tiempo y para el secado industrial un rango de 1 hora.

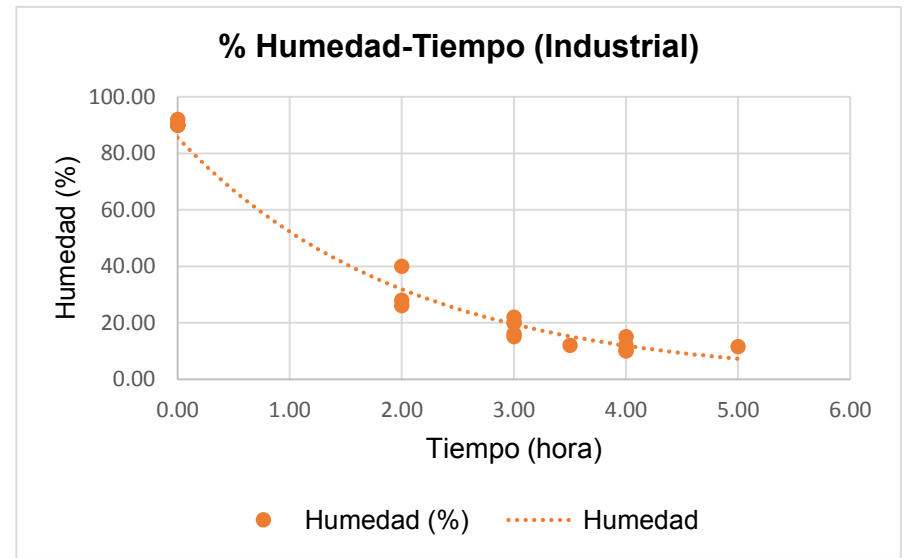
Así mismo, se puede observar que en las horas iniciales del secado industrial, se pierde la mayor cantidad de humedad y en las horas posteriores, la pérdida se da con mayor lentitud, lo cual afecta de manera negativa a las características organolépticas del producto final. Por otra parte, se aprecia que el secado solar se desarrolla de manera más homogénea, la mayor pérdida de humedad se observa en las primeras 6 horas, luego transcurre un período de 15 a 16 horas donde la pérdida de humedad es mínima, esto debido a que dichas horas corresponden a la noche donde las temperaturas descienden, posteriormente la pérdida de humedad aumenta, sin embargo esta pérdida es menor comparada con las primeras horas de la etapa.

Grafica 5: %h del producto-Tiempo S. Solar.



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 6: %h del producto-Tiempo S. Industrial.

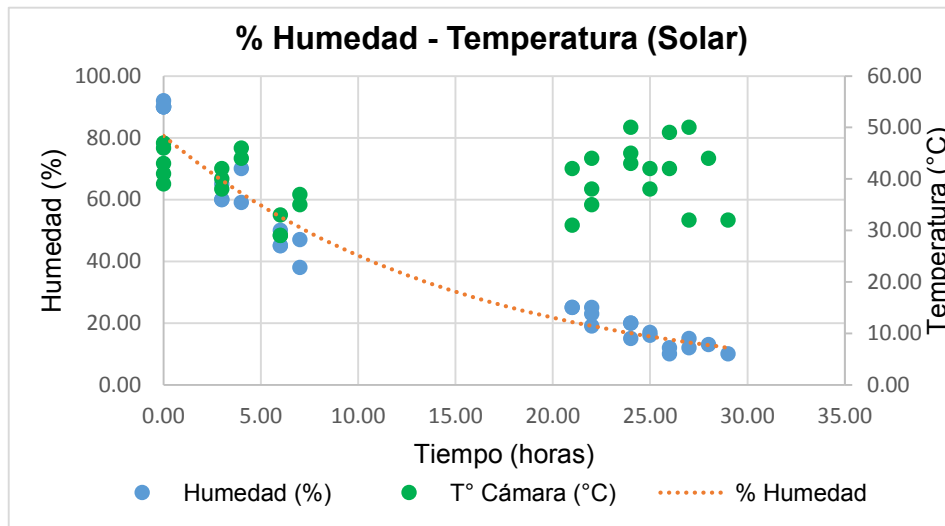


Fuente: Elaboración propia.

Curvas de temperatura, (% humedad del producto – temperatura de cámara de secado), para la tecnología solar e industrial.

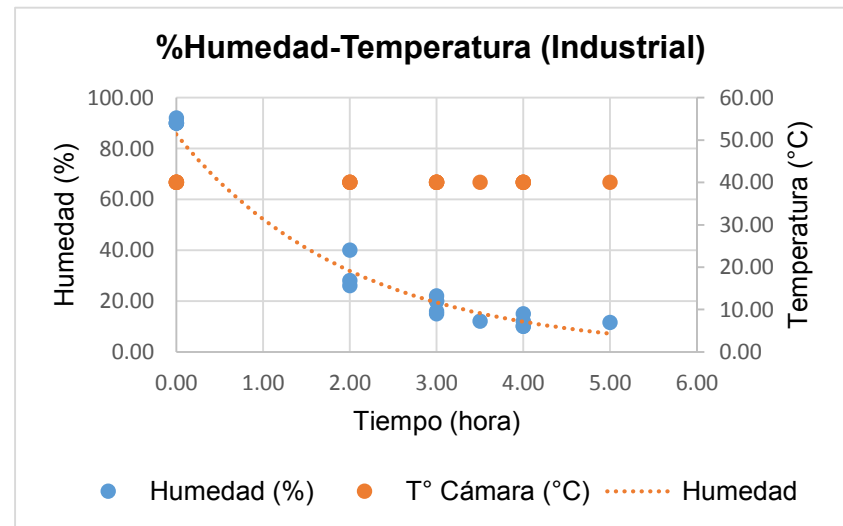
En la curva planteada para el secado solar (grafico 7), se observa la pérdida del porcentaje de humedad y la incidencia de las temperaturas alcanzadas en la cámara de secado sobre la misma. Dichas temperaturas se encuentran en un rango de 30°C – 51°C, observándose que en los valores correspondientes a temperaturas más altas ocurren una mayor pérdida de humedad en el producto. Para la curva generada con los datos del secado industrial (grafico 8), se refleja que se trabajó a una temperatura constante 40°C y a como se aprecia en la curva anterior el proceso de secado, alcanzó el porcentaje de humedad final deseado entre 4-5 horas.

Grafica 7: %h-°T en S. Solar.



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 8: %h-°T en S. Industrial.



Fuente: Elaboración propia.

- **Curvas de velocidad de secado, (% humedad de la fruta – velocidad de secado), para el secador solar e industrial.**

Para la construcción de la curva de velocidad de secado, debido a que en el periodo de la noche (15-16 horas) se perdía poco porcentaje de humedad, se decidió tomar dicho período como un valor de 3 horas, esto en proporción con los valores de secado/hora obtenidos durante el día. Así por ejemplo en la siguiente tabla (16), la cual corresponde a la repetición número 1, se puede observar como en los primeros dos períodos (3 horas cada uno) se perdieron 20 y 25 % y en el tercer período el cual corresponde a las horas de la noche antes mencionadas, la pérdida fue de 20 % de humedad, razón por la cual se decidió asignar un valor de 3 horas en correspondencia con los períodos anteriores a éste.

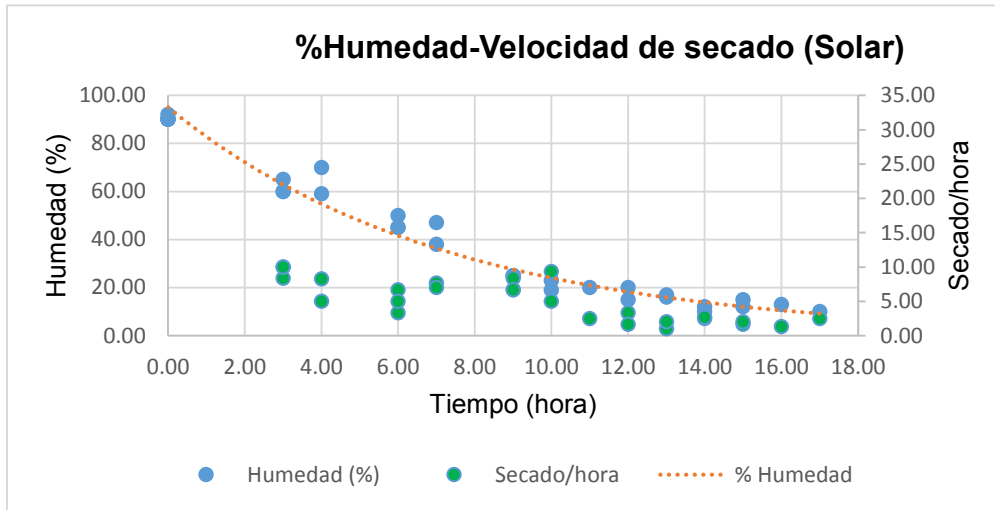
Tabla 16: % Secado/hora (S. Solar)

Pérdida de humedad (%)	Horas transcurridas	%Secado/hora
0.00	0.00	
25.00	3.00	8.33
20.00	3.00	6.67
20.00	3:00	6.67
10.00	3.00	3.33
5.00	2.00	2.50

Fuente: Elaboración propia.

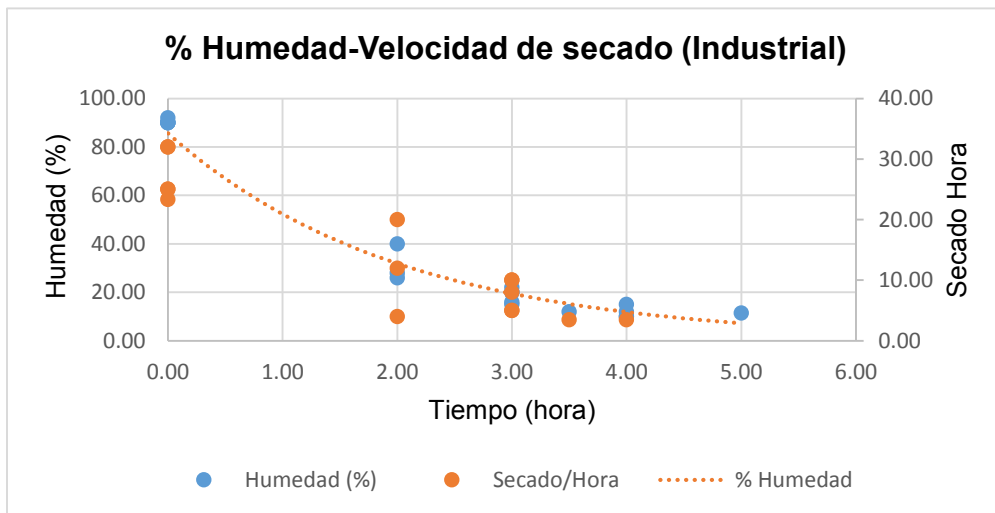
Las curvas indicadas en los gráficos 9 y 10 permiten observar la velocidad de secado por hora, el cual se obtuvo mediante la relación de la pérdida de humedad entre el tiempo transcurrido. Para el secado solar la velocidad alcanza sus valores máximos (10%/hora), en las primeras horas del proceso y dichos valores van disminuyendo a medida que el porcentaje de humedad presente en el producto se acerca al porcentaje final requerido. Para el secado industrial se comporta de igual manera teniendo sus valores máximos (30%/hora), en las primeras horas del proceso y disminuye a medida que se aproxima al porcentaje de humedad deseado. Sin embargo, en el secado industrial la velocidad de secado es mayor, debido a que la temperatura permanece constante (40°C) a como se aprecia en la curva de temperatura presentada anteriormente (grafico 8).

Grafica 9:%h-Velocidad de secado (S. Solar)



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 10:%h-Velocidad de secado (S. Industrial)



Fuente: Elaboración propia.

Comparación de la velocidad de secado por tecnologías.

Se realizó un análisis estadístico basado en dos muestras (prueba T, ver tabla 17), la cual se aplica para muestras independientes, donde se trabajó con una variable categórica (secador solar e industrial) y la variable de medición (secado/hora en ambas tecnologías). Donde se tuvo como resultado un valor p de 0.0029, teniendo que existe diferencia entre los tratamientos, ya que dicho valor p es menor que alfa (0.05). Siendo alfa el nivel de significación de la prueba.

El valor t equivalente a 3.61, indica que el secado/hora es mayor en el secado industrial, a como también es reflejado en la media, teniendo en el secado industrial un valor de 15.35%/hora y en el solar 5.02 %/hora.

Tabla 17: Prueba T para muestras Independientes.

Variable: Secado/hora – Clasificación: Secador - prueba: Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	Industrial	Solar
n	14	26
Media	15.35	5.02
valor t	3.61	
p-valor	0.0029	

Fuente: elaboración propia.

Al comparar las tecnologías (Industrial-Solar) en base a la velocidad de secado, mediante la aplicación de las medidas de resumen, que se pueden observar en la tabla 18, se obtuvo que para la tecnología industrial se analizaron un total de 14 datos, los cuales tiene una media de 15.35 (%/hora) y una mediana de 11.00 (%/hora) lo cual indica que hubo variabilidad en los datos. Así mismo los valores de la desviación estándar (10.50 %/hora) y coeficiente de variación (68.40 %) son valores altos, reflejando que existe variabilidad y heterogeneidad de los datos. Por otra parte para el secador solar se analizaron un total de 26 datos, los cuales presentan un valor medio de 5.02 (%/hora) y una mediana de 5.00 (%/hora), lo que indica que en esta tecnología no hay mucha variabilidad en los datos, de igual manera se puede apreciar como la desviación estándar posee un valor de 2.97 %/hora, siendo éste mucho más bajo que el obtenido en la tecnología industrial,

(10,50 %/hora), reflejando que existe menor variabilidad y mayor homogeneidad en los datos.

Es importante destacar que la diferencia entre la cantidad de datos recopilados para el secador solar e industrial, radica en la cantidad de mediciones aplicadas a cada uno, las cuales se desarrollaron en función del tiempo transcurrido para cada proceso, el cual fue mayor para el secador solar, por lo tanto la cantidad de mediciones para este fue mayor.

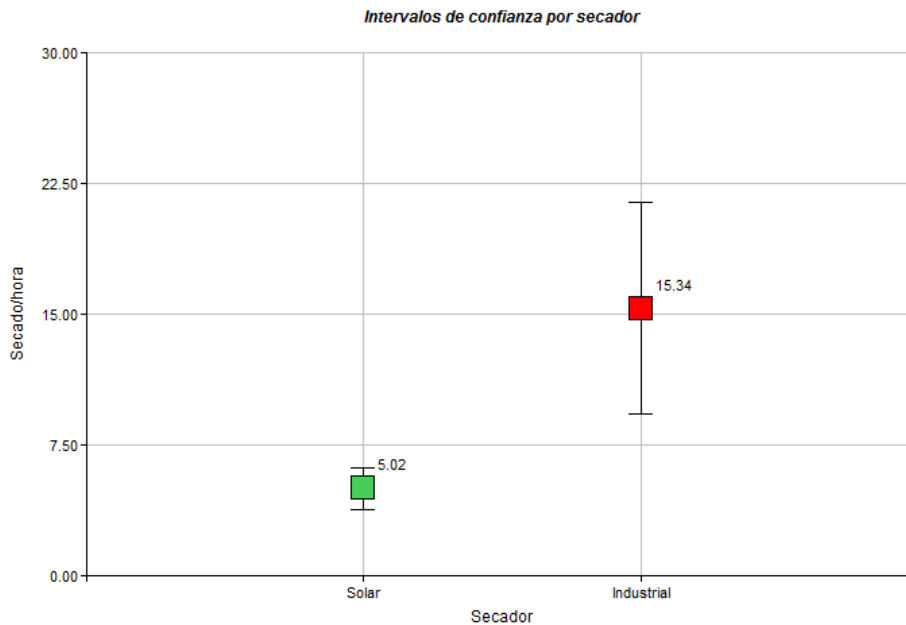
Tabla 18: Media resumen-Datos tecnología solar e industrial.

Secador	Resumen	Secado/hora
Industrial	n	14,00
Industrial	Media	15,35
Industrial	D.E.	10,50
Industrial	CV	68,40
Industrial	Mín.	3,50
Industrial	Máx.	32,00
Industrial	Mediana	11,00
Solar	n	26,00
Solar	Media	5,02
Solar	D.E.	2,97
Solar	CV	59,19
Solar	Mín.	1,00
Solar	Máx.	10,00
Solar	Mediana	5,00

Fuente: Elaboración propia.

Por último, en el siguiente grafico (11) se muestran los valores que alcanzan la velocidad de secado en ambas tecnologías. De esta manera se observa que para el secador industrial la velocidad de secado promedio corresponde a 15.34 %/hora y sus intervalos de confianza se presentan hasta 20 en el límite superior y 8 en el inferior. Así mismo para el secador solar la velocidad promedio equivale a 5.02 %/hora y sus intervalos de confianza son bajos lo cual indica que la velocidad de secado es más homogénea que la del secado industrial.

Grafica 11: Intervalos de confianza tecnología solar e industrial.



Fuente: Elaboración propia.

VIII.III.II Análisis de temperatura y tiempo de secado en la tecnología solar a máxima capacidad.

Así mismo como se evidencia en la metodología el segundo experimento consistió en el desarrollo de procesos productivos de deshidratado a capacidad máxima de papaya en el secador solar, los resultados obtenidos se describen a continuación:

Para la realización de las pruebas de capacidad fue necesario la ejecución de 5 repeticiones para obtener mayor confiabilidad en los datos. Para el desarrollo de cada una de estas se utilizaban 5 papayas con longitud de 30 – 40 cm, y valores promedio correspondientes a resistencia de 6.24 kg/cm², °Brix de 11.36, pH de 5.40, y % de humedad final de 12.50%. El grosor utilizado fue de 8 milímetros y la longitud de 3 a 8 cm, esto con el fin de aprovechar la mayor cantidad de fruta posible, debido a que la papaya posee una forma irregular, así mismo el peso de los bastones no se consideró relevante.

Se utilizaron dos bandejas de 0.60m x 0.45m, las cuales pueden contener desde 288 bastones (24 filas de 12 bastones cada uno), hasta 420 bastones (28 filas de 15 bastones cada una), esto de acuerdo a la longitud de los bastones utilizados.

Análisis de variables (Temperatura, tiempo y producto final obtenido).

Durante la realización de las pruebas experimentales en el secador solar a capacidad máxima llevadas a cabo del 17 de abril de 2017 a 12 de mayo del mismo año se registraron un total de 75 datos de temperatura en el colector solar y la cámara de secado, los cuales se encuentran en el anexo 20.

Ilustración 50: Valor máximo de °T (P. Capacidad)

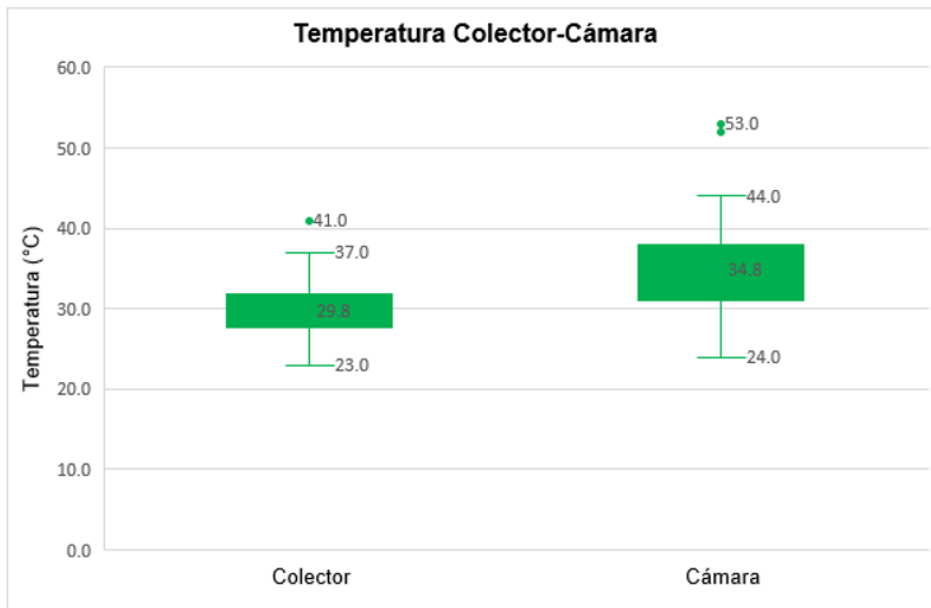
Dichos datos permitieron realizar la construcción del siguiente gráfico (12) en el cual podemos observar el comportamiento de la variable temperatura. Teniendo así, que en el colector solar el promedio de ésta fue de 29.8 °C y los valores registrados se encontraron en un rango de 23°C _ 37°C y el valor máximo registrado fue de 41°C, por



Fuente: Elaboración propia.

otra parte, en la cámara de secado el promedio fue de 34.8 °C y el valor máximo fue de 53°C, el cual se puede apreciar en la ilustración 50.

Grafica 12: °T máxima alcanzada en el colector y cámara de secado.



Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de proceso de deshidratado en el secador solar a capacidad máxima.

Para la determinación del tiempo de deshidratado se utilizó la base de datos comprendida en el anexo 20. Donde se determinó los tiempos que duró cada una de las 5 repeticiones llevadas a cabo, posteriormente se obtuvo un valor promedio el cual fue de 56.20 horas. Cabe señalar que para determinar estos tiempos se incluyeron las horas de la noche en las cuales la tecnología solar permanecía cerrada.

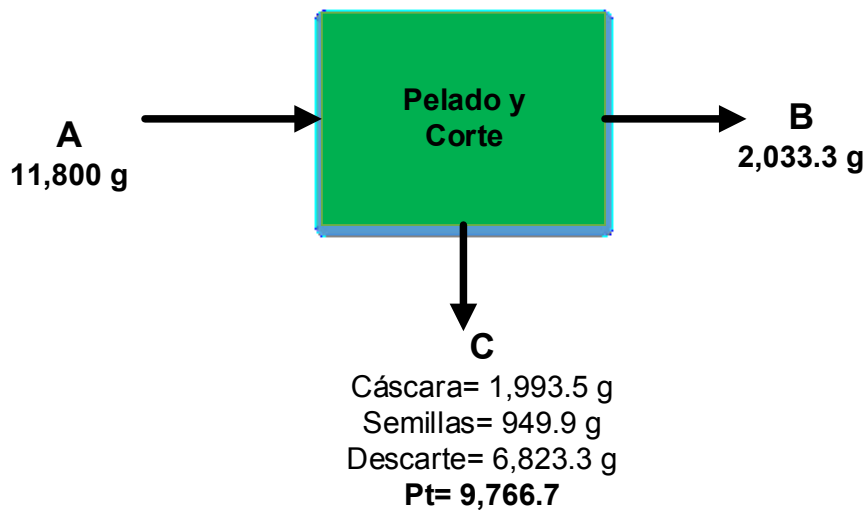
De igual manera, se determinó la cantidad promedio de materia prima que ingresaba al proceso, la cual equivale a 2134.98 gramos, así como la cantidad promedio de producto final obtenido la cual fue de 286.13 gramos.

Balances de materia

Para la determinación de los balances de materia en el proceso productivo se consideraron las etapas de corte y pelado y la etapa de secado de la fruta. Los datos necesarios para llevar a cabo dicho balance fueron tomados de la repetición número tres del proceso de deshidratado en la tecnología solar a capacidad máxima.

Al iniciar la etapa de corte y pelado, la papaya tenía un peso inicial de 11,800 gramos. Posteriormente se eliminaron 9,766.7 gramos correspondientes a cáscaras, semillas y pulpa de descarte, entrando 2033.3 gramos de papaya en cortes de 8 mm de grosor a la etapa de secado. En la ilustración 51 se observa lo anteriormente descrito.

Ilustración 51: Balance de materia etapas pelado y corte.



Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

A: entrada de fruta.

B: Producto a deshidratar.

C: Salida (fruta de descarte)

En la etapa de secado que se observa en la ilustración 52, ingresaron 2033.3 gramos, con un porcentaje de humedad de 89.20%, el cual, se calculó mediante la realización de una prueba de humedad inicial a la fruta (como se describe en la metodología, pág. 29) y un 10.8 % de materia seca. Una vez finalizada esta etapa se obtuvo un total de 245.8 gramos de papaya deshidratada con un porcentaje de humedad final de 12.08 % y un %de materia seca de 87.92%.

Conociendo estos datos se procedió a calcular el agua evaporada en esta etapa.

Para el cálculo de la cantidad de agua evaporada se tiene que:

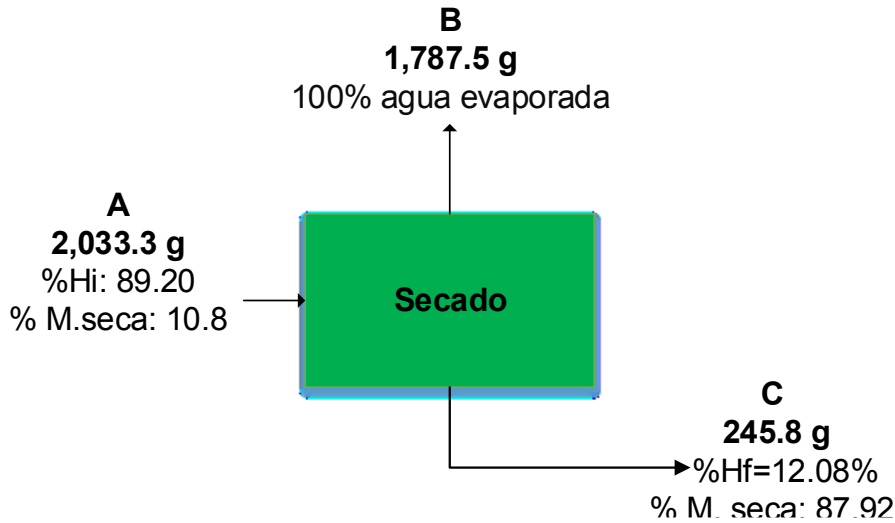
$$A=B+C$$

$$B= A-C$$

$$B= (2,033.3 \text{ gr} - 245.8 \text{ gr})$$

$$B= 1,787.5 \text{ gr de agua evaporada durante el proceso.}$$

Ilustración 52: Balance etapa de secado.



Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

A: Entrada de fruta.

B: Agua evaporada

C: Salida (Producto terminado)

Evaluación de las características organolépticas.

En cuanto, a las características organolépticas obtenidas, se presentó mucha variabilidad entre una repetición y otra, esto debido a que se presentaron fuertes lluvias durante muchas horas, ocasionando que las temperaturas descendieran considerablemente, afectando directamente sobre las últimas 3 repeticiones desarrolladas, sin embargo, se obtuvieron mejores resultados para las repeticiones 1 y 2, a pesar de que el clima no se desarrolló en las condiciones esperadas. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla (19).

Tabla 19: Resultados características organolépticas pruebas de capacidad.

Rep. #1	<ul style="list-style-type: none"> • Color: Naranja rojizo, el cual se consideró como aceptable y característico. • Olor: Aceptable, se identificaba la fruta.
---------	--

Rep. #1	<ul style="list-style-type: none"> • Sabor: Se percibía el sabor dulce de la fruta, pero no había homogeneidad en todas las muestras, ya que unas tenían el sabor más pronunciado que otras. • Textura: Algunas de textura dura y otras de textura suave. • Apariencia: Como no había igualdad en los porcentajes de humedad, la apariencia difería entre una muestra y otra ya que las papayas más maduras presentaron textura más suave con índices de humedad, el cual se fue eliminando con el paso de los días, y las papayas menos maduras eran de textura más dura.
Rep. #2	<ul style="list-style-type: none"> • Color: Naranja rojizo, el cual se consideró como aceptable y característico. • Olor: Característico, se identificaba la fruta. • Sabor: Se identifica el sabor dulce de la fruta, no hubo mucha variabilidad en el sabor de una muestra y otra. • Textura: Textura suave, considerada aceptable. • Apariencia: De buena apariencia, atractiva visualmente. <p>Es importante mencionar que el clima se presentó de manera variable, por la incidencia de lluvias en algunas de las horas del proceso, sin embargo se obtuvieron mejores resultados en comparación con la primera muestra.</p>
Rep. #3	<ul style="list-style-type: none"> • Color: Naranja rojizo. • Olor: No característico. • Sabor: Normal, se identificaba el sabor de la muestra. • Textura: Suave, se pegaba en los dientes y se percibía la humedad en las muestras, ya que se pegaban unas con otras. • Apariencia: Extraña ya que se presentaron manchas de color blanco y negro, producto del moho formado en las muestras.
Rep. # 4	<ul style="list-style-type: none"> • Color: Naranja rojizo. • Olor: No característico. • Sabor: No característico. • Textura: Húmeda y chiclosa, se pegaba en los dientes y en las manos.

Rep. # 5	<ul style="list-style-type: none"> • Color: Naranja rojizo. • Olor: Extraño, no característico. • Textura: Chiclosa, se pega en los dientes. • Apariencia: Desagradable, no atractiva visualmente, debido a la formación de moho, blanco, verde y negro.
----------	--

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 53: Muestra repetición #2



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, retomando los resultados anteriormente descritos, se determinó que la prueba donde se obtuvieron mejores resultados fue la repetición #2, ya que se logró alcanzar el porcentaje de humedad final deseado (13%), y la etapa de secado se dio de manera uniforme, debido a que las temperaturas no presentaron mucha variación encontrándose en un rango de 32°C a 42°C, lo cual permitió que el producto final presentara características organolépticas deseables, lo que se

puede observar en la ilustración 53. Es por ello que se decidió realizar la evaluación de la vida útil del producto con las muestras obtenidas de esta repetición (Rep. #2).

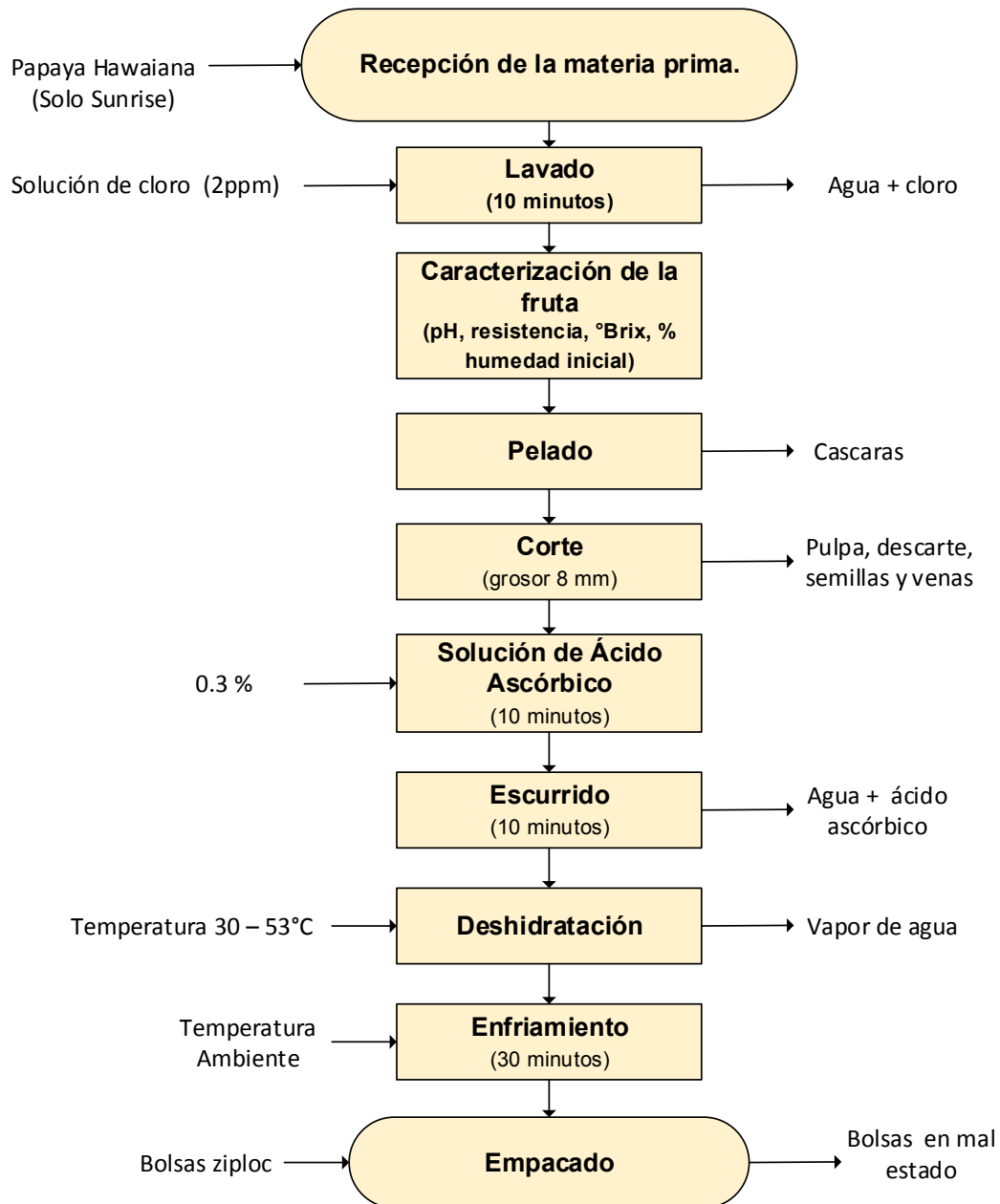
De igual manera, en las repeticiones 3, 4 y 5 se obtuvieron resultados poco favorables, ya que las características del producto final no fueron las adecuadas, debido a que presentaban humedad y moho, lo cual se puede apreciar en la ilustración 54. Esto se debió a que durante la realización de dichas repeticiones el clima no fue favorable, presentándose períodos prolongados de lluvias, así mismo temperaturas muy bajas.

- **Diagrama de proceso para el secado solar.**

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de las actividades desarrolladas, para el corte y grosor de la materia prima con el que se obtuvieron mejores resultados. Cabe señalar que este proceso se desarrolló de igual manera que el

planteado en la etapa de caracterización (Diagrama 1), con las variantes que las temperaturas que se indican son las obtenidas en la etapa de evaluación del prototipo de secador solar y el grosor utilizado fue de 8 mm.

Diagrama 2: Proceso productivo papaya deshidratada secado solar.



Fuente: Elaboración propia.

Incidencia de las temperaturas en las características organolépticas.

Ilustración 54: Muestras con moho por la humedad.

Durante la realización de las 5 repeticiones las temperaturas influyeron de manera directa en el desarrollo de la etapa de secado, ya que principalmente en las repeticiones 3, 4 y 5 las temperaturas fueron muy bajas prolongando el tiempo de secado y afectando las características organolépticas del producto final. Así mismo, se presentaron climas totalmente nublados y lluvias intensas que provocaron grandes descensos de las temperaturas, dichas lluvias permitieron que las muestras adquirieran humedad del medio, favoreciendo la formación de moho y el deterioro de las muestras, lo cual se puede observar en la ilustración 54.



Fuente: Elaboración propia.

VII.III.III Evaluación de la vida útil de las muestras.

A como es mencionado en la metodología para la evaluación de la vida útil se utilizó un lote de muestras del mismo proceso, éstas tenían un mes de haber sido procesadas, y se decidió que serían utilizadas, ya que cumplían con las características organolépticas requeridas para la evaluación, la opinión de cada panelista registrada, para cada una de las pruebas se encuentra en el anexo 21.

El panel, a como se observa en la ilustración 55, evaluó las características finales obtenidas de las frutas deshidratadas en ambas tecnologías, identificando así, cual producto cumplía con las mejores características organolépticas como: color, olor, sabor, textura y apariencia.

Ilustración 55: Panelista en evaluación sensorial



Fuente: Elaboración propia.

La evaluación se desarrolló mediante dos periodos, el primero comprendió el primer mes, donde las muestras fueron almacenadas para determinar si podían mantener sus características organolépticas estando empacadas en ambientes cerrados, y el segundo periodo correspondió la evaluación del panel.

Ilustración 56: Muestras deterioradas por moho.

Este segundo periodo duró 3 semanas, de modo que se realizaron únicamente 3 evaluaciones con el panel, ya que previo a la cuarta evaluación se percibió que en las muestras se comenzaba a formar moho, el cual puede ser observado en la siguiente ilustración (56)

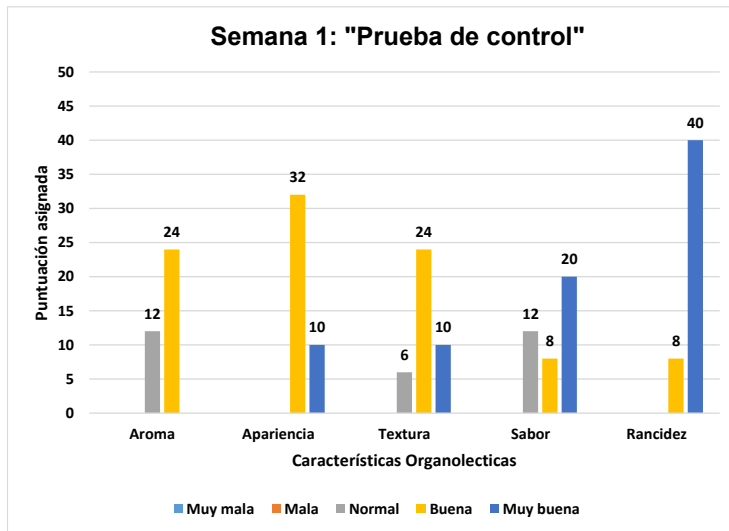


Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el proceso inició con la prueba de control y los 10 panelistas siguieron evaluando las muestras en base a las características organolépticas percibidas en esta prueba. Los resultados del análisis de las tres evaluaciones del panel se presentan en las gráficas 13, 14 y 15, donde se tomó como parámetros de evaluación las características organolépticas del producto (aroma, apariencia, textura, sabor y rancidez), bajo una escala de puntuación de 1 a 5, que va de la peor a la mejor calidad.

Es notorio destacar que para la construcción de las gráficas, se utilizaron las sumatorias de las puntuaciones obtenidas en las diversas categorías evaluadas (Muy malo, malo, normal, bueno y muy bueno).

Grafica 13: Prueba de control "Semana 1"



Fuente: Elaboración propia.

Para la primera semana los porcentajes totales de aceptabilidad para cada una de las características fueron: Aroma 72%, apariencia 84%, textura 80%, sabor 80, y rancidez 96%, en este sentido, al describir los puntajes asignados para cada una, puede observarse en esta

gráfica (13), el panel no

consideró que en esta primera prueba el aroma estuviera malo o muy malo, al contrario el mayor puntaje (24 puntos) se indicó para catalogar el aroma de la misma como bueno, y el resto de la puntuación (12 puntos) fue asignada para indicar el aroma como un parámetro normal, por tanto aceptable en el producto.

En cuanto a la apariencia, nadie considero que estuviera mala, muy mala o normal, la mayor puntuación se asignó (32 puntos) para indicar que la muestra tiene buena apariencia, y una menor cantidad (10 puntos) indicando que la apariencia es muy buena.

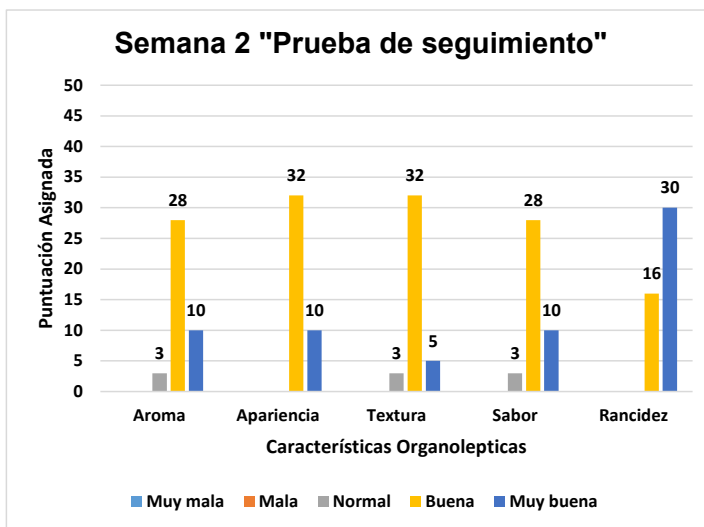
En la evaluación de la textura ninguno de los panelistas consideró que ésta estuviera muy mala o mala, la mayor puntuación (24 puntos) fue asignada para indicar que el producto tiene buena textura, seguidamente con una puntuación de 10 puntos, lo cual indica que tiene muy buena apariencia y por último (6 puntos) se inclinó, a que tiene una apariencia normal, por tanto, aceptable.

Los resultados de la evaluación del sabor mostraron que no se indicó ninguna puntuación para considerar el sabor de la muestra como muy malo o malo, el mayor puntaje (20 puntos), se inclinó para las personas que consideraron que el sabor fue muy bueno, posteriormente con un puntaje de 12, se indicó que, parte

del panel determinó que el sabor es normal, y en el menor puntaje (8 puntos), el panel señaló que el sabor fue bueno.

Por último, en la evaluación de la rancidez el mayor puntaje (40 puntos) indicó que el producto está muy bueno, o sea libre de rancidez y con un menor puntaje (8 puntos), catalogaron la muestra como buena (sin rancidez), nadie catalogó la rancidez de la muestra como normal, muy mala (mucho rancidez) o mala (rancida).

Grafica 14: Prueba de seguimiento "Semana 2"



Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de la segunda prueba de vida útil (semana 2), dio como resultado los siguientes promedios en función de la calidad para cada una de las características: Aroma 82%, apariencia 84% aceptable, textura 80%, sabor 82%, rancidez 92%. Por otra parte en la gráfica 14, se presenta una variación de la misma al compararla con los puntajes asignados para las características organolépticas en la semana 1, los resultados se describen a continuación: el aroma no presentó puntuación para una calificación mala o muy mala; sin embargo, la mayor puntuación fue asignada (28 puntos), para calificar a la muestra como buena, seguidamente con 10 puntos, se calificó como muy buena y en un menor puntaje (3 puntos), se calificó como normal. Si comparamos estas puntuaciones con las de la semana de control podemos observar que el panel mejoró sus puntuaciones indicando que la calidad de la muestra para el aroma mejoró.

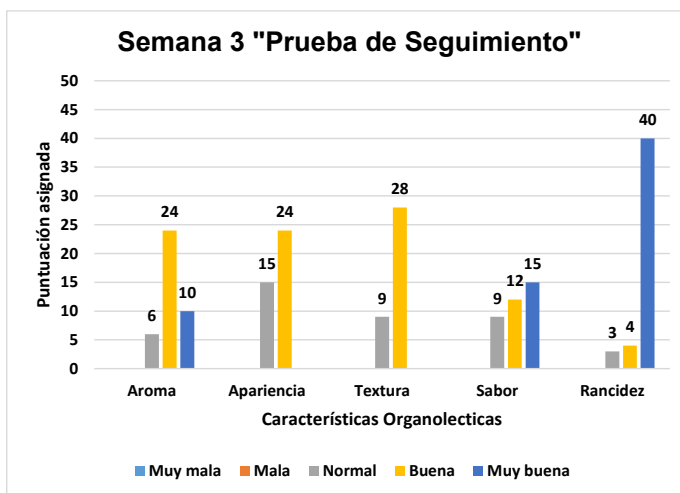
En cuanto, a la apariencia mantiene la misma puntuación asignada en la semana 1, lo cual indica que el panel consideró que no hay variación en cuanto a esta característica.

Al analizar los resultados de la textura, no se registraron puntuaciones asignadas que consideraran el producto con mala o muy mala textura, al contrario la mayor puntuación brindada por el panel (32 puntos), fue para considerar la muestra con buena textura. Seguidamente 5 puntos, se asignaron para indicar que la muestra presenta muy buena textura y por último con un puntaje de 3, se indicó que la muestra tiene textura normal.

Así mismo, se observó que en las puntuaciones asignadas para evaluar el sabor en la muestra, el mayor puntaje asignado (28 puntos), fue para catalogar el sabor de la misma como bueno, seguidamente con 10 puntos, se consideró la muestra con muy buen sabor y por último la menor puntuación (3 puntos), fue asignada para caracterizar al producto con sabor normal. De modo que si comparamos los resultados de esta característica con los de la semana anterior se puede ver que hubo un descenso de la calidad del sabor, ya que en la semana 1, la mayor puntuación se asignó para catalogar la muestra como de muy buen sabor, sin embargo, aún pudo catalogarse el sabor de la misma como aceptable.

Por último, en la evaluación de la rancidez el mayor puntaje (30 puntos) indicó que el producto fue muy bueno, o sea libre de rancidez y con un menor puntaje (16 puntos), catalogaron la muestra como buena (sin rancidez), nadie catalogó la rancidez de la muestra como normal muy mala (mucho rancidez) o mala (rancia).

Grafica 15: Prueba de seguimiento "Semana 3"



Fuente: Elaboración propia.

Para la última prueba de vida útil (semana 3), los promedios de las características organolépticas en función de la calidad fueron: Aroma 80%, apariencia 78%, textura, 74%, sabor 72%, rancidez 94%. Así mismo, al observar en la gráfica (15) de puntuaciones. La mayor puntuación en el aroma (24

puntos), fue para indicar que el producto presenta buen aroma, seguidamente con 10 puntos, se caracterizó la muestra con muy buen aroma, y por último con el menor puntaje (6 puntos) fue calificada como normal.

En cuanto, a la apariencia la mayor puntuación (24 puntos), se asignó para calificar el producto con buena apariencia, seguidamente con 15 puntos se caracterizó como normal, no hubo puntuaciones para catalogar la muestra con apariencia mala, muy mala o normal.

Así mismo, al observar los resultados de la textura se evidencia que la mayor puntuación asignada (28 puntos), fue para catalogar el producto con buena textura y en una menor puntuación (9 puntos) como normal, no se registraron puntuaciones para referir la textura como mala, muy mala o muy buena.

De igual forma, para el sabor la mayor puntuación asignada (15 puntos), se indicó para catalogar al producto como de muy buen sabor, seguidamente con 12 puntos se caracterizó como de buen sabor y por último con 9 puntos se consideró el sabor como normal.

Para la rancidez la mayor puntuación asignada (40 puntos) indicó que el producto está muy bueno, o sea libre de rancidez, seguidamente con un menor puntaje (4 puntos), catalogaron la muestra como buena (sin rancidez) y por último con menor puntaje (3 puntos), se catalogó la muestra como normal nadie catalogó la rancidez de la muestra como mala (rancia) o muy mala (mucho rancidez)

En este sentido, al comparar los resultados de la semana 3 con los de la semana 2 se puede ver que hay un descenso de la calidad del producto para tres características (aroma, apariencia y textura), sin embargo, pueden considerarse aceptables, ya que, las mayores puntuaciones asignadas las catalogaron como buenas o normales, lo cual es considerado aceptable.

Por otra parte, se observó que en cuanto al sabor los resultados se acercaron a la homogeneidad, pero el mayor puntaje fue para indicar que el sabor era muy bueno lo cual indica que su calidad en cuanto, a esta característica aumentó, y por último no se registra en las puntuaciones índices de rancidez.

No obstante, a pesar de que las características en la semana tres aún se consideraban aceptables, el proceso se detuvo antes de llegar a la semana 4 por el ataque de moho.

Sin embargo, aun con el ataque de moho las muestras mantenían textura y olor similar al de la prueba de control, pero ya no podían ser expuestas para el consumo de los panelistas.

En este sentido, el tiempo de vida útil fue de 1 mes y tres semanas, es importante destacar que este proceso no se dio en las condiciones óptimas de secado, ya que hubo un descenso de la temperatura durante los días de secado.

Ilustración 57: Muestras secado solar, después de 3 meses de proceso.



Fuente: Elaboración propia.

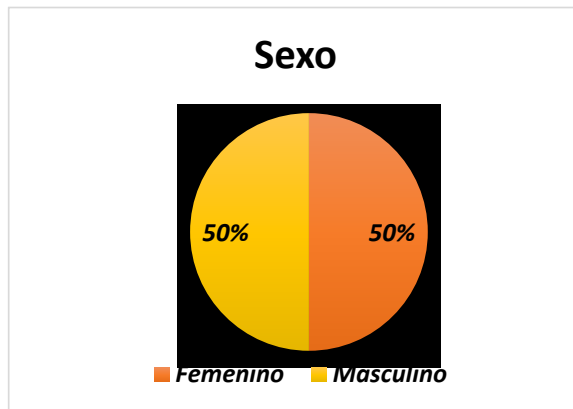
Cabe destacar, que este período de vida útil, puede llegar a ser mayor, esto depende en gran medida de las condiciones de secado, como las temperaturas y el porcentaje de humedad final obtenido en las muestras. De manera que muestras con porcentaje de humedad adecuado (12-13 %), a como se observa en la ilustración 57, poseen un período de vida útil mayor, el cual puede ser de tres meses o más, en este sentido la muestra que se presenta, duró tres meses, lo que cambió únicamente en ésta fue su color, el cual puede ser contrarrestado con otro tipo de reactivo que tenga mayor alcance que el ácido ascórbico.

VII.IV Características organolépticas del producto final.

Retomando lo anteriormente descrito en la metodología, para la evaluación de las características organolépticas del producto final, se necesitó de un panel evaluador compuesto por 10 personas, esto debido a que esta fue orientada al producto, a continuación se describen los resultados obtenidos:

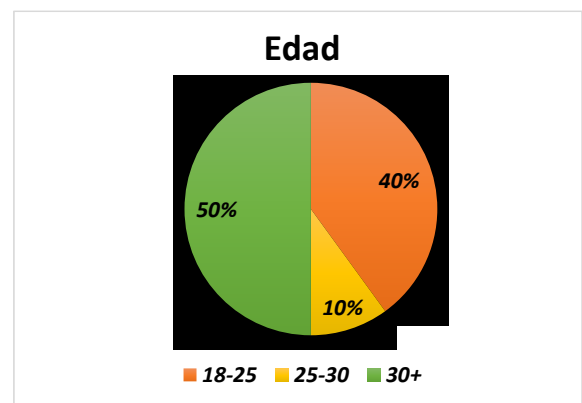
- Los **datos sociodemográficos** presentaron que el 50% de las personas encuestadas eran hombres y el otro 50 eran mujeres, de los cuales el 40% correspondieron a personas de 20 a 25 años de edad, el 10% personas entre 25 a 30 y en un mayor porcentaje el 50 % personas de 30 años en adelante, lo cual puede ser observado en la gráfica 16 y 17.

Grafica 16: Sexo de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia.

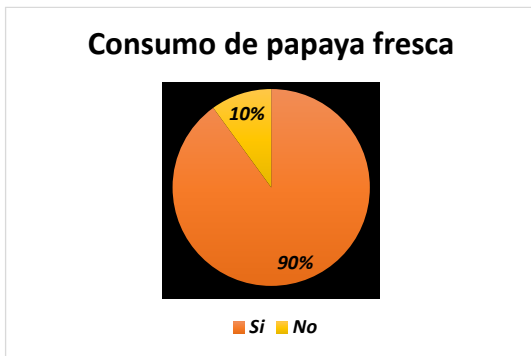
Grafica 17: Edad de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia.

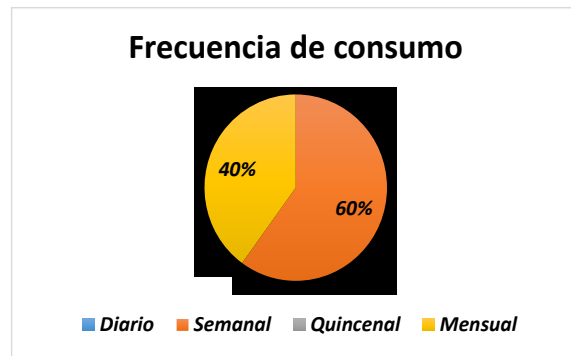
- En cuanto al **consumo de la materia prima**, los resultados obtenidos reflejaron que el 90 % consumen la fruta y el 10% no, en cuanto a la frecuencia de consumo el 60% la consumen semanalmente y en un menor porcentaje mensualmente (40%), observar graficas 18 y 19.

Grafica 18: Consumo de la fruta.



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 19: Frecuencia de consumo.



Fuente: Elaboración propia.

- Así mismo, el acápite relacionado con el **conocimiento del producto**, por parte del panel encuestado reflejó que el 100% conocen las frutas deshidratadas y estarían dispuestos a consumir este tipo de productos (observar graficas 20 y 21), sin embargo, algo importante que destacar es el hecho de que actualmente en Nicaragua no hay cultura de consumo de este tipo de productos, por lo tanto, el producto es escaso.

También, durante la etapa de investigación inicial, no se encontró en ninguno de los mercados de la ciudad frutas tropicales deshidratadas (papayas y melones), únicamente se encuentran pasas, arándanos, mangos, piñas y cerezas, lo cual representa una oportunidad de mercado para el procesamiento y comercialización de papaya deshidratada.

Grafica 20: Conocimiento de frutas deshidratadas.



Fuente: Elaboración propia

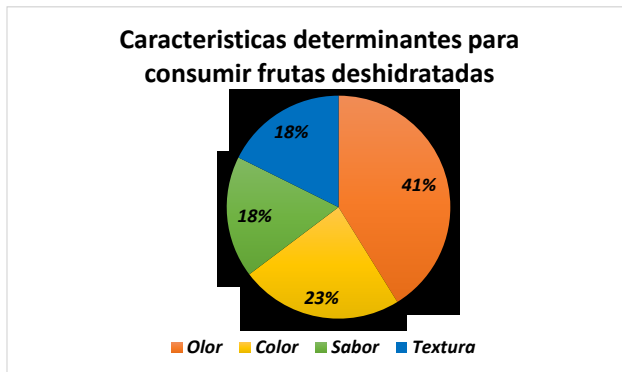
Grafica 21: Disposición de consumo.



Fuente: Elaboración propia.

- Por otra parte, el acápite de la **calidad organoléptica**, permitió realizar una comparación de las características más importantes para la calidad del producto (color, olor, sabor y textura), en las muestras producidas tanto en el secador solar como en el industrial, así también las características que el panel evaluador consideró determinantes al consumir un producto deshidratado, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Grafica 22: Características determinantes para consumir frutas deshidratadas.



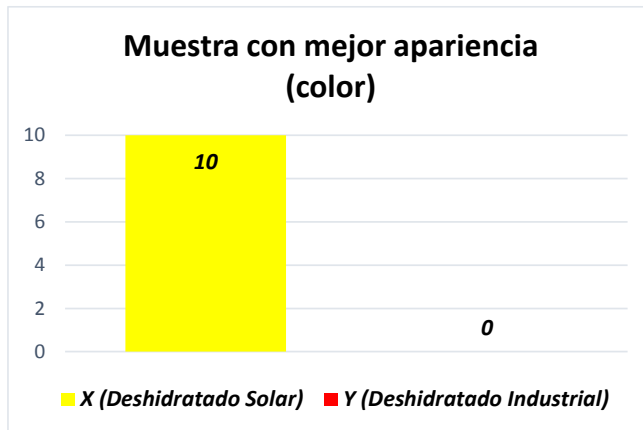
Fuente: Elaboración propia.

Como es indicado en la presente gráfica (22) el 41 % consideró que el aspecto más importante para consumir el producto es el olor, posteriormente el 23% mencionó que el color, el 18% la textura y el 18% el sabor. Lo cual, debe ser considerado como aspectos de

relevancia para mejorar la calidad del producto, en futuras investigaciones.

Mediante la evaluación de las muestras se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a las características organolépticas:

Grafica 23: Evaluación de apariencia.

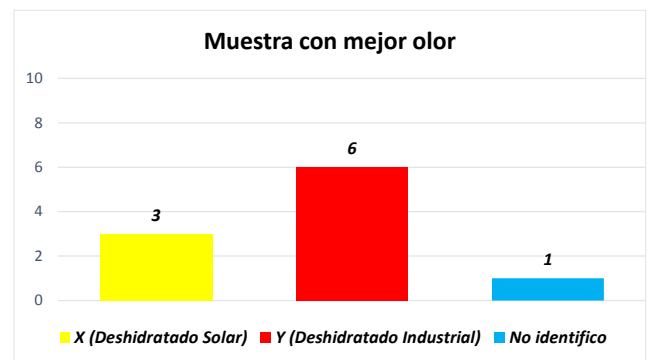


Fuente: Elaboración propia.

Todas las personas encuestadas indicaron que la muestra con mejor color era la producida mediante deshidratado solar (grafica 23), esto debido a la acción de la temperatura sobre las muestras, ya que en el deshidratado industrial la incidencia de las temperaturas es mayor por lo tanto hay una degradación de los pigmentos y por ende el color presente en la papaya se ve afectado.

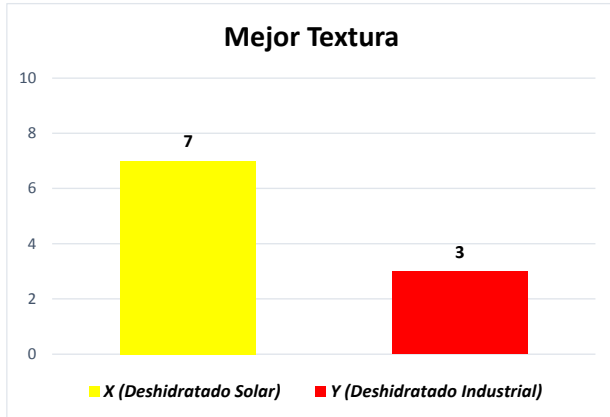
La mayoría de los encuestados (24) mencionó que el mejor olor aportado es el de las muestras del deshidratado industrial, debido a la reacción de maillard y caramelización de los azúcares presentes en la fruta, lo cual no se considera como una característica de calidad aceptable, por otra parte el olor que tuvieron las muestras deshidratadas en el secador solar, no se percibió de manera intensa ya que por estar expuestas al flujo de aire del ambiente, se produjo pérdida del aroma de las mismas.

Grafica 24: Evaluación del olor.



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 25: Evaluación de la textura.



Fuente: Elaboración propia.

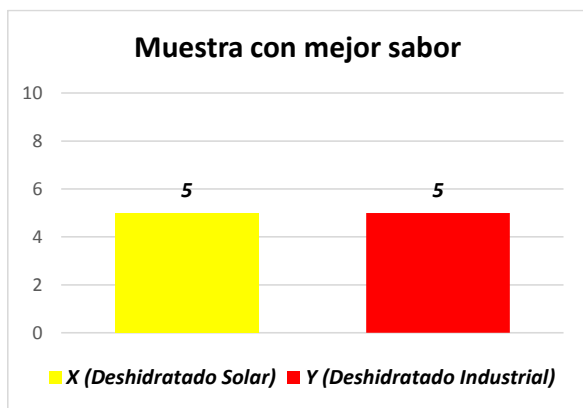
A como se muestra en la gráfica 25, la mayor parte de las personas indicó que la mejor textura la presentó la muestra proveniente del deshidratado solar, y en una menor cantidad las del industrial, esto debido a la acción de las temperaturas en ambas tecnologías, en el caso del deshidratado industrial las temperaturas son constantes (40°C) e intensas, por lo

tanto la textura se tornó dura, acartonada y difícil de morder, mientras que en el solar las temperaturas varían todo el tiempo, lo que permitió el desarrollo de una textura aceptable en las muestras.

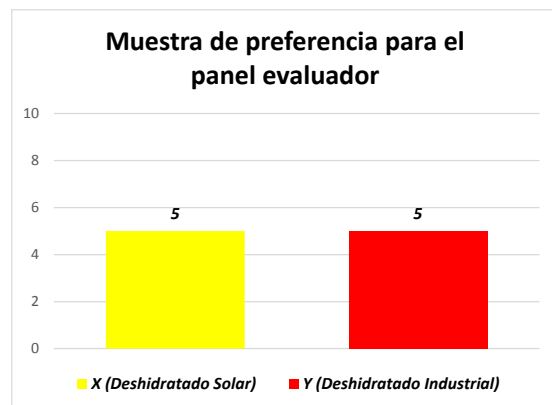
En el caso del sabor la mitad de las personas encuestadas (5) registraron que en cuanto al sabor, prefieren las muestras deshidratadas en el secador solar, justificando que estas aportan un sabor fresco y natural durante el consumo, por otra parte la otra mitad (5) en el industrial, justificó que les agrado más el sabor de ésta, ya que percibieron mayor dulzor producto de la reacción de maillard y caramelización de los azúcares de la fruta, Observar gráfica 26

Grafica 26: Evaluación del sabor.

Grafica 27: Muestra de preferencia.



Fuente: Elaboración propia.



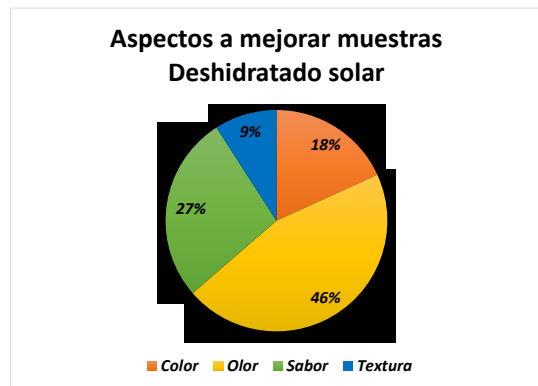
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la última pregunta de este acápite se basó en conocer que muestras eran de mayor preferencia para los panelistas obteniéndose como resultado que el 50% prefiere las muestras del secador solar y el otro 50% se inclina por las del deshidratador industrial, lo cual puede apreciarse en la gráfica 27.

- Posteriormente, el último acápite desarrollado en la encuesta se basó en pro de conocer las **recomendaciones de los panelistas** respecto a las muestras sometidas a evaluación, las cuales serán consideradas para futuras evaluaciones, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Gráfica 28: Recomendaciones muestras secado solar.

Como se indica en la gráfica 28, la característica de mayor relevancia que el panel consideró que debe ser mejorada en las muestras provenientes del secado solar, es el olor (46%), ya que las muestras no presentaron un olor intenso que les permitiera identificar con facilidad la fruta en el producto, posteriormente el 27% indicó que el sabor, 18 % el color y en un menor porcentaje la textura con un 9%.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 29: Recomendaciones muestras secado industrial.



Fuente: Elaboración propia.

El 43% de las personas encuestadas mencionó que el aspecto de mayor relevancia que debe ser mejorado en el secado industrial, es el color que presenta la muestra, seguido de un 22% el olor, 21% el sabor y en un 14% la textura. Observar gráfico 29.

VII.V Comparación de costos de producción del secador solar con el industrial.

A continuación, se presentan los costos de producción por gramo para papaya deshidratada a escala de laboratorio, para el desarrollo de un proceso, en el prototipo de secador solar.

VII.V.I Costos de producción a escala de laboratorio para el secador solar.

VII.V.I.I Costos indirectos de fabricación para el secador solar.

Para la determinación de los costos indirectos de fabricación se tomaron en cuenta los costos de agua, ácido ascórbico, cloro, guantes, redecillas y tapabocas, esto se observa en el anexo 22.

Para conocer el costo del ácido ascórbico se dividió la cantidad inicial de producto que se compró (500 gramos) entre su costo de adquisición (C\$ 1800), multiplicado por la cantidad de gramos necesarios para la sumersión de fruta durante el proceso (3 gramos). Así mismo, para la cantidad de cloro se determinó dividiendo el costo del galón de cloro (C\$ 60) entre 3750 mililitros que contiene un galón, de lo cual se obtuvo el precio de cada ml de producto que es C\$ 0.016, los cuales se multiplicaron por 5 que es la cantidad de mililitros utilizados para la sumersión de la fruta como parte de la etapa de lavado. Para determinar el costo del consumo de agua, se tomó el costo de 1 m³ (C\$ 7.60), y se dividió entre 1000 litros, para obtener el precio de 1 litro de agua, el cual, fue de 0.0076, posteriormente se multiplicó por la cantidad de agua consumida (150 litros), obteniéndose así el costo del consumo de agua, C\$ 1.14. Sumado los costos de ácido ascórbico, cloro, agua, guantes, redecillas y tapabocas los costos indirectos de fabricación fueron de **C\$ 21.02**.

VII.V.I.II Costos de mano de obra y materia prima en el secador solar.

En este sentido, para el desarrollo de este proceso se utilizaron 5 papayas con un costo de C\$ 40.00 cada una, lo cual equivale a C\$ 200 para la materia prima. Por otra parte, para la mano de obra se requirió de las labores de 1 obrero, el cual,

trabajó 8 horas diarias, por 3 días que dura todo el proceso y su salario fue determinado tomando en cuenta el salario mínimo que según el Ministerio del Trabajo (MITRAB) 2017, es de C\$ 3,773.82, para el período de septiembre del dos mil dieciséis al veintiocho de febrero del dos mil dieciocho, el cual se dividió entre la cantidad de días del mes y la cantidad de horas del día. De esta manera, el costo por hora fue de C\$ 15.72, multiplicado por las 24 horas que duró el proceso se obtuvo el costo de mano de obra, el cual, fue de C\$ 377.28.

Al sumar los costos indirectos de fabricación, materia prima y mano de obra, se obtuvo el costo total de producción para el secador solar a escala de laboratorio, el cual fue de **C\$ 598.30**, lo cual se refleja en el anexo 22.

VIII.V.I.III Costo de producción por gramo de producto final obtenido.

Para determinar los costos de producción por gramo de producto final, se realizó la relación entre el costo total de producción (**C\$ 598.30**) y la cantidad de producto final, la cual fue de **227.6 gramos** de papaya deshidratada. Por lo cual, el costo por gramo fue de **C\$ 2.63**.

VII.V.II Costos de producción a escala de laboratorio para el secador industrial.

Para el deshidratado de papaya con el secador industrial se presentan los siguientes costos.

VII.V.II.I Costos indirectos de fabricación para el secador industrial.

Los costos indirectos de fabricación para el secador industrial al igual que en el secador solar comprenden los costos de guantes, redecillas, tapabocas, ácido ascórbico, agua y cloro, lo cual equivale a C\$ 21.02, esto se refleja en el anexo 23. Sin embargo, para el secado industrial, también se determinó el costo del consumo de energía eléctrica, para el cual, se utilizó la ficha de especificaciones técnicas presentada por el fabricante: Thermo Fisher Scientific Inc (2008), la cual indica que el consumo por hora de la tecnología es de 800 watts/h, las cuales se multiplicaron por 5 horas que conlleva la etapa de deshidratado obteniéndose un consumo total de 4,000 watts/h o sea 4 kilowatts/ hora.

Posteriormente, se procedió a multiplicar el consumo de energía para la etapa de deshidratado (4 kilowatts/ hora), por el costo de tarifa energética general mayor (educación), que según Instituto Nicaragüense de energía (INE) 2016 corresponde a C\$ 5.1865, dando como resultado un costo total de C\$ 20. 746 para 5 horas de deshidratado en el secador industrial, lo anteriormente explicado, se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 20: Registro del consumo energético - Secado industrial.

Gasto energético secador industrial				
Fecha:27/03/2017			No. de prueba: 1	
Tiempo de operación		Consumo Kw/h	Costo C\$ Kw/h	Costo Total C\$
Inicio	Final			
11:00 a.m.	16:00 p.m.	4 Kw/h	5.1865	20.746

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, los costos indirectos totales de fabricación para la tecnología industrial fue de **C\$ 41.77**.

VIII.V.II.II Costos de materia prima y mano de obra en el secador industrial.

Debido a que, la capacidad del secador industrial es menor que la del solar, sólo se utilizó 1 papaya, por lo que el costo de la materia prima fue de C\$ 40. Así mismo para la preparación de la materia prima y el cuidado de la misma en el proceso, se necesitó de la colaboración de 1 obrero y su salario se determinó dividiendo el salario mínimo entre la cantidad de días del mes, entre las 8 horas diarias que debe trabajar un obrero y por último se multiplicó por la cantidad de horas que se trabajaba en este proceso equivalente a 6 horas, obteniéndose un costo de C\$ 94.32.

El total de los costos de producción (costos indirectos de fabricación, materia prima y mano de obra), para el secador industrial a escala de laboratorio, fue de **C\$ 176.086** lo cual se muestra en el anexo 23.

VIII.V.II.III Costo de producción por gramo de producto final obtenido en el secador industrial.

Para calcular los costos de producción por gramo de producto final, se realizó la relación entre el costo total de producción (**C\$ 176.086**) y la cantidad de producto final, la cual fue de **88.6 gramos** de papaya deshidratada. Por lo cual, el costo por gramo fue de **C\$ 1.99**.

VII.V.III Inversión inicial

VII.V.III.I Costo de adquisición secador solar.

El costo de adquisición inicial incluye los costos de materiales, construcción y mano de obra. Posteriormente, se realizaron modificaciones al secador solar que incluyen la incorporación de canaletas al colector solar, movimiento de la chimenea, construcción de compuertas movibles para el colector, pintura y construcción de bandejas de madera, en este sentido el costo total fue de **C\$ 17,850.00**, esto, se detalla en el anexo 22.

VII.V.III.II Costo de adquisición secador industrial.

Para el secador industrial el costo de adquisición comprende, el costo de la tecnología (C\$ 75,843.9) y el costo de envío (C\$ 1,000.00), por lo que el costo total de adquisición para el secador industrial equivale a **C\$ 76,843.9**, esto se observa en el anexo 23.

VII.V.IV Costo de las operaciones de mantenimiento.

Las operaciones de mantenimiento para el secador solar, incluyen, renovación de pintura y soldadura, las cuales poseen un costo de C\$ 2,600.00, esto se observa en el anexo 22.

En caso del secador industrial, incluye el mantenimiento general que se realiza cada año, el cual, tiene un costo de C\$ 3,000.00 (Observar anexo 23).

Por otra parte, al evaluar los costos de producción en el secador industrial, para procesar la misma cantidad de materia prima que el secador solar (5 papayas), se obtuvo como resultado que:

La capacidad del secador industrial es muy baja, por lo tanto se hace necesario realizar 5 procesos, durante un periodo de 5 días, de modo que los costos de producción por gramo, aumentan de **C\$ 1.99** a **C\$ 2.00**, dichos costos se presentan a detalle en el anexo 24.

En este sentido, retomando los costos anteriormente descritos para el secador industrial (**C\$ 2.00**) y comparándolos con los costos que incurre, el producir 5 papayas durante un proceso en el secador solar (**C\$ 2.63**), se observa que existe una pequeña diferencia de (**C\$ 0.63**), la cual no se considera relevante, al analizar los siguientes aspectos:

El prototipo de secador solar, está orientado a productores de la zona rural, que no tienen suficiente capital para adquirir una tecnología industrial y que pueden no disponer del servicio de energía eléctrica.

El tiempo de deshidratado es mayor en el industrial (5 días), que en el solar (3 días como máximo, bajo óptimas condiciones de temperatura).

Existirán diferencias en los resultados de las características organolépticas y físicas, para el producto final obtenido en el secador industrial, ya que por ser desarrollado mediante 5 procesos diferentes, no se asegura que todos sean ejecutados en igualdad de condiciones, por lo tanto las características finales en el producto serán variantes.

El uso del secador industrial genera un impacto ambiental, ya que, al igual que todas las tecnologías industriales, su ejecución en todos los procesos desarrollados, demanda del uso de energía o combustibles fósiles, lo cuales, generan diferentes gases como el dióxido de carbono en la atmósfera, teniendo como consecuencia la contaminación del aire y el calentamiento global del planeta, debido al efecto invernadero o la disminución en el grosor de la capa de ozono.

Por ultimo al analizar, la relación entre el costo de adquisición del prototipo de secador solar y los beneficios que este genere, se observa que tanto el costo de adquisición, como de producción de papaya deshidratada, no es significativo en comparación a todos los beneficios que la tecnología aportaría a un productor de la zona rural, que al contar con esta, puede dar valor agregado a toda la fruta que no pudo ser distribuida en el mercado, sin tantas exigencias como lo requiere el proceso de adquisición y uso del secador industrial, como lo es la energía eléctrica y su alto costo de adquisición.

VII.V.V Depreciación

Para el cálculo de la depreciación de ambas tecnologías se tomó en cuenta el valor inicial de los equipos, el porcentaje de depreciación anual fue de 20%, ya que se trabaja por un periodo de 5 años, en este sentido lo descrito anteriormente se puede observar en las tablas 21 y 22.

Tabla 21: Depreciación secador solar.

Secador Solar				
Año	Costo del activo	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0	C\$17,800.00			C\$17,800.00
1		C\$3,560.00	C\$3,560.00	C\$14,240.00
2		C\$3,560.00	C\$7,120.00	C\$10,680.00
3		C\$3,560.00	C\$10,680.00	C\$7,120.00
4		C\$3,560.00	C\$14,240.00	C\$3,560.00
5		C\$3,560.00	C\$17,800.00	C\$0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Depreciación secador industrial.

Secador Industrial				
Año	Costo del activo	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0	C\$76,843.90			C\$76,843.90
1		C\$15,368.78	C\$15,368.78	C\$61,475.12
2		C\$15,368.78	C\$30,737.56	C\$46,106.34
3		C\$15,368.78	C\$46,106.34	C\$30,737.56
4		C\$15,368.78	C\$61,475.12	C\$15,368.78
5		C\$15,368.78	C\$76,843.90	C\$0.00

Fuente: Elaboración propia.

VII.V.VI Comparación de resultados obtenidos.

Al comparar los costos de producción para ambas tecnologías se encontró que para el secador solar dicho costo fue de **C\$ 2.63** por cada gramo de producto final obtenido, mientras que para el secador industrial el costo fue de **C\$ 1.99** por gramo de producto final, teniendo así una diferencia de **C\$ 0.64**. Esto se debió a que en el secado solar el proceso es más largo, teniendo una duración de tres días, lo cual aumenta los costos de la mano de obra, de igual manera se utiliza una mayor cantidad de materia prima, sin embargo, se obtiene una mayor cantidad de producto.

Por otra parte, al evaluar los costos requeridos para realizar la inversión inicial, se tiene que para adquirir la tecnología industrial se necesita de **C\$ 76,843.9**, mientras que para el secador solar la inversión requerida fue de **C\$ 17,850.00**. Es por tal razón que esta tecnología solar resulta más accesible a pequeños productores rurales que no tienen poder adquisitivo para adquirir una tecnología de mayor valor económico. De igual manera se debe tener en cuenta que muchos de estos no poseen acceso a la energía eléctrica, por lo que resulta de gran utilidad el aprovechamiento de la energía solar.

En cuanto, a las operaciones de mantenimiento, se tiene que para el secador industrial representan un costo de **C\$ 3000**, y para el secador solar **C\$ 2600**. Es importante destacar que para la realización del mantenimiento en el secador industrial, es necesario que sea llevada a cabo por un técnico profesional, mientras que las operaciones de mantenimiento para el secador solar (pintura y soldadura), se pueden realizar fácilmente por el productor.

Por último, al comparar el proceso de depreciación anual en ambas tecnologías, se puede observar que para el secador solar la depreciación es menor (C\$3,560.00), que para la tecnología industrial (C\$15,368.78), con una diferencia de (C\$ 11, 808.78) entre una y otra.

VII.V.VII Costos de oportunidad.

Para determinar el costo de oportunidad que conlleva, la elección entre las tecnologías solar e industrial se tomó en cuenta, los costos de adquisición para ambas tecnologías, dichos costos equivalen a: **C\$ 76,843.90** para el secador industrial y **C\$ 17850.00** para el secador solar.

En este sentido, al elegir la tecnología industrial (**C\$ 76,843.90**), el productor renunciaría a un total de **C\$ 58,993.90**, que representa el costo de oportunidad del secador solar o el ahorro que supone para el productor elegir adquirir el secador solar. De esta manera, el productor podría utilizar dicha cantidad de dinero (**C\$ 58,993.90**), para otros fines tales como la adquisición de materia prima o pago de mano de obra.

De igual manera, se tiene, que, para los costos de producción a escala de laboratorio, en la tecnología industrial éstos equivalen a: **C\$ 884.32** y para la tecnología solar **C\$ 598**, por lo que al elegir el secador solar el productor ahorrará **C\$ 286.32** los cuales podrían ser utilizados para otros fines.

Así mismo, es necesario tener en cuenta que aparte de la inversión monetaria existen otros factores a analizar, tales como: el acceso a la energía eléctrica, impacto ambiental, mantenimiento y características organolépticas del producto final obtenido.

VIII. CONCLUSIONES

Se determinó que los parámetros de caracterización en el secador industrial, son: la madurez (80% maduro – 20% verde), las características físico químicas como: °Brix (8.78), PH (6.57), % humedad (90.62) y resistencia (5.72 kg/cm²). En cuanto al tipo de corte donde se obtuvieron mejores resultados en la tecnología industrial, fue juliana con grosor de 11 mm, sumergido en una solución 0.3 % de ácido ascórbico.

En cuanto, a los parámetros de diseño del prototipo de secador se determinó que éste debe ser construido con acero comercial, vidrio (4 mm) y fibra de vidrio con una capacidad de 2.134 kilogramos distribuidos en dos bandejas de 0.69m x 0.45m. Con las modificaciones aplicadas (incorporación de canaletas al colector solar, reubicación de la chimenea, cambio de compuertas y bandejas), se logró un incremento de temperatura de 6°C y la reducción del tiempo de secado de 7 a 3 días.

Así mismo, en la comparación de la tecnología solar e industrial, se determinó, que el tiempo del proceso de deshidratado en la tecnología solar fue de 26 a 30 horas aproximadamente, alcanzando temperaturas en un rango de 29 a 51 °C, en cambio, en la industrial fue de 4 a 5 horas, manteniendo una temperatura constante (40°C). Así mismo la velocidad de secado obtenido en la tecnología solar fue de 5.02 %/hora y en la industrial de 15.35 %/hora, no obstante, aunque la velocidad de secado sea menor en la tecnología solar, la pérdida de humedad en ésta, se dio con mayor uniformidad y las características organolépticas obtenidas fueron mejores, debido a que la intensidad de la temperatura es menor.

De igual manera, durante las pruebas a máxima capacidad para el secador solar, se alcanzaron las temperaturas más altas en la cámara de secado (53°C), los tiempos de deshidratado fueron de 51 a 56 horas.

La evaluación de vida útil duró un periodo de 1 mes y tres semanas, ya que la prueba se vio interrumpida debido a la presencia de moho en el producto, afectando su apariencia, no así sus características organolépticas, por tanto no podían ser expuestas al consumo de los panelistas. Cabe señalar que el proceso

desarrollado para la obtención de estas muestras no se dio en las condiciones climáticas óptimas para el secado.

Por otra parte, al comparar las características organolépticas de las muestras de 8 mm, procesadas en ambas tecnologías, los panelistas determinaron que la muestra con mejor apariencia fue la del secado solar, sin embargo, el 60 % de los panelistas consideraron que la industrial tuvo mejor olor, ya que las obtenidas mediante el proceso solar no presentaron olor intenso en comparación con la industrial. En cuanto al sabor 50 % de los panelistas indicaron que el mejor sabor lo aportaron las muestras de la tecnología solar y el 50 % restante, las provenientes de la tecnología industrial, finalmente al evaluar la preferencia de las muestras 50 % panelistas se inclinaron a las muestras del solar y el otro 50 % para el industrial.

Al comparar los costos de producción en gramos, de ambas tecnologías, resultó más barato producir en el industrial (**C\$ 1.99**) que en el solar (**C\$ 2.63**), donde se obtuvo una diferencia de **C\$ 0.64**, esto se debió a la cantidad de horas necesarias para desarrollar cada proceso, siendo mayor el tiempo para el secado solar, Por otra parte es importante destacar que el costo de adquisición de la tecnología solar resulta más económica (**C\$ 17,850.00**), que la industrial (**C\$ 76,843.9**), lo cual, la hace más accesible para los pequeños productores de la zona rural.

En relación, a la hipótesis planteada para este estudio, la cual se desarrolló en función de tres variables (deshidratación de la papaya hawaiana, características organolépticas y costos) se concluye que:

- Para la deshidratación de la Papaya hawaiana (variedad solo sunrise), se obtuvieron valores de porcentaje de humedad final del producto en un rango de 11 a 14 %, lo cual se considera aceptable en relación a lo planteado por: MipymeDigital (2012)
- En cuanto, a las características organolépticas, éstas se consideraron aceptables, tomando en cuenta que, el panel evaluador al comparar el producto obtenido en la tecnología solar con las del industrial indicó que las

procedentes del secador solar poseían buenas características organolépticas, no obstante esto dependerá de las condiciones climáticas, donde las temperaturas sean las más favorables para el proceso productivo.

- Por último, en los costos, se encontró que para productores del sector rural, resulta de mayor conveniencia adquirir la tecnología solar, debido a que la inversión inicial es mucho menor, así mismo, al comparar los costos de producción, éstos, resultan más accesibles en la tecnología solar. Por otra parte, es importante destacar que en muchos casos dichos productores no poseen acceso a energía eléctrica por lo que resulta más asequible el aprovechamiento de la energía solar.

IX. RECOMENDACIONES

Realizar análisis bromatológicos del producto, en el proceso con el cual se obtuvieron resultados favorables (Bastones de 8 milímetros, sumergidos en 0.3% de ácido ascórbico).

Evaluar otro tipo de tratamientos como el cloruro de calcio, con el fin de mejorar la calidad y se contrarreste de mejor manera la reacción de maillard y el pardeamiento enzimático, así mismo probar otro tipo de corte (lascas), donde se disminuyan las pérdidas de fruta y por lo tanto mejore el rendimiento.

En cuanto, a la cantidad de fruta que se descarta al momento de la realización de los cortes, se recomienda la elaboración de subproductos: como mermeladas, caramelos, batidos y jugos. De igual manera para la cascara se puede elaborar alimentos para animales.

Mejorar el funcionamiento del prototipo, mediante la ubicación de un panel solar, que permita generar mayor energía para el proceso.

Llevar a cabo un plan de negocios que permita evaluar la viabilidad técnica y económica de este producto.

Adquirir equipos que permitan realizar mediciones de velocidad del aire (anemómetro) e intensidad de los rayos del sol (heliógrafo).

En vista de que la validación, no se realizó en las condiciones climáticas más óptimas, se recomienda evaluarlo en zonas con climas más cálidos como: Nueva Segovia (Totogalpa) y Occidente (León y Chinandega).

Validar el prototipo de secador solar con este producto en fincas de productores de papaya.

Realizar investigaciones enfocadas en el deshidratado de otras frutas tropicales como: mango, piña, melón y banano, así como también hierbas, semillas, granos y vegetales.

Comparar la eficiencia del prototipo de secador solar construido de metal, con tecnologías de otros materiales como madera y plástico.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Agro West. (29 de Octubre de 2014). *Secado Solar*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de Agro west: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/SECADO-SOLAR.pdf>
- Almada, M., & Cáceres, M. (Septiembre de 2005). *Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de unesco.org: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156206s.pdf>
- Alvarez, E. (2010). *Guía Técnica del Cultivo de Papaya*. Ciudad Arce: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA.
- Baraona, M., & Ellen, S. (2014). *Fruticultura Especial*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de https://books.google.com.ni/books?id=CYq_tzwi4FIC&pg=PA6&lpg=PA6&dq=Fruticultura+Especial+baraona&source=bl&ots=SDrF4DCRG5&sig=dAQd-rsggMKseTUJO69Dsi4gkMg&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Fruticultura%20Especial%20baraona&f=false
- Bermudez, J., & Erices, L. (28 de Junio de 2004). *Diseño y Construcción de un Secador de Alimentos de Origen Vegetal en el Estado Amazonas*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Besora, J. (13 de Octubre de 2016). *Informe Técnico para la construcción del secador solar de café*. Recuperado el 20 de Julio de 2016, de esf-cat.org: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-técnico-secador-solar-de-café.pdf>
- Borda, M. (2013). *El Proceso de Investigación: Visión general de desarrollo*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Castaño, Y. (16 de Febrero de 2013). Frutas Deshidratadas. *El Nuevo Día*, pág. 1. Recuperado el 05 de Septiembre de 2016, de

<http://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/sociales/la-columna-del-chef/172427-frutas-deshidratadas>

Castillo, N. (20 de mayo de 2009). *Humedad en los Alimentos*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de <http://www.fbioyf.unr.edu.ar>: http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/111454/mod_resource/content/1/HUMEDAD%20%20EN%20LOS%20ALIMENTOS%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf

Cengel, & Yunes, B. M. (2012). *Termodinámica*. Ciudad de México: Mc Graw Hill - Educación.

CETREX. (Febrero de 2016). *Exportaciones Autorizadas por Productos*. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de www.cetrex.gob.ni: <http://www.cetrex.gob.ni/website/servicios/tproduc16.html>

CONAFOR. (2008). *Transferencia de Tecnología y Divulgación sobre Técnicas para el Desarrollo Humano y Forestal Sustentable "Deshidratador Solar de Alimentos"*. Mexico: CONAFOR Comisión Nacional Forestal. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/manual-Deshidratador-Solar-de-Alimentos.pdf>

Cordero, E., & Urbina, T. (junio de 2011). Validación del diseño de un deshidratador solar de frutas y hortalizas en el municipio de Matagalpa. Matagalpa: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM. Recuperado el 15 de octubre de 2014, de [FAREM-MATAGALPA: http://www.farematagalpa.unan.edu.ni/judc/trabajos/2011/4.pdf](http://www.farematagalpa.unan.edu.ni/judc/trabajos/2011/4.pdf)

Coronel, J., & Pérez, L. (Septiembre de 2016). *Colección de Tablas, Gráficas y Ecuaciones de Transmisión de Calor*. Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de [Universidad de Sevilla: http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf](http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf)

- De la Cueva, S. (8 de Marzo de 2013). *Efecto de la ingesta de compuestos avanzados de la Reacción de Maillard sobre el metabolismo gastrointestinal*. Recuperado el 14 de Agosto de 2016, de hera.ugr.es: <https://hera.ugr.es/tesisugr/21915076.pdf>
- Dicovski, L. (2016). *Estadística Básica para Ingenieros*. Estelí: UNI-RUACS.
- Domene, M., & Segura, M. (10 de Septiembre de 2014). *Parámetros de Calidad Interna de Hortalizas y Frutas en la Industria Agroindustrial*. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de Negocio Agroalimentario y cooperativo: <http://chilorg.chil.me/download-doc/86426>
- Escobar, R., & Arestegui, M. (2013). *El uso de la energía en los procesos productivos en el área rural*. Lima: Ilata SAC.
- Espinoza, E., & Flores, I. (2013). Evaluación de presecado de café pergamino en presecado solar tipo domo. *evaluacion de presecado de cafe perganino en presecado solar tipo domo*. Esteli: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Fernandez, P. (20 de Octubre de 2012). *Transferencia de Calor*. Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de pfernandezdiez.es: <http://files.pfernandezdiez.es/IngenieriaTermica/Tablas/PDFs/Tablas.pdf>
- Gianni, H. (2010). *El tiempo y su significado empirico*. Recuperado el 21 de Julio de 2016, de El tiempo y su significado empirico: <http://casanchi.com/ref/defitiempo01.pdf>
- Gomid, M., & Gómez, S. (3 de Marzo de 2011). *Revista Virtual Pro*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de Revista Virtual Pro: <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/introduccion-a-las-operaciones-de-separacion-calculo-por-etapas-de-equilibrio>
- González, R. (2005). *Vida Útil ponderada de edificaciones*. San Jose, Costa Rica: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla de México.
- Hernández, Y. (2007). Importancia del Grado de Madurez en el Procesado Mínimo de Frutas. 14. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

- INE. (2016). *Pliego tarifario aplicado a agosto 2016*. Managua: INE.
- INTI. (15 de Octubre de 1998). *Clasificación de las Maderas por su Durabilidad Natural*. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de www.inti.gob.ar: <http://www.inti.gob.ar/maderaymuebles/pdf/durabilidad.pdf>
- Jímenez Díaz, J. A. (2002). *Manual Práctico para el Cultivo de la Papaya Hawaina*. Guácimo, Limón., Costa Rica: Editorial EARTH. Obtenido de EARTH.
- Jorge, C. (9 de septiembre de 2010). www.solucionespracticas.org.pe. Recuperado el 19 de Agosto de 2017, de <file:///C:/Users/pc02/Downloads/FichaTecnica13-Secado+solar.pdf>: <file:///C:/Users/pc02/Downloads/FichaTecnica13-Secado+solar.pdf>
- Miliarium. (2008). *Propiedades Térmicas de los Materiales*. Recuperado el 24 de Febrero de 2017, de Ingeniería Civil y Medio Ambiente: <http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp>
- Ministerio del Trabajo (MITRAB). (2017). *Acuerdo Ministerial ALTB-01-02-17*. Managua: MITRAB.
- MipymeDigital. (20 de marzo de 2012). *Frutas Deshidratadas*. Recuperado el 04 de Junio de 2016, de <http://www.internovachile.com>: http://www.internovachile.com/es_frutas.php
- Moreno, K., & Hudiel, T. (2011). *Evaluación del presecado de café pergamino en secador solar tipo domo, ubicado en fincas con altitudes de 1000 a 1500 m.s.n.m de pequeños productores de café en los departamentos de: Madriz, Estelí y Nueva Segovia*. Estelí: UNI-RUACS.
- Navarro, M. (10 de Marzo de 2012). *Impuestos e inflación en estudios económicos*. Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de Blog Mauricio Navarro: <https://mauricionavarrozeledon.files.wordpress.com/2012/03/unidad-v->

consideracion-de-impuestos-e-inflacion-en-estudios-economicos.pdf

Noticias Apícolas. (25 de Abril de 2014). *Preparación de Jarabes*. Recuperado el 17 de Julio de 2016, de NoticiasApícolas.com.ar: <http://www.noticiasapicolas.com.ar/jarabes.htm>

Orrego, C. (Marzo de 2003). *Procesamiento de Alimentos*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2016, de researchgate.net: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Orrego/publication/288824547_PROCESAMIENTO_DE_ALIMENTOS/links/56840cf808ae197583937736/PROCESAMIENTO-DE-ALIMENTOS.pdf

Parzanese, M. (septiembre de 2014). *www.alimentosargentinos.gov.a*. Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de www.alimentosargentinos.gov.a: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf

PyMERural. (2012). Guía para determinar la vida útil de un anaquel. Managua: PyMERural.

Quijano, M., & Arana, P. (8 de Agosto de 2012). *Extracción, caracterización y comparación de Látex obtenido, en secado por Aspersión de tres variedades de papaya (Papaya Carica L)*. Quayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Quintero, L. (25 de Abril de 2013). Papaya sin Exportar. *El Nuevo Diario*, pág. 1. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/284160-papaya-exportar/>

Ramírez, M. (2013). *Análisis de Determinación de Humedad*. Lima, Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Rángel, R., Gutierrez, P., & Lilia, A. (2005). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 02 de Junio de 2016, de Universidad Nacional Autónoma de México:

- <http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/663/2/1358.pdf>
- Romero, V. (20 de Mayo de 2010). *Termodinámica del Cuerpo Negro y la Ley de Stefan-Boltzmann*. Recuperado el 22 de Febrero de 2017, de <http://www.fisica.unam.mx>:
<http://www.fisica.unam.mx/personales/romero/2010/Cuerpo-Negro.pdf>
- Sampieri, R., Collado, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México Distrito Federal: Mac Graw Hill.
- Smith, J., & Harriott, P. (2004). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería Química*. México D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- Suares, D., & Castillo, M. (5 de Agosto de 2009). *Frutas y Verduras*. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de Control de Calidad de Frutas y Verduras: <http://controldecalidadenfrutasyverduras.blogspot.in/2009/08/pardeamiento-enzimatico.html>
- Thermo Fisher Scientific Inc. (2008). Heating and drying solutions for a wide range of laboratory and industrial applications. North America: USA/Canada: Thermo Fisher Scientific Inc.
- Universidad de las Américas Puebla. (1 de Diciembre de 2005). *Capítulo III*. Recuperado el 26 de Mayo de 2016, de udlap.mx:
http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/davila_n_jr/capitulo4.pdf
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2016). *Evaluación de Alternativas*. Recuperado el 7 de Agosto de 2017, de Precios de Mercado y Costos de Oportunidad:
http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunt_Planeacion_internet/TEMAVI.2.pdf
- Urfalino, D. (22 de Octubre de 2013). *INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Recuperado el 09 de Septiembre de 2016, de INTA Instituto

Nacional de Tecnología Agropecuaria:
<http://inta.gov.ar/documentos/deshidratador-solar>

Valdés, P. (4 de Septiembre de 2008). *Manual de Deshidratacion de Alimentos*. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de Manual de Deshidratacion de Alimentos: <http://manualdeshidratacion.blogspot.com/2008/09/frutas-y-hortalizas.html>

Videa, M., & Rugama, Y. (2012). *Diagnóstico Técnico de Producción Más Limpia en las empresas de rosquillas somoteñas "Matapalo" y "La única", Somoto, Departamento de Madriz*. Estelí: Universidad Nacional de Ingeniería - Recinto Universitario Augusto C. Sandino.

Villafañez, A., & Cabrera, D. (14 de Diciembre de 2009). *INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Recuperado el 24 de Junio de 2016, de INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.: <http://inta.gov.ar/documentos/secadero-secado-solar-de-frutas-y-hortalizas>

Watts; Ylimaki G. (1995). *Metodos sensoriales basicos para la evaluacion de alimentos*. Guatemala: Centro Internacional de investigaciones para el desarrollo.

XII. ANEXOS

Anexo 1: Formato para la valoración de la vida útil del producto.

¡Excelente día! Nosotros somos estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUACS). Actualmente estamos ejecutando un proyecto de investigación que consiste en la **“Validación de prototipo de secador solar indirecto para el deshidratado de papaya Hawaiana (Variedad Solo Sunrise) en la ciudad de Estelí”** y requerimos de su opinión para las siguientes interrogantes:

Fecha _____ Código de la muestra _____

Prueba de control _____ Número de la prueba de seguimiento _____

Periodo (# mes/semana) _____

Marque con una X la puntuación que considera que se debe otorgar a la muestra evaluada.

Fruta deshidratada	Escala de valoración: “AROMA”					Total
	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena	
	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos	5 puntos	
Panelista 1						
Panelista 2						
Panelista 3						
Panelista 4						
Panelista 5						
Panelista 6						
Panelista 7						
Panelista 8						
Panelista 9						
Panelista 10						
Suma de valoración total						

Fruta deshidratada	Escala de valoración: “APARIENCIA”					Total
	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena	
	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos	5 puntos	
Panelista 1						
Panelista 2						
Panelista 3						

Panelista 4						
Panelista 5						
Panelista 6						
Panelista 7						
Panelista 8						
Panelista 9						
Panelista 10						
Suma de valoración total						

Fruta deshidratada	Escala de valoración: "TEXTURA"					Total
	Muy mala 1 punto	Mala 2 puntos	Normal 3 puntos	Buena 4 puntos	Muy Buena 5 puntos	
Panelista 1						
Panelista 2						
Panelista 3						
Panelista 4						
Panelista 5						
Panelista 6						
Panelista 7						
Panelista 8						
Panelista 9						
Panelista 10						
Suma de valoración total						

Fruta deshidratada	Escala de valoración: "SABOR"					Total
	Muy mala 1 punto	Mala 2 puntos	Normal 3 puntos	Buena 4 puntos	Muy Buena 5 puntos	
Panelista 1						
Panelista 2						
Panelista 3						
Panelista 4						
Panelista 5						
Panelista 6						
Panelista 7						
Panelista 8						
Panelista 9						
Panelista 10						
Suma de valoración total						

Fruta deshidratada	Escala de valoración: "RANCIDEZ"					Total
	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy Buena	
	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos	5 puntos	
Panelista 1						
Panelista 2						
Panelista 3						
Panelista 4						
Panelista 5						
Panelista 6						
Panelista 7						
Panelista 8						
Panelista 9						
Panelista 10						
Suma de valoración total						

Resumen de las valoraciones atribuidas por cada panelista.

	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Rancidez
Suma de totales					
Valoración total					
Suma del total dividido entre el número de panelistas					

Tomado de: PyMErural (2012)

Anexo 2: Formato de la encuesta aplicada.



¡Buen día! Nosotros somos estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUACS, actualmente estamos ejecutando un proyecto de investigación que consiste en **“Validación de prototipo de secador solar indirecto para el deshidratado de papaya Hawaiana (Variedad Solo Sunrise) en la ciudad de Estelí”** Por lo que solicitamos su colaboración respondiendo la siguiente encuesta.

I. Datos socio demográficos.

a. Sexo

Femenino___ Masculino___

b. Edad.

20-25___ 25-30___ 30+___

II. Consumo de la materia prima.

a. ¿Consume usted papaya fresca?

Sí___ No___

b. ¿Con qué frecuencia consume esta fruta?

Diario___ Semanal___ Quincenal___ Mensual___

III. Conocimiento del producto.

a. ¿Conoce las frutas deshidratadas?

Sí___ No___

b. ¿Estaría dispuesto a consumir un producto deshidratado?

Sí___ No___

IV. Calidad organoléptica de las muestras.

a. ¿Qué características serían determinante para usted al consumir un producto deshidratado?

Olor___ Sabor___ Color___ Textura___

b. ¿Cuál de las muestras considera que tiene una mejor apariencia en cuanto al color?

A___ B___ AA___ BB___ (justifique su respuesta)

- c. ¿Qué muestra considera que tiene un mejor sabor?
 A___ B___ AA___ BB___ (justifique su respuesta).
- d. ¿Qué muestra considera que tiene una mejor textura?
 A___ B___ AA___ BB___ (justifique su respuesta).
- e. ¿Qué muestra considera que tiene un mejor Olor?
 A___ B___ AA___ BB___ (justifique su respuesta).
- f. ¿Qué muestra estaría dispuesto a consumir?
 A___ B___ AA___ BB___ (justifique su respuesta).
- g. ¿Cuál de estas muestras fue de su preferencia y por qué?
 A___ B___ AA___ BB___

V. Recomendaciones para las muestras.

- a. ¿Qué aspectos considera que deberían ser mejorados en las muestras evaluadas?

A	AA	B	BB
Color__	Color__	Color__	Color__
Olor__	Olor__	Olor__	Olor__
Sabor__	Sabor__	Sabor__	Sabor__
Textura __	Textura __	Textura __	Textura __

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Datos de Grados Brix, pH, Resistencia y Humedad Inicial.

	Grados Brix	pH	Resistencia	Humedad Inicial
Datos obtenidos mediante pruebas de caracterización	7.00	7.00	5.00	87.43%
	10.00	7.00	5.00	92.00%
	10.00	6.00	5.00	90.00%
	10.00	6.00	8.00	92.00%
	6.50	6.00	5.00	90.00%
	9.00	7.00	6.00	92.00%
	6.00	7.00	6.00	92.00%
	9.00	6.00	6.50	90.00%
	11.00	6.00	5.00	90.00%
	10.00	6.00	5.00	90.00%
	7.00	7.00	5.00	92.00%
	7.00	6.00	6.50	92.00%
	11.20	6.00	6.00	90.00%
	9.00	6.00	6.80	90.00%
	9.00	6.00	5.00	90.00%
Media	8.78	6.33	5.72	0.9062867
Varianza	2.81	0.24	0.85	0.0001763
Desviación Estándar	1.68	0.49	0.92	0.0132763

Anexo 4: Datos obtenidos para en los tratamientos para la obtención de corte y grosor.

Descripción General: Prueba Corte en Cubos		# de la Prueba: #1 PCC-(#1)	Fecha: 26/02/17	Tipo de secado: Industrial			
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,940 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	°Brix	11	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		pH	5	Final	15.8%
Fruta de descarte	1,358.3 g	Sabor	Característico				
Cascara	300 g	Textura	Normal				
Semillas	218.2 g	Resistencia	6 kg/ cm3				
Peso a D:	63.5 g	Observaciones:					
Peso Final	10 g	Resultados de la muestra: color característico, ciertas frutas se quemaron, textura agradable.					

Descripción General: Prueba Corte en Cubos.		# de la Prueba: #2 PCC-(#2)	Fecha: 21/02/2017	Tipo de secado: Industrial			
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,040 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	95%
Peso Descarte		Olor		° Brix	10	Final	14.6 %
Fruta de descarte		Sabor	Característico				
Cascara	224 g	Textura	Normal				
Semillas	59.3 g	Resistencia	6 kg/cm2				
Peso a D:	32 g	Observaciones:					
Peso Final	4.7 g	Resultados de la muestra: Color y olor característico, textura suave, sabor a papaya.					

Descripción General: Prueba Corte en Cubos.		# de la Prueba: #3 PCC-(#3)	Fecha: 27/02/17	Tipo de secado: Industrial			
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,730 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	94%
Peso Descarte		Olor		°Brix	-	Final	13%
Fruta de descarte	1,184.4 g	Sabor	Característico				
Cascara	305.2 g	Textura	Normal				
Semillas	212.8 g	Resistencia	7 kg/cm2				
Peso a D:	24.6 g	Observaciones:					

Peso Final	3.2 g	Resultado de la muestra: textura dura, las orillas se quemaron, color característico, sabor a papaya, sabor agradable, apariencia extraña.
-------------------	-------	--

Descripción General: Prueba Corte en Cubos		# de la Prueba: #4 PCC-#4)	Fecha: 27/02/17	Tipo de secado: Industrial			
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	2,340 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	13.9%
Fruta de descarte	1,826.7 g	Sabor	Característico				
Cascara	287.8 g	Textura	Normal				
Semillas	201.9 g	Resistencia	-				
Peso a D:	23.6 g	Observaciones:					
Peso Final	3.3	Resultados de la muestra: se percibe sabor a papaya, textura chiclosa se pega en los dientes, color característico con orillas quemadas, olor a fruta muy madura con buena apariencia.					

Descripción General: Prueba Corte en Cubos		# de la Prueba: #5 PCC-#5)	Fecha: 01/03/17	Tipo de secado: Industrial			
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	2,250 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Peso Descarte		° Brix	-	Final	16.4%
Fruta de descarte	1,099.8 g	Sabor	Característico				
Cascara	960 g	Textura	Normal				
Semillas	165.3 g	Resistencia	5.1 kg/cm2				
Peso a D:	24.9 g	Observaciones:					
Peso Final	4.1 g	Resultados de la muestra: color y olor característico, sabor agradable y no se pega en los dientes,					

Descripción General: Prueba Corte en Rodajas.		# de la Prueba: #1 PCR-(#1)		Fecha: 27/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,730 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	94%
Peso Descarte		Olor		°Brix	-	Final	13%
Fruta de descarte	1,146.8 g	Sabor	Característico				
Cascara	305.2 g	Textura	Normal				
Semillas	212.8 g	Resistencia	7 kg/cm2				
Peso a D:	65.2 g	Observaciones:					
Peso Final	6.3 g	Resultados de la muestra: Reacción de maillar, textura dura y acartonada, apariencia no característica, color y olor contrastado, sabor papaya con reacción de maillar.					

Descripción General: Prueba Corte en Rodajas		# de la Prueba: #2 PCR-(#2)		Fecha: 27/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	2,340 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	13.01%
Fruta de descarte		Sabor	Característico				
Cascara	287.8 g	Textura	Normal				
Semillas	201.9 g	Resistencia	-				
Peso a D:	163.7 g	Observaciones:					
Peso Final	21.3 g	Resultados de la muestra: textura dura, color no característico (oscuro), quemadas, sabor partes a papayas y partes a quemadas, no hay un deshidratado uniforme, se percibe humedad.					

Descripción General: Prueba Corte en Rodajas		# de la Prueba: #3 PCR-(#3)		Fecha: 01/03/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	2,250 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Peso Descarte		° Brix	-	Final	13.8%
Fruta de descarte	902.4 g	Sabor	Característico				
Cascara	960 g	Textura	Normal				
Semillas	165.3 g	Resistencia	5.1 kg/cm2				
Peso a D:	222.2 g	Observaciones:					
Peso Final	20.7 g	Resultados de la muestra: Color no característico con orillas quemadas, la deshidratación no es uniforme, textura dura difícil de morder, sabor a papaya y a quemada.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 8 milímetros.		# de la Prueba: #1 PCJ- 8 mm (#1)		Fecha: 26/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,940 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		°Brix	11	Final	11.3%
Fruta de descarte	1382.9 g	Sabor	Característico				
Cascara	300 g	Textura	Normal				
Semillas	218.2 g	Resistencia	6 kg/ cm2				
Peso a D:	35.9 g	Observaciones:					
Peso Final	4.4 g	Resultados de la muestra: Orillas quemadas, color característico, textura dura.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 8 milímetros		# de la Prueba: #2 PCJ- 8 mm (#2)		Fecha: 21/02/2017		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,040 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	PH	6	Inicial	95%
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	11.8 %
Fruta de descarte	686.9 g	Sabor	característico				
Cascara	224 g	Textura	Normal				
Semillas	59.3 g	Resistencia	6 kg/cm2				
Peso a D:	69.8 g	Observaciones:					
Peso Final	3.9 g	Resultados de la muestra: color característico, sabor simple, consistencia dura y sabor no característico.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 8 milímetros		# de la Prueba: #3 PCJ- 8 mm(#3)		Fecha: 27/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,730 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	94%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	11.2%
Fruta de descarte	1,180.9 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	305.2 g	Textura	Normal				
Semillas	212.8 g	Resistencia	7 kg/ cm2				
Peso a D:	31.1 g	Observaciones: Se cambió el tipo de bandeja					
Peso Final	3.5 g	Resultados de la muestra: textura dura y acartonada, difícil de morder, sabor no característico y olor y sabor característico.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 8 milímetros		# de la Prueba: #4 PCJ-8 mm(#4)		Fecha: 27/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	2,340 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	-	Final	13.11%
Fruta de descarte	1,825.9 g	Sabor	Característico				
Cascara	287.8 g	Textura	Normal				
Semillas	201.9 g	Resistencia	-				
Peso a D:	24.4 g	Observaciones:					
Peso Final	3.2 g	Resultados de la muestra: textura dura y acartonada, difícil de morder, se pega en los dientes, color no característico (oscuro), olor a fruta caramelizada y reacción de maillard.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 8 milímetros		# de la Prueba: #5 PCJ-8 mm(#5)		Fecha: 01/03/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	2,250 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Peso Descarte		° Brix	-	Final	14.01%
Fruta de descarte	1,088.3 g	Sabor	Característico				
Cascara	960 gr	Textura	Normal				
Semillas	165.3 g	Resistencia	5.1 kg/cm2				
Peso a D:	36.4 g	Observaciones:					
Peso Final	5.1 g	Resultados de la muestra: color característico, textura dura, difícil de morder, sabor a papaya.					

Descripción General: Prueba corte Juliana con Grosor de 11 milímetros.		# de la Prueba: #1 PCJ-11 mm(#1)		Fecha: 26/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,940 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		° Brix	11	Final	13.3%
Fruta de descarte	1,374.1 g	Sabor	Característico				
Cascara	300 g	Textura	Normal				
Semillas	218.2 g	Resistencia	6 kg/ cm2				
Peso a D:	47.1 g	Observaciones:					
Peso Final	6.3 g	Resultados de la muestra: Sabor característico, papaya fresca, olor característico, no se pega en los dientes y de textura suave.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 11 milímetros		# de la Prueba: #2 PCJ-11 mm(#2)		Fecha: 21/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,040 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	95 %
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.34 %
Fruta de descarte	697 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	224 g	Textura	Normal				
Semillas	59.3 g	Resistencia	6 kg/cm2				
Peso a D:	59.7 g	Observaciones:					
Peso Final	7 g	Resultado final: olor a papaya, textura suave, no se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 11 milímetros		# de la Prueba: #3 PCJ- 11 mm(#3)		Fecha: 30/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,730 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	94%
Peso Descarte		Olor		°Brix	-	Final	11.71%
Fruta de descarte		Sabor	Característico				
Cascara	305.2 g	Textura	Normal				
Semillas	212.8 g	Resistencia	7 kg/cm2				
Peso a D:	48.3 g	Observaciones:					
Peso Final	7.1 g	Resultados de la muestra: sabor característico, textura chiclosa, se incrusta en los dientes, olor característico y buen color con las orillas quemadas					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor 11 milímetros		# de la Prueba: #4 PCJ- 11 mm(#4)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	2,340 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	-	Final	12.6%
Fruta de descarte	1798.1 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	287.8 g	Textura	Normal				
Semillas	201.9 g	Resistencia	-				
Peso a D:	52.2 g	Observaciones:					
Peso Final	6.6 g	Resultado de la muestra: olor oscuro, quemada, textura dura, se incrusta en los dientes, sabor no característico.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 11 milímetros		# de la Prueba: #5 PCJ-11 mm(#5)		Fecha: 01/03/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	2,250 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Peso Descarte		° Brix	-	Final	14.6%
Fruta de descarte	1,048.7 g	Sabor	Característico				
Cascara	960 gr	Textura	Normal				
Semillas	165.3 g	Resistencia	5.1 kg/cm2				
Peso a D:	76 gr	Observaciones:					
Peso Final	11.1 g	Resultados de la muestra: color no característico con orillas quemadas, olor a quemadas, textura semi dura, se incrusta en los dientes, sabor ha quemado con papaya.					

Descripción General: Prueba corte Juliana con Grosor de 13 milímetros.		# de la Prueba: #1 PCJ-13 mm(#1)		Fecha: 26/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,940 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		°Brix	11	Final	13.5%
Fruta de descarte	1,340.8 g	Sabor	Característico				
Cascara	300 g	Textura	Normal				
Semillas	218.2 g	Resistencia	6 kg/ cm2				
Peso a D:	81 g	Observaciones:					
Peso Final	11 g	Resultados de la muestra: Olor característico, de buena textura suave y orillas quemadas.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Groso de 13 milímetros.		# de la Prueba: #2 PCJ-13 mm(#2)		Fecha: 21/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,040 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	95%
Peso Descarte		Olor		° Brix	10	Final	13.6%
Fruta de descarte	647.1 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	224 g	Textura	Normal				
Semillas	59.3 g	Resistencia	6 kg/ cm2				
Peso a D:	82.6 g	Observaciones:					
Peso Final	11.3 g	Resultados de la muestra: olor y color característico, textura suave y se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 13 milímetros		# de la Prueba: #3 PCJ-13 mm(#3)		Fecha: 27/02/2017		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,730 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	94%
Peso Descarte		Olor		°Brix	-	Final	13.8 %
Fruta de descarte	1,49.7 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	305.2 g	Textura	Normal				
Semillas	212.8 g	Resistencia	7 kg/cm2				
Peso a D:	62.3 g	Observaciones:					
Peso Final	8.6 g	Resultado final: olor agradable, sabor a papaya seca, color característico con orillas quemadas, textura chiclosa y se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 13 milímetros.		# de la Prueba: #4 PCJ-13 mm(#4)		Fecha: 28/02/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	2,340 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	13.4%
Fruta de descarte	1,770.1 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	287.8 g	Textura	Normal				
Semillas	201.9 g	Resistencia	-				
Peso a D:	80.2 g	Observaciones:					
Peso Final	10.8 g	Resultados de la muestra: olor no característico, textura ulosa se pega en los dientes, sabor característico, color opaco, apariencia con orillas quemadas.					

Descripción General: Prueba Corte Juliana con Grosor de 13 milímetros		# de la Prueba: #5 PCJ-13 mm(#5)		Fecha: 01/03/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	2,250 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	14.2%
Fruta de descarte	1,028.7 g	Sabor	Característico		-		
Cascara	960 gr	Textura	Normal				
Semillas	165.3 g	Resistencia	5.1 kg/cm ²				
Peso a D:	96	Observaciones:					
Peso Final	13.7 g	Resultados de la muestra: Color no característico (oscuro), orillas quemadas, textura dura se pega en los dientes, sabor en partes a paya y en partes quemadas.					

Anexo 5: Datos registrados en el proceso productivo del tratamiento "Papaya sin ninguna sumersión"

Descripción General: Prueba ninguna solución		# de la Prueba: #1 PSS-(#1)		Fecha: 12/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	3, 62.8 lb	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	87.43
Peso Descarte		Olor		°Brix	7	Final	12.1
Fruta de descarte	1.900 kg	Sabor	Característico				
Cascara	348.4g	Textura	Normal				
Semillas	84.7	Resistencia	5				
Peso a D:	41.6	Observaciones:					
Peso Final		Resultado final: Resultados de la muestra: La muestra final tenía un sabor agradable, olor y color, sin embargo presento textura no característica, correosa y acartonada esto debido a que la muestra se secó hasta un % por debajo del establecido para la papaya deshidratada					

Descripción General: Prueba ninguna solución		# de la Prueba: #2 PSS-(#2)		Fecha: 13/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	4 libras	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	8.49
Fruta de descarte	1,256.26 gramos	Sabor	Característico				
Cascara	281.3 g	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas	40.1	Resistencia	5				
Corteza	88.3						
Peso a D:	57.7	Observaciones: Grados °Brix de 10 y por encima de 10 dificultan el proceso de secado ya que si están muy maduras se desbaratan fácilmente y se pegan en las bandejas.					
Peso Final: 4.9 gr		Resultado final: Sabor de la muestra agradable se evidencia el sabor de la fruta, olor y color característico, textura algo rugosa debido al porcentaje de humedad al que se llegó.					

Descripción General: Prueba ninguna solución		# de la Prueba: #3 PSS-(#3)		Fecha: 16/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: 12:00 Tf:3:06	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1200 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	11.69%
Fruta de descarte	749.39 gr	Sabor	Característico				
Cascara	220	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas y corteza	115.9	Resistencia	5				
Peso a D:	60.28	Observaciones:					
Peso Final:	7.05 gr	Resultados obtenidos: Olor a azúcar, producto de la caramelización de los azúcares presentes en la fruta, textura dura, buen color, sabor a papaya quemada, y se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba ninguna solución		# de la Prueba: #4 PSS-(#4)		Fecha: 18/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: 11:03 am Tf:	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	794.4gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	Ph	6	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.8
Fruta de descarte	481.9gr	Sabor	Característico				
Cascara	164.4	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas y corteza	93.5	Resistencia	8 kg/cm3				
Peso a D:	60.9 gr	Observaciones: Sumersión de la papaya en 6 litros de agua, 9 ml de cloro para una concentración de 2 ppm, por un tiempo de sumersión de 10 minutos					
Peso Final:	7.8	Resultados obtenidos: Sabor y color característico, olor normal, no se pega en los dientes, textura normal.					

Descripción General: Prueba ninguna solución		# de la Prueba: #5 PSS-(#5)	Fecha: 20/01/17	Tipo de secado: Industrial.			
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,190 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor	No característico	°Brix	6.5	Final	14.8
Fruta de descarte	1406.1	Sabor	No característico				
Cascara	342.7	Textura	Suave	pH limón	1		
Semillas y corteza	271.4	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	160.7	Observaciones: No se llegó al porcentaje de humedad requerido, ya que la muestra se puso de color muy oscuro, y tenía un olor a papaya muy acentuado no característico. Pasado un día de haber finalizado el proceso, las muestras presentaron mucha humedad.					
Peso Final:	23.8	Resultados obtenidos: Textura suave con esquinas duras, sabor a papaya fresca, olor característico, en algunas de las muestras se presentan la reacción de maillard esta no se pega en los dientes.					

Anexo 6: Pesos y porcentajes de humedad registrados en el tratamiento "Papaya sin ninguna sumersión"

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PSS #1	87%	11:40 a. m.	41.6 gr	87.43%
		2:15 p. m.	6.7 gr	17.10%
		2:50 p. m.	3.97 gr	10.47%
PSS #2	92%	11:30 a. m.	57.7 gr	92.00%
		2:55 p. m.	13.1 gr	22.71%
		3:20 p. m.	4.9 gr	8.49%
PSS #3	90%	12:00 p. m.	60.28 gr	90.00%
		3:45 p. m.	9.88 gr	16.40%
		4:00 p. m.	7.04 gr	11.69%
PSS #4	92%	11:03 a. m.	60.9 gr	92.00%
		3:50 p. m.	12.3 gr	20.19%
		4:20 p. m.	7.8 gr	12.80%
PSS #5	90%	1:00 p. m.	160.7 gr	90.00%
		3:20 p. m.	47.2 gr	29.00%
		4:50 p. m.	23.8 gr	14.80%
Promedio Humedad Final PSS				11.65%

Anexo 7: Datos obtenidos en el proceso productivo de los tratamientos "Papaya en concentraciones de limón"

Descripción General: Prueba de solución de limón de 125 ml		# de la Prueba: #1 PSL-125(#1)		Fecha: 12/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	3, 62.8 lb	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	87.43
Peso Descarte		Olor		°Brix	7	Final	8.7
Fruta de descarte	1.900 kg	Sabor	Característico				
Cascara	348.4g	Textura	Normal	Ph limón	1		
Semillas	84.7	Resistencia	5				
Peso a D:	54.9	Observaciones:					
Peso Final		Resultados de la muestra: La muestra final tenía un sabor agradable, olor y color, sin embargo presento textura no característica, correosa y acartonada esto debido a que la muestra se secó hasta un % por debajo del establecido para la papaya deshidratada.					

Descripción General: Prueba solución de limón de 125 ml		# de la Prueba: #2 PSL-125 (#2)		Fecha: 13/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	4 libras	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.66
Fruta de descarte	1267.36 gramos	Sabor	Característico				
Cascara	281.3 g	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas	40.1	Resistencia	5				
Corteza	88.3						
Peso a D:	46.6	Observaciones: Grados °Brix de 10 y por encima de 10 dificultan el proceso de secado ya que si están muy maduras se desbaratan fácilmente y se pegan en las bandejas.					
Peso Final: 5.9 gr		Resultado final: Sabor de la muestra agradable se evidencia el sabor de la fruta, olor y color característico. Así mismo no se siente presencia de limón, se pega en los dientes esto es debido a la madurez presente en la fruta, también se pega en las bandejas durante el proceso de secado.					

Descripción General: Prueba solución de limón de 125 ml		# de la Prueba: #3 PSL-125(#3)		Fecha: 16/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: 12:56 Tf: 3: 33 pm	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1200 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.55 %
Fruta de descarte	749.01 gr	Sabor	Característico				
Cascara	220	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas y corteza	115.9	Resistencia	5				
Peso a D:	60.6	Observaciones:					
Peso Final:	7.54	Resultados obtenidos: Color y olor característico, de buena textura, no se pega en los dientes, textura suave y no se evidencia la presencia del limón en el producto.					

Descripción General: Prueba Solución de limón 125 ml		# de la Prueba: #4 PS125-(#4)		Fecha: 18/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: 11:03 am Tf:2:30 pm	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	794.4gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.94
Fruta de descarte	481 gr	Sabor	Característico				
Cascara	164.4	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas y corteza	93.5	Resistencia	8 kg/cm3				
Peso a D:	61.8 gr	Observaciones: Sumersión de la papaya en 6 litros de agua, 9 ml de cloro para una concentración de 2 ppm, por un tiempo de sumersión de 10 minutos					
Peso Final:	8	Resultados obtenidos: Color no característico producto de las afectaciones de la bandeja, olor normal, sabor característico del producto, no se siente la presencia del limón, no se pega en los dientes, no hubo reacción de maillard (cristalización interna de los azucars presentes en la fruta).					

Descripción General: Prueba solución de limón 125 ml		# de la Prueba: #5 PS125-(#5)		Fecha: 20/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: Tf:	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,190 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		No característico	6.5	Final	19%
Fruta de descarte	1406.3	Sabor	No característico				
Cascara	342.7	Textura	Suave	pH limón	1		
Semillas y corteza	271.4	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	160.5	Observaciones: No se llegó al porcentaje de humedad requerido, ya que la muestra se puso de color muy oscuro, y tenía un olor a papaya muy acentuado no característico. Pasado un día de haber finalizado el proceso, las muestras presentaron mucha humedad.					
Peso Final:	31.5	Resultados obtenidos: Color no característico, textura suave algo rugosa, se percibe olor de una mezcla entre papaya y limón, se percibe color oscuro por el sarro de la bandeja, se percibe el sabor a la papaya pero también algo de sarro.					

Descripción General: Prueba de solución de limón de 250 ml		# de la Prueba: #1 PSL-250 (#1)		Fecha: 12/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	3, 62.8 lb	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	87.43
Peso Descarte		Olor		° Brix	7	Final	12.1
Fruta de descarte	1.900 kg	Sabor	Característico	Ph limón	1		
Cascara	348.4g	Textura	Normal				
Semillas	84.7	Resistencia	5				
Peso a D:	43.5	Observaciones:					
Peso Final		Resultados de la muestra: La muestra final tenía un sabor agradable, olor y color, sin embargo presento textura no característica, correosa y acartonada esto debido a que la muestra se secó hasta un % por debajo del establecido para la papaya deshidratada.					

Descripción General: Prueba solución de limón de 250 ml		# de la Prueba: #2 PSL-250 (#2)		Fecha: 13/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	4 libras	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	10.53
Fruta de descarte	Gramos 1263.66	Sabor	Característico				
Cascara	281.3 g	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas	50.3 gr	Resistencia	5				
Corteza	88.3						
Peso a D:	46.6	Observaciones: Grados °Brix de 10 y por encima de 10 dificultan el proceso de secado ya que si están muy maduras se desbaratan fácilmente y se pegan en las bandejas.					
Peso Final: 5.3 gr		Resultado final: Color y olor agradable, se evidencia un poco el sabor a limón producto de la sumersión, presenta textura suave y no se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba solución de limón de 250 ml		# de la Prueba: #3 PSL-250(#3)		Fecha: 16/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: 12:00 Tf:	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1200 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.58
Fruta de descarte	750.88 gr	Sabor	Característico				
Cascara	220	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas y corteza	115.9	Resistencia	5				
Peso a D:	58.79	Observaciones: se sumergió la fruta en una solución de limón en una concentración de 2 ppm / litro de agua					
Peso Final:	7.39	Resultados Obtenidos: Color rojizo oscuro, olor característico, no se pega en los dientes, sabor ácido en la fruta lo cual evidencia la presencia del limón, textura suave, pero los extremos duros.					

Descripción General: Prueba Solución de limón 250 ml		# de la Prueba: #4 PS250-(#4)		Fecha: 18/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: 11:03 am Tf: 2:30 pm	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	794.4gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.29
Fruta de descarte	481 gr	Sabor	Característico				
Cascara	164.4	Textura	Normal	pH limón	1		
Semillas y corteza	93.5	Resistencia	8 kg/cm3				
Peso a D:	61.8 gr	Observaciones: Sumersión de la papaya en 6 litros de agua, 9 ml de cloro para una concentración de 2 ppm, por un tiempo de sumersión de 10 minutos					
Peso Final:	7.6	Resultados obtenidos: Sabor no característico, ya que se percibe la presencia del limón, color opaco producto de las afectaciones de la bandeja, olor y textura normal.					

Descripción General: Prueba solución de limón 250 ml		# de la Prueba: #5 PS250-(#5)		Fecha: 20/01/17		Tipo de secado: Industrial. Ti: Tf:	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial FRUTA	1,190 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		No característico	6.5	Final	15%
Fruta de descarte	1401.2 gr	Sabor	No característico				
Cascara	342.7	Textura	Suave	pH limón	1		
Semillas y corteza	271.4	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	165.6	Observaciones: No se llegó al porcentaje de humedad requerido, ya que la muestra se puso de color muy oscuro, y tenía un olor a papaya muy acentuado no característico. Pasado un día de haber finalizado el proceso, las muestras presentaron mucha humedad.					
Peso Final:	26.2	Resultados obtenidos: Textura suave y rugosa, presencia de sarro por las bandejas, los bordes de las muestras quemados, sabor a papaya con limón, su color es oscuro producto de las bandejas					

Anexo 8: Pesos y porcentajes de humedad registrados en los tratamientos
 ""Papaya en concentraciones de limón""

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PSL-125 #1	87%	11:36 a. m.	54.9 gr	87.43%
		12:50 p. m.	19 gr	34.60%
		2:50 p. m.	6.3 gr	8.70%
PSL-125 #2	92%	11:30 a. m.	46.6 gr	92.00%
		2:40 p. m.	11.2 gr	24.03%
		3:10 p. m.	5.9 gr	12.66%
PSL-125 #3	90%	9:15 a. m.	60.6 gr	90%
		2:00 p. m.	10.60 gr	17.50%
		2:40 p. m.	7.60gr	12.55%
PSL-125 #4	90%	12:56 p. m.	61.8 gr	90.00%
		2:50 p. m.	14 gr	22.65%
		3:30 p. m.	8 gr	12.99%
PSL-125 #5	90%	12:54 p. m.	160.5 gr	90.00%
		3:20 p. m.	65.6 gr	40.80%
		4:50 p. m.	31.5 gr	19.00%
Promedio Humedad Final PSL-125				13.18%

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PSL-250 #1	87%	11:37 a. m.	43.5 gr	87.43%
		2:25 p. m.	6.5 gr	14.94%
		2:50 p. m.	3.62 gr	12.01%
PSL-250 #2	92%	11:30 a. m.	50.3 gr	92.00%
		2:50 a. m.	9 gr	17.89%
		3:20 p. m.	5.3 gr	10.53%
PSL-250 #3	90%	12:00 p. m.	58.79 gr	90.00%
		2:40 p. m.	12.61 gr	21.45%
		4:00 p. m.	7.39 gr	12.57%
PSL-250 #4	92%	11:03 p.m.	61.8 gr	92.00%
		3:10 p. m.	10.9 gr	17.63%
		3:30 p. m.	7.6 gr	12.29%
PSL-250 #5	90%	12:54 p. m.	165.5 gr	90.00%
		3:20 p. m.	54.6 gr	32.90%
		4:50 p. m.	26.2 gr	15.00%
Promedio Humedad Final PSL-250				12.48%

Anexo 9: Datos obtenidos en los procesos productivos de los tratamientos
 "Papaya en concentraciones de jarabe de azúcar"

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 25° Brix		# de la Prueba: #1 PJ25B-(#1)		Fecha: 13/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	4 libras	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicia	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	7	Final	21.13
Fruta de descarte	1.313.96 kg	Sabor	Característico				
Cascara	348.4 g	Textura	Normal	Ph limón	1		
Semillas	84.7	Resistencia	5				
Corteza	88.3	Observaciones: Para llegar a esta concentración se utilizó ½ kg de azúcar en 1 litro de agua. El proceso de deshidratación dura 6 horas, pasada 2 horas la fruta de estar en la sumersión del jarabe se realizó una medición de Briz y bajo de 25 a 23°Brix, se agregó entonces 25 ml de jarabe de azúcar a la misma concentración. Luego de 6 horas de sumersión se procedió al escurrido que fue de 12 horas, la fruta no fue lavada. Resultados obtenidos: Color no característico debido a la reacción de maillar y caramelización de los azucares presentes en la parte interna de la fruta, no se evidenciaba el sabor de la fruta, sino más bien a azúcar quemada, su textura es crujiente por el quemado, su apariencia el brillante y cristalizada.					
- Peso a 1: 81.4 - Peso después de 2 horas: 81.6 - Peso 6 horas después: 82.2 -Peso después escurrido (12 horas): 75.5 gramos-							

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 25° Brix		# de la Prueba: #2 PJ25B-(#2)		Fecha: 18/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1000 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	8	Final	16.69
Fruta de descarte	587.56 gr	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	152.64 gr	Textura	Normal	Ph limón	-		
Semillas	170	Resistencia	6.5				
Corteza	-	Observaciones: No se necesitó de agregar jarabe pasado dos horas del proceso de secado osmótico.					
- Peso a 1: 92.86 - Peso después de 2 horas: 92.8 gr - Peso 6 horas después: 92.8 -Peso después escurrido (12 horas): 88.7 gramos-		Resultados obtenidos: Color oscuro en la muestra, de textura semi dura, no hay demasiada cristalización. En cuanto al sabor no se percibe cristalización de azúcares, sino más bien la papaya, no se pega tanto en los dientes en comparación con las muestras anteriores					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 25° Brix		# de la Prueba: #3 PJ25B-(#3)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1468 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	
Fruta de descarte	915.3	Sabor	Característico				
Cascara	338.5	Textura	Normal				
Semillas	152.8	Resistencia	4				
Peso a D	61.3	Observaciones:					
		Resultados: Color oscuro, de textura Chiclosa, se pega en los dientes y en las manos, olor a azúcar quemado, sabor a azúcar, muy poco se evidencia el sabor de la fruta, olor a azúcar quemado.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 25° Brix		# de la Prueba: #4 PJ25B-(#4)		Fecha: 27/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	2 kg +340.194 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90
Peso Descarte		Olor		°Brix	11.2	Final	21.02
Fruta de descarte	766.5gr	Sabor	Característico				
Cascara	133.1gr	Textura	Normal				
Semillas	5.1	Resistencia	6.8				
Peso a D	85.6	Observaciones: No se necesitó de agregar jarabe pasado dos horas del proceso de secado osmótico.					
- Peso después del proceso de Osmosis: 79.8		Resultados obtenidos: Quemada, color oscuro, de textura ulosa, con olor a papaya, se pega en los dientes y sabor a azúcar quemada.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 25° Brix		# de la Prueba: #5 PJ25B-(#5)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1468 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	
Fruta de descarte	911.2	Sabor	Característico				
Cascara	338.5	Textura	Normal				
Semillas	152.8	Resistencia	4				
Peso a D	65.4	Observaciones:					
		Resultados: De textura Chiclosa, se pega en los dientes, color oscuro (producto del azúcar caramelizado), olor a azúcar quemada, sabor a azúcar, se evidencia muy poco el sabor a la papaya, apariencia no característica.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 50° Brix		# de la Prueba: #1 PJ50B-(#1)		Fecha: 13/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	4 libras	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	7	Final	19
Fruta de descarte	Kg 1248.18	Sabor	Característico				
Cascara	348.4g	Textura	Normal	Ph limón	1		
Semillas	84.7	Resistencia	5				
Corteza	88.3	Observaciones: Para llegar a esta concentración se utilizó 1 kg de azúcar en 1 litro de agua. El proceso de deshidratación dura 6 horas, pasada 2 horas la fruta de estar en la sumersión del jarabe, se agregaron 50 ml de jarabe de azúcar de la misma concentración. Luego de 6 horas de sumersión se procedió al escurrido que fue de 12 horas, la fruta no fue lavada.					
- Peso a 1: 65.78 - Peso después de 2 horas: 59.2 - Peso 6 horas después: 55.2 -Peso después escurrido (12 horas): 50.4 gramos-		Resultados obtenidos: Color no característico debido a la reacción de maillar y caramelización de los azucares presentes en la parte interna de la fruta, no se evidenciaba el sabor de la fruta, sino más bien a azúcar, su textura es chiclosa, dura de morder y se pega en los dientes, su apariencia el brillante y cristalizada					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 50° Brix		# de la Prueba: #2 PJ50B-(#2)		Fecha: 18/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1000 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	8	Final	19.97
Fruta de descarte	583.38 gr	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	152.64 gr	Textura	Normal	Ph limón	-		
Semillas	170	Resistencia	6.5				
Corteza	-	Observaciones:					
- Peso a D1: 97.04 - Peso después de 2 horas: 85.1 gr - Peso 6 horas después: 70.1 -Peso después escurrido (12 horas): 71.3 gramos-		Resultados obtenidos: Color oscuro no característico; sabor a quemado, producto de la reacción de maillard por la cristalización de los azucares, su apariencia y textura es de fruta cristalizada o caramelizada.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 50° Brix		# de la Prueba: #3 PJ50B-(#3)		Fecha: 19/01/17		Tipo de secado: Industrial		
Peso de la fruta		Características Físicas			Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1010 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90	
Peso Descarte		Olor		°Brix	7	Final	19.2	
Fruta de descarte	614.6 gr	Sabor	Característico					
Cascara	220 gr	Textura	Normal	Ph limón	-			
Semillas	1 23.7	Resistencia	6 kg/m2					
Corteza	-	<p>Observaciones: No se necesitó de agregar jarabe pasado dos horas del proceso de secado osmótico. No se pesó la muestra después de pasadas las 8 horas del proceso osmótico, sino más bien después de 12 horas de la etapa de escurrido.</p> <p>Resultados obtenidos: Buen color, no se pega en los dientes, sabor agradable, no hay reacción de maillard, de textura dura y acartonada.</p>						
- Peso a 1: 78.1 gr								
- Peso después de 2 horas: 72.2 gr								
- Peso 6 horas después: 66.5								
-Peso después escurrido (12 horas): 53.4 gramos-								

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 50° Brix		# de la Prueba: #4 PJ50B-(#4)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1468 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	
Fruta de descarte	906.2	Sabor	Característico				
Cascara	338.5	Textura	Normal	Ph limón	-		
Semillas	152.8	Resistencia	4				
Peso a D	70.4	Observaciones:					
		Resultados obtenidos: La muestra se caramelizo (debido a la cristalización del azúcar), de textura Chiclosa y dura, olor a azúcar quemado, se pega en los dientes, difícil de morder, apariencia no característica, color oscuro,					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 75° Brix		# de la Prueba: #1 PJ75B-(#1)		Fecha: 13/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	4 libras	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	7	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	7	Final	22.55
Fruta de descarte	Kg 1249.68	Sabor	Característico				
Cascara	348.4g	Textura	Normal	Ph limón	1		
Semillas	84.7	Resistencia	5				
Corteza	88.3	Observaciones: Para llegar a esta concentración se utilizó 1 ½ kg de azúcar en 1 litro de agua. El proceso de deshidratación dura 6 horas, pasada 2 horas la fruta de estar en la sumersión del jarabe, se agregaron 75 ml de jarabe de azúcar de la misma concentración. Luego de 6 horas de sumersión se procedió al escurrido que fue de 12 horas, la fruta no fue lavada.					
- Peso a 1: 64.28 - Peso después de 2 horas: 54.4 gr - Peso 6 horas después: 45.3 -Peso después escurrido (12 horas): 40.0 gramos-		Resultados obtenidos: Color no característico debido a la reacción de maillar y caramelización de los azucars presentes en la parte interna de la fruta, no se evidenciaba el sabor de la fruta, sino más bien a azúcar quemada, su textura es chiclosa, dura de morder y se pega en los dientes, su apariencia el brillante y cristalizada					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 75° Brix		# de la Prueba: #2 PJ75B-(#2)		Fecha: 18/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1000 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92
Peso Descarte		Olor		°Brix	8	Final	18.70
Fruta de descarte	579.9 gr	Sabor	Característico				
Cascara	152.64 gr	Textura	Normal	Ph limón	-		
Semillas	170	Resistencia	6.5				
Corteza	-	Observaciones:					
- Peso a D1: 100.52 - Peso después de 2 horas: 87.3 gr - Peso 6 horas después: 74.7 -Peso después escurrido (12 horas): 74 gramos-		Resultados obtenidos: Textura dura o correosa, olor y sabor a quemado, hay reacción de maillard, se pega en los dientes y apariencia cristalizada.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 75° Brix		# de la Prueba: #3 PJ75B-(#3)		Fecha: 19/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1010 gr gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90
Peso Descarte		Olor		°Brix	8	Final	21.9
Fruta de descarte	615.8 gr	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	220 gr	Textura	Normal	Ph limón	-		
Semillas	1 23.7	Resistencia	6.5				
Corteza	-	Observaciones: No se necesitó de agregar jarabe pasado dos horas del proceso de secado osmótico. No se pesó la muestra después de pasadas las 8 horas del proceso osmótico, sino más bien después de 12 horas de la etapa de escurrido.					
- Peso a D1: 76.9 - Peso después de 2 horas: 58.8 -Peso después escurrido (12 horas): 37.6 gramos-		Resultados obtenidos: Textura caramelizada, sabor azucarado (la papaya caramelizada), se pega en los dientes, presenta un color característico.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 75° Brix		# de la Prueba: #4 PJ75B-(#4)		Fecha: 27/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	2 kg +340.194 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90
Peso Descarte		Olor		°Brix	11.2	Final	18.45
Fruta de descarte	769.6	Sabor	Característico				
Cascara	133.1	Textura	Normal				
Semillas	5.1	Resistencia	6.5				
Peso a deshidratar	82.6	Observaciones:					
Peso después del proceso de Osmosis: 60.7		Resultados obtenidos: Quemada, de textura dura y acartonada, se evidencio la reacción de maillard, sabor a quemado (azúcar quemada), se pega en los dientes, color oscuro.					

Descripción General: Prueba solución de jarabe a 75° Brix		# de la Prueba: #5 PJ75B-(#5)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1468 gr	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	
Fruta de descarte	912.1	Sabor	Característico				
Cascara	338.5	Textura	Normal				
Semillas	152.8	Resistencia	4				
Peso a deshidratar	64.5	Observaciones:					
		Resultados obtenidos: La muestra se caramelizo totalmente, orillas quemadas, de textura dura y acartonada, sabor a azúcar, olor a azúcar quemada, apariencia no característica, color oscuro.					

Anexo 10: Pesos y porcentajes de humedad registrados en los tratamientos "Papaya en concentraciones de jarabe de azúcar"

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PJ25B #1	92%	8:30 a. m.	81.4 gr	92.00%
		10:14 a. m.	21.1 gr	25.92%
		11:30 a. m.	17.2	21.13%
PJ25B #2	92%	9:20 a. m.	92.86 gr	92.00%
		1:40 p. m.	24.3 gr	26.17%
		5:20 p. m.	15.5 gr	16.69%
PJ25B #3	92%	9:00 a. m.	65.4 gr	92.00%
		3:00 p. m.	25.75 gr	39.38%
		4:40 p. m.	16.35 gr	25.00%
PJ25B #4	90%	8:55 a. m.	85.6 gr	90.00%
		1:30 p. m.	25.5 gr	29.78%
		3:00 p. m.	18 gr	21.02%
PJ25B #5	92%	9:15 a. m.	61.3 gr	92.00%
		2:15 p. m.	20.38 gr	33.25%
		4:30 p. m.	14.49 gr	23.65%
Promedio Humedad Final PJ25B				21.50%

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PJ50B #1	92%	8:30 a. m.	65.78 gr	92.00%
		10:15 a. m.	18.9 gr	28.73%
		11:30 a. m.	12.5 gr	19.00%
PJ50B #2	92%	9:20 a. m.	97.04 gr	92.00%
		1:40 p. m.	37.2 gr	38.33%
		5:20 p. m.	19.5 gr	20.04%
PJ50B #3	90%	9:15 a. m.	78.1 gr	90.00%
		3:20 p. m.	15.3 gr	19.59%
		4:40 p. m.	15 gr	19.20%
PJ50B #4	90%	8:55 a. m.	82.9 gr	90.00%
		1:30 p. m.	24.4 gr	29.43%
		3:00 p. m.	18.4 gr	22.19%
PJ50B #5	92%	9:15 a. m.	70.4 gr	92.00%
		2:30 a. m.	20.98 gr	29.70%
		4:15 p. m.	14.64 gr	20.80%
Promedio Humedad Final PJ50B				20.25%

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PJ75B #1	92%	8:30 a. m.	64.28 gr	92.00%
		10:15 a. m.	17.7 gr	27.53%
		11:30 a. m.	14.5 gr	22.55%
PJ75B #2	92%	9:20 a. m.	100.52 gr	92.00%
		1:40 p. m.	40.1	39.89%
		5:20 p. m.	18.8 gr	18.70%
PJ75B #3	90%	9:15 a. m.	76.9 gr	90.00%
		3:20 p. m.	17 gr	22.10%
		4:40 p. m.	16.9 gr	21.97%
PJ75B #4	90%	8:55 a. m.	82.6 gr	90.00%
		1:30 p. m.	18.6 gr	22.51%
		3:00 p. m.	15.8 gr	18.43%
PJ75B #5	92%	9:15 a. m.	64.5 gr	92.00%
		2:10 p. m.	18.42 gr	28.56%
		4:15 p. m.	12.27 gr	19.03%
Promedio Humedad Final PJ75B				20.14%

Anexo 11: Datos obtenidos en los procesos productivos de los tratamientos
"Papaya en concentraciones de ácido ascórbico"

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 2 gr		# de la Prueba: #1 PSAA-2(#1)		Fecha: 24/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1880 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92%
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	10.9 %
Fruta de descarte	1292.2 g	Sabor	Característico				
Cascara	305 g	Textura	Normal				
Semillas	235.7 g	Resistencia	6 kg/ cm2				
Peso a D:	75.9 g	Observaciones:					
Peso Final	8.3 g	Resultados de la muestra: Sabor a papaya fresca, olor característico, de buena textura suave y no se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 2 gr		# de la Prueba: #2 PSAA-2(#2)		Fecha: 25/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1620 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	°Brix		Inicial	92%
Peso Descarte		Olor		pH		Final	13.82%
Fruta de descarte	1122.2 g	Sabor	Característico				
Cascara	280 g	Textura	Normal				
Semillas	170 g	Resistencia					
Peso a D:	89 g	Observaciones: Un día pasado el proceso de deshidratación la muestra presento humedad.					
Peso Final	12.3 g	Resultados de la muestra: Se siente sabor a la papaya, sin embargo, se percibe el sarro de la bandeja, no hay sabor a AA, afectaciones de color por la bandeja, buena textura, olor normal, buena textura, apariencia aceptable.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 2 gr		# de la Prueba: #3 PSAA-2(#3)		Fecha: 27/01/2017		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,000 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	PH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	
Fruta de descarte	622.3 g	Sabor	Característico				
Cascara	200 g	Textura	Normal				
Semillas	120 g	Resistencia	6.5 kg/cm2				
Peso a D:	69.8 g	Observaciones:					
Peso Final		Resultados de la muestra: Textura suave, esquinas quemadas por la bandeja usada, buen, olor y sabor, no se percibe sabor a ácido ascórbico					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 2 gr		# de la Prueba: #4 PSAA-2(#4)		Fecha: 30/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1200 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	11	Final	11.71%
Fruta de descarte	820.60 g	Sabor	Característico				
Cascara	210 g	Textura	Normal				
Semillas	120 g	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	89.6 g	Observaciones: Se cambió el tipo de bandeja					
Peso Final	10.5 g	Resultados de la muestra: Se percibe un olor no característico en el producto esto se debe a que la papaya estaba remadura, de textura suave, no se evidencia mucho el sabor de la fruta ni el del ácido ascórbico, las esquinas quemadas, de buena textura, no se pega en los dientes, debido a que la fruta estaba muy madura esta tenía índice de fermentación los cuales fueron evidenciados una vez probado el producto final, ya que este presentó un sabor ácido y olor extraño.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 2 gr		# de la Prueba: #5 PSAA-2(#5)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial	1,145 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	10	Final	12.45%
Fruta de descarte	826.8 g	Sabor	Característico				
Cascara	152.5 g	Textura	Normal				
Semillas	89.6 g	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	76.3 g	Observaciones:					
Peso Final		Resultados de la muestra: Color característico, olor a papaya, de textura suave pero ulosa, se pega en los dientes, sabor aceptable.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 3 gr		# de la Prueba: #1 PSAA-3(#1)		Fecha: 24/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1880 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92%
Peso Descarte		Olor		° Brix	9	Final	13.3%
Fruta de descarte	1291. g	Sabor	Característico	% Acidez			
Cascara	305 g	Textura	Normal				
Semillas	235.7 g	Resistencia	6 kg/ cm2				
Peso a D:	76.5 g	Observaciones:					
Peso Final	10.3 g	Resultados de la muestra: Sabor característico, papaya fresca, olor característico, no se pega en los dientes y de textura suave.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 3 gr		# de la Prueba: #2 PSAA-3(#2)		Fecha: 25/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1620 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92%
Peso Descarte		Olor		° Brix	6	Final	13.50 %
Fruta de descarte	1120.1 g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	280 g	Textura	Normal				
Semillas	170 g	Resistencia	6 kg/cm2				
Peso a D:	91.1 g	Observaciones: Un día pasado el proceso de deshidratación la muestra presento humedad.					
Peso Final	12.3 g	Resultados de la muestra: Olor normal, color no característico por afectaciones de la bandeja, de textura normal, sabor agradable pero se siente el sabor al sarro de la bandeja, no hay sabor a AA					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 3 gr		# de la Prueba: #3 PSAA-3(#3)		Fecha: 27/01/2017		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1000 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		° Brix	9	Final	
Fruta de descarte	620.6 g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	200 g	Textura	Normal				
Semillas	120 g	Resistencia	6.5 kg/cm2				
Peso a D:	71.5 g	Observaciones:					
Peso Final		Resultados de la muestra: Color y olor característico, sabor y textura normal.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 3 gr		# de la Prueba: #4 PSAA-3(#4)		Fecha: 30/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,200 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		° Brix	11	Final	12.67%
Fruta de descarte	819.50 g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	210 g	Textura	Normal				
Semillas	120 g	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	90.7 g	Observaciones: Se cambió el tipo de bandeja					
Peso Final	11.65 g	Resultados de la muestra: De color claro muy característico del producto, textura suave, no se pega en los dientes, buen sabor, se percibe el sabor de la papaya sin AA, olor característico, la muestra no se quemó.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 3 gr		# de la Prueba: #5 PSAA-3(#5)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial Tiempo Inicial: 10:54 am	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,145 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		° Brix	10	Final	13.10%
Fruta de descarte	824.1 g	Sabor	Característico	% Acidez			
Cascara	152.2 g	Textura	Normal				
Semillas	89.6 g	Resistencia	5 kg/cm2				
Peso a D:	78.5 g	Observaciones:					
Peso Final		Resultados de la muestra: Color característico, olor a papaya fresca, de buena textura, suave, sabor dulce (suave), no se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 4 gr		# de la Prueba: #1 PSAA-4(#1)		Fecha: 24/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,880 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92%
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	13.7%
Fruta de descarte	1286.2 g	Sabor	Característico	% Acidez			
Cascara	305 g	Textura	Normal				
Semillas	235.7 g	Resistencia	6 kg/cm2				
Peso a D:	81.9 g	Observaciones:					
Peso Final	11.5 g	Resultado final: Resultados de la muestra: Sabor característico del producto, olor normal, de buena textura, no se pega en los dientes.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 4 gr		# de la Prueba: #2 PSAA-4(#2)		Fecha: 25/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1620 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	92%
Peso Descarte		Olor		°Brix	6	Final	13.65%
Fruta de descarte	1120.1 g	Sabor	Característico	% Acidez			
Cascara	280 g	Textura	Normal				
Semillas	170	Resistencia	6 kg/m2				
Peso a D:	91.1 g	Observaciones: Un día pasado el proceso de deshidratación la muestra presento humedad.					
Peso Final	12.3 g	Resultado final: Resultados de la muestra: Olor y textura normal, se percibe el sabor del AA en la muestra, así como el sarro de la bandeja					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 4 gr		# de la Prueba: #3 PSAA-4(#3)		Fecha: 27/01/2017		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1000 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	9	Final	
Fruta de descarte	621.3 g	Sabor	Característico	% Acidez			
Cascara	200 g	Textura	Normal				
Semillas	120 g	Resistencia	6.5 kg/cm				
Peso a D:	70.8 g	Observaciones:					
Peso Final		Resultado final: De textura suave, se percibe el sabor a ácido ascórbico en la muestra, no se pega en los dientes, olor y color característico.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 4 gr		# de la Prueba: #4 PSAA-4(#4)		Fecha: 30/01/17		Tipo de secado: Industrial	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,200 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix	11	Final	10.56%
Fruta de descarte	820.30 g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	210 g	Textura	Normal				
Semillas	120 g	Resistencia	5 kg/cm ²				
Peso a D:	89.9 g	Observaciones: Se cambió el tipo de bandeja					
Peso Final	9.5 g	Resultado final: Olor característico, de textura ulosa, se percibe la presencia de ácido ascórbico en el producto, no se pega en los dientes, de buen color, la muestra no se quemó.					

Descripción General: Prueba de solución de Ácido Ascórbico 4 gr		# de la Prueba: #5 PSAA-4(#5)		Fecha: 31/01/17		Tipo de secado: Industrial Tiempo Inicial: 10:54 am	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,145 g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH		Inicial	90%
Peso Descarte		Olor		°Brix		Final	13.3%
Fruta de descarte	827.1 g	Sabor	Característico	% Acidez			
Cascara	152.5 g	Textura	Normal				
Semillas	89.6 g	Resistencia					
Peso a D:	76.3 g	Observaciones:					
Peso Final		Resultado final: Color característico, olor a papaya fresca, no se pega en los dientes (buena textura), se evidencia el sabor al ácido ascórbico en los dientes.					

Anexo 12: Pesos y porcentajes de humedad registrados en los tratamientos "Papaya en concentraciones de ácido ascórbico"

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PSAA-2 #1	92%	11:40 a. m.	75.9 gr	92.00%
		2:30 p. m.	18.4 gr	24.24%
		3:25 p. m.	8.3 gr	10.90%
PSAA-2 #2	92%	10:35 a. m.	89.00 gr	92.00%
		2:10 p. m.	21.7 gr	24.38%
		2:50 p. m.	12.3 gr	13.82%
PSAA-2 #3	90%	10:36 a. m.	69.8 gr	90.00%
		2:00 p. m.	10.8 gr	15.47%
		3:15 p. m.	9.5 gr	13.61%
PSAA- 2 #4	90%	10:40 a. m.	89.6 gr	90.00%
		1:25 p. m.	16.93 gr	18.90%
		3:10 p. m.	10.5 gr	11.67%
PSAA- 2 #5	90%	11:00 a. m.	76.3 gr	90.00%
		1:36 p. m.	11 gr	14.41%
		1:57 p. m.	9.5 gr	12.47%
Promedio Humedad Final PSAA-2				12.49%

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PSAA-3 #1	92%	11:40 a. m.	76.9 gr	92.00%
		2:30 p. m.	29.01 gr	37.92%
		4:00 p. m.	10.3 gr	13.30%
PSAA-3 #2	92%	10:35 p. m.	91.1 gr	92.00%
		2:10 p. m.	29.1 gr	31.94%
		4:00 p. m.	12.3 gr	13.50%
PSAA-3 #3	90%	10:36 a. m.	71.5 gr	90.00%
		2:00 p. m.	10.1 gr	14.12%
		3:15 p. m.	9.5 gr	13.28%
PSAA-3 #4	90%	10:40 a. m.	90.7 gr	90.00%
		1:45 p. m.	17.41 gr	19.20%
		2:15 p. m.	11.5 gr	12.67%
PSAA-3 #5	90%	11:00 a. m.	78.5 gr	90.00%
		1:36 p. m.	14 gr	17.83%
		2:05 p. m.	11.5 gr	14.64%
Promedio Humedad Final PSAA-3				13.48%

Prueba	Humedad Inicial	Hora	Peso	Humedad
PSAA-4 #1	92%	11:40 p. m.	81.9 gr	92.00%
		2:30 p. m.	32.1 gr	39.19%
		4:00 p. m.	11.5 gr	13.70%
PSAA-4 #2	92%	10:35 p. m.	90.1 gr	92.00%
		2:10 p. m.	24.2 gr	26.85%
		4:00 p. m.	12.3 gr	13.65%
PSAA-4 #3	90%	10:36 a. m.	70.8 gr	90.00%
		3:00 p. m.	9.7 gr	13.70%
		3:15 p. m.	8.9 gr	12.90%
PSAA-4 #4	90%	11:00 a. m.	89.9 gr	90.00%
		1:45 p. m.	12.5 gr	13.90%
		2:00 p. m.	11 gr	12.23%
PSAA-4 #5	90%	11:00 a. m.	76.3 gr	90.00%
		1:36 p. m.	12 gr	15.72%
		1:57 p. m.	10 gr	13.10%
Promedio Humedad Final PSAA-4				13.12%

Anexo 13: Presupuestos de materiales de construcción para madera, plástico y metal.

Presupuesto secador solar madera				
Cant	Tipo de material	Unidad	Costo Unitario	Costo total
5	Madera 2x2	varas	C\$ 85.00	C\$ 425.00
2	Pleibo	Laminas	C\$ 280.00	C\$ 560.00
1	Clavos 3/4 Pulgadas	libra	C\$ 35.00	C\$ 35.00
1	Clavos 2 1/2 Pulgadas	libra	C\$ 17.00	C\$ 17.00
2	Bisagras		C\$ 8.5	C\$ 17.00
1	Vidrio 5 milímetros (40x36 pulg)	milímetros	C\$ 300.00	C\$ 300.00
1	Silicón		C\$ 126.00	C\$ 126.00
1	Tubo PVC 2 pulgadas	pulgadas	C\$ 110.00	C\$ 110.00
2	Pintura de aceite de ¼		C\$ 125.00	C\$ 250.00
1	cedazo 8x8	yarda	C\$ 75.00	C\$ 75.00
2	Bandejas		C\$ 150.00	C\$ 300.00
	Mano de obra			C\$ 3,500.00
Costo Total				C\$ 5,715.00

Presupuesto secador solar Plástico				
Cant	Tipo de material	Unidad	Costo Unitario	Costo total
5	Madera 2x2	varas	C\$ 85.00	C\$ 425.00
5	Cintas de madera 1/2 pulgada	varas	C\$ 40.00	C\$ 200.00
1	Clavos 3/4 Pulgadas	libra	C\$ 35.00	C\$ 35.00
1	Clavos 2 1/2 Pulgadas	libra	C\$ 17.00	C\$ 17.00
2	Bisagras		C\$ 8.5	C\$ 17.00
9	Plástico negro (intermedio)	Yardas	C\$ 30.00	C\$ 270.00
2	Plástico transparente (intermedio)	Yardas	C\$ 28.00	C\$ 56.00
1	Tubo PVC 2 pulgadas	pulgadas	C\$ 110.00	C\$ 110.00
1	cedazo 8x8	yarda	C\$ 75.00	C\$ 75.00
2	Bandejas		C\$ 150.00	C\$ 300.00
	Mano de obra			C\$ 2,500.00
Costo Total				C\$ 4,005.00

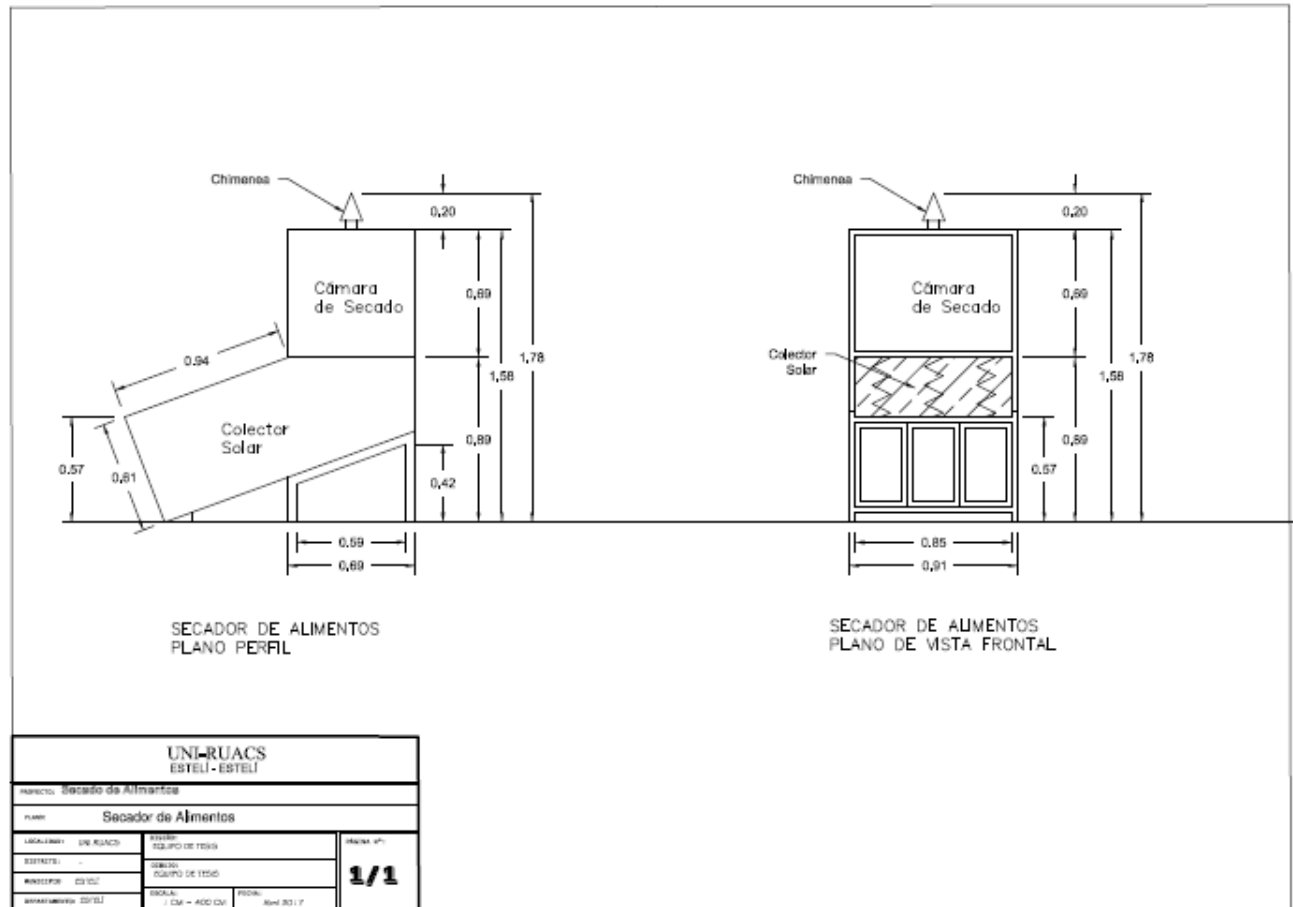
N°	Materiales de construcción y costos de fabricación (Metal)	
1	Metal	
2	Metal (Antiderrapante) para soldar (1 mm)	
3	Lamina de zinc liso tipo luc	
4	Vidrio de 4 milímetros	
5	Pintura para exterior (mega poliéster)	
6	Pintura interiores de gravedad (600 °C)	
7	Silicón	
8	Fibra de Vidrio	
9	Ruedas	
10	Bandejas de metal	
11	Tornillos de broca	
Costo total de fabricación		C\$ 13,800.00

Anexo 14: Datos de Temperaturas alcanzados durante las pruebas de secado en el prototipo de secador solar.

Prueba	Fecha	Hora	Temperatura Colector (°C)	Temperatura Cámara (°C)
Prueba #1	3/2/2016	10:00	36.75	38.60
	3/2/2016	12:00	45.30	39.70
	3/2/2016	16:00	33.10	38.50
	4/2/2016	10:00	35.00	41.00
	4/2/2016	12:00	34.85	36.50
	4/2/2016	16:00	31.50	33.15
	5/2/2016	10:00	30.35	36.15
	5/2/2016	12:00	35.35	36.65
	5/2/2016	16:00	27.80	29.00
	8/2/2016	10:00	32.10	31.80
Prueba #2	9/2/2016	12:00	32.50	33.60
	9/2/2016	16:00	30.10	17.45
	10/2/2016	10:00	31.20	33.90
	10/2/2016	12:00	32.00	34.00
	10/2/2016	16:00	28.00	29.50
	11/2/2016	10:00	28.70	33.30
	11/2/2016	12:00	28.00	30.20
	11/2/2016	16:00	22.60	23.00
	12/2/2016	10:00	24.60	29.50
	12/2/2016	16:00	29.35	28.40
	13/2/2016	12:00	27.10	28.50
	13/2/2016	16:00	28.40	30.20
	15/2/2016	12:00	33.90	36.80
Prueba #3	17/2/2016	12:00	38.00	39.00
	17/2/2016	16:00	27.60	29.20
	18/2/2016	10:00	25.30	25.20
	18/2/2016	12:00	37.10	34.80
	19/2/2016	10:00	27.70	28.80
	19/2/2016	16:00	27.25	28.25
	22/2/2016	10:00	30.50	30.80
	23/2/2016	10:00	44.00	46.00

Prueba	Fecha	Hora	Temperatura Colector (°C)	Temperatura Cámara (°C)
Prueba #4	24/2/2016	12:00	36.50	38.00
	24/2/2016	16:00	30.00	32.00
	25/2/2016	10:00	24.90	25.90
	25/2/2016	16:00	28.50	25.90
	26/2/2016	10:00	27.50	34.10
	26/2/2016	12:00	35.00	34.10
	26/2/2016	16:00	32.20	31.30
	27/2/2016	12:00	26.30	27.00
	29/2/2016	10:00	29.70	31.00
Prueba #5	1/3/2016	12:00	40.50	42.70
	1/3/2016	16:00	31.50	32.50
	2/3/2016	10:00	33.60	35.60
	2/3/2016	12:00	41.70	42.70
	2/3/2016	16:00	29.30	31.60
	3/2/2016	10:00	37.50	35.70
	3/2/2016	12:00	37.50	38.00
	4/3/2016	10:00	29.50	33.15
	4/3/2016	12:00	36.20	37.50
	4/3/2016	16:00	32.40	33.60
Media			31.926	33.08

Anexo 15: Plano del prototipo de secador solar.



Anexo 16: Temperaturas registradas durante la evaluación de las modificaciones al secador solar.

N° de Prueba	Fecha	Hora	Temperatura Colector Solar (°C)	Temperatura Cámara de secado (°C)	Humedad Relativa (%)
1	27/02/2017	12:00 p.m.	31.60	33.00	32.00
	28/02/2017	10:00 a.m.	23.00	24.00	58.00
		02:00 p.m.	23.00	25.00	57.00
	01/03/2017	09:30 a.m.	23.00	27.00	60.00
		12:00 p.m.	28.00	33.00	41.00
		02:00 p.m.	31.00	37.00	33.00
2	07/03/2017	09:00 a.m.	26.00	34.00	47.00
		11:00 a.m.	29.00	36.00	46.00
		12:00 p.m.	29.00	36.00	34.00
		02:00 p.m.	29.00	38.00	41.00
		05:00 p.m.	30.00	34.00	41.00
	08/03/2017	09:00 a.m.	24.00	29.00	60.00
		11:00 a.m.	27.00	33.00	52.00
		12:00 p.m.	29.00	36.00	49.00
		02:00 p.m.	27.20	31.00	52.00
		05:00 p.m.	22.00	23.00	51.00
	09/03/2017	09:00 a.m.	23.60	30.00	67.00
		11:00 a.m.	29.00	31.00	44.00
		12:00 p.m.	27.50	27.00	54.00
		02:00 p.m.	27.00	30.00	57.00
	3	15/03/2017	09:00 a.m.	28.30	32.00
11:00 a.m.			28.00	33.00	35.00
12:00 p.m.			37.00	36.00	29.00
02:00 p.m.			29.00	37.00	38.00
05:00 p.m.			27.00	33.00	43.00
16/03/2017		09:00 a.m.	21.00	24.00	58.00
		11:00 a.m.	22.00	27.00	56.00
		12:00 p.m.	23.00	28.00	66.00
		02:00 p.m.	29.20	31.00	51.00
		05:00 p.m.	25.20	25.00	59.00
17/03/2017		09:00 a.m.	27.00	29.00	54.00
		11:00 a.m.	29.00	32.00	41.00
		12:00 p.m.	30.80	32.00	42.00
		02:00 p.m.	24.00	25.00	55.00

N° de Prueba	Fecha	Hora	Temperatura Colector Solar (°C)	Temperatura Cámara de secado (°C)	Humedad Relativa (%)
3	17/03/2017	05:00 p.m.	23.00	25.00	47.00
4	20/03/2017	09:00 a.m.	29.00	33.00	43.00
		11:00 a.m.	29.00	38.00	28.00
		12:00 p.m.	30.40	37.00	43.00
		02:00 p.m.	27.00	34.00	45.00
		05:00 p.m.	29.00	35.00	66.00
	21/03/2017	09:00 a.m.	25.00	35.00	68.00
5	22/03/2017	09:00 a.m.	28.30	40.00	32.00
		11:00 a.m.	36.80	40.00	23.00
		12:00 p.m.	38.00	44.00	23.00
		02:00 p.m.	31.00	38.00	26.00
		09:00 a.m.	29.00	33.00	51.00
	23/03/2017	11:00 a.m.	37.20	40.00	24.00
		12:00 a.m.	38.50	42.00	22.00
		01:00 p.m.	39.50	45.00	20.00
		02:00 p.m.	32.00	46.00	22.00
		03:00 p.m.	33.00	48.00	22.00
		05:00 p.m.	29.00	36.00	35.00

Anexo 17: Datos obtenidos en la evaluación del grosor en el secado solar.

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 8 milímetros		# de la Prueba: #1 PSS-8 mm (#1)		Fecha: 07/03/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,300g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	10.3%
Fruta de descarte	577.4 g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	550 g	Textura	Normal				
Semillas	172.6g	Resistencia	4.5kg/ cm2				
Peso a D	129.7						
Peso Final	13.1 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
07/0317		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	26 °C	29 °C	29°C	29 °C	30°C	
	T° Cámara:	34 °C	36 °C	36°C	38°C	34°C	
	%HR:	47%	46%	34%	41%	41%	
08/0317	T° Colector:	24°C	27 °C	29 °C	27°C	22°C	
	T° Cámara:	29 °C	33 °C	35 °C	31°C	23°C	
	%HR:	60%	52%	47%	52%	51%	
09/0317	T° Colector:	23°C	-	-	-	-	
	T° Cámara:	28°C	-	-	-	-	
	%HR:	67%	-	-	-	-	
Observaciones:	Las temperaturas registraban el día 1, a las 9:00AM eran sin la fruta adentro.						
Resultados de la Finales:	-Tiempo de secado de: 48 horas. -características del clima: las primeras 12 horas un clima aceptable, el resto del tiempo nublado. -características organolépticas: olor aceptable, color característico, textura aceptable, sabor agradable no se incrusta en los dientes.						

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 8 milímetros		# de la Prueba: #2 PSS-8 mm(#2)		Fecha: 15/03/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,814.3g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	95%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	11.6%
Fruta de descarte	g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	396 g	Textura	Normal				
Semillas	212 g	Resistencia	7 kg/ cm2				
Peso a D	107 g						
Peso Final	12.5g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
15/0317		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	28°C	-	27°C	29°C	27°C	
	T° Cámara:	32°C	-	36°C	37°C	37°C	
	%HR:	40%		29%	38%	43%	
16/0317	T° Colector:	21°C	-	23°C	29°C	26°C	
	T° Cámara:	24°C	-	28°C	31°C	26°C	
	%HR:	58%	-	66%	51%	59%	
17/0317	T° Colector:	27°C	-	30°C	24°C	-	
	T° Cámara:	29°C	-	32°C	25°C	-	
	%HR:	54%		42%	55%	-	
Observaciones:	Las temperaturas registraban el día 1 a las 9:00AM eran sin la fruta adentro.						
Resultados de la Finales:	-características del clima: parcialmente nublado. -características organolépticas: color rojizo aceptable, olor característico, textura tostada seca, se pega en los dientes al ser consumido, sabor característico a papaya fresca.						

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 8 milímetros		# de la Prueba: # PSS-8 mm(#3)		Fecha: 07/03/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,500g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	9.8%
Fruta de descarte	784g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	290g	Textura	Normal				
Semillas	93.5g	Resistencia	4 kg/ cm2				
Peso a D	106.5g						
Peso Final	10.5 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
22/03/17		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	28°C	-	23°C	26°C	-	
	T° Cámara:	40°C	-	36°C	31°C	-	
	%HR:	32%	-	40%	38%	-	
23/03/17	T° Colector:	29°C	37°C	38°C	46°C	29°C	
	T° Cámara:	33°C	40°C	45°C	47°C	36°C	
	%HR:	51%	24%	22%	-22%	35%	
Observaciones:		Las temperaturas registraban el día 1, a las 9:00AM eran sin la fruta adentro.					
Resultados de la Finales:		-características del clima: soleado. -características organolépticas: color naranja oscuro, olor agradable, textura firme semi tostada, sabor característico a papaya dulce, no se pega en los dientes al consumirse, la papaya no presenta humedad.					

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 8 milímetros		# de la Prueba: # PSS-8 mm(#4)		Fecha: 07/04/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,860g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	%
Peso Descarte		Olor		° Brix	12	Final	16.9%
Fruta de descarte	1,308.9g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	442.7g	Textura	Normal				
Semillas	105.2g	Resistencia	5kg/ cm2				
Peso a D	108.3g						
Peso Final	15 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
22/03/17		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	28°C	30°C	34°C	41°C	32°C	
	T° Cámara:	36°C	38°C	38°C	36°C	37°C	
	%HR:	37%	33%	27%	26%	27%	
Observaciones:							
Resultados de la Finales:		-características del clima: soleado. -características organolépticas: color naranja oscuro, olor agradable, textura semi dura, sabor característico a papaya dulce, no se pega en los dientes al consumirse, la papaya no presenta humedad.					

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 11 milímetros		# de la Prueba: #1 PSS-11 mm(#1)		Fecha: 07/03/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,300g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	88%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	12.4%
Fruta de descarte	577.4 g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	550 g	Textura	Normal				
Semillas	172.6g	Resistencia	4.5kg/ cm2				
Peso a D	206.3						
Peso Final	26.7 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
07/0317		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	26 °C	29 °C	29°C	29 °C	30°C	
	T° Cámara:	34 °C	36 °C	36°C	38°C	34°C	
	%HR:	47%	46%	34%	41%	41%	
08/0317	T° Colector:	24°C	27 °C	29 °C	27°C	22°C	
	T° Cámara:	29 °C	33 °C	35 °C	31°C	23°C	
	%HR:	60%	52%	47%	52%	51%	
09/0317	T° Colector:	23°C	31°C	27°C	27°C	-	
	T° Cámara:	28°C	29°C	27°C	30°C	-	
	%HR:	67%	44%	54%	57%	-	
Observaciones:	Las temperaturas registraban el día 1, a las 9:00AM eran sin la fruta adentro.						
Resultados de la Finales:	-Tiempo de secado de: 48 horas. -características del clima: las primeras 12 horas un clima aceptable, el resto del tiempo nublado. -características organolépticas: color rojizo aceptable, olor característico, textura suave, se pega en los dientes al ser consumido, sabor característico, no se presenta reacción de maillard.						

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 8 milímetros		# de la Prueba: #2 PSS- 11mm(#2)		Fecha: 15/03/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,814.3g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	95%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	14.2%
Fruta de descarte	g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	396 g	Textura	Normal				
Semillas	212 g	Resistencia	7 kg/ cm2				
Peso a D	179.5 g						
Peso Final	25.5 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
15/0317		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	28°C	-	27°C	29°C	27°C	
	T° Cámara:	32°C	-	36°C	37°C	37°C	
	%HR:	40%		29%	38%	43%	
16/0317	T° Colector:	21°C	-	23°C	29°C	26°C	
	T° Cámara:	24°C	-	28°C	31°C	26°C	
	%HR:	58%	-	66%	51%	59%	
17/0317	T° Colector:	27°C	-	30°C	24°C	-	
	T° Cámara:	29°C	-	32°C	25°C	-	
	%HR:	54%		42%	55%	-	
Observaciones:	Las temperaturas registraban el día 1, a las 9:00AM eran sin la fruta adentro.						
Resultados de la Finales:	-características del clima: parcialmente nublado. -características organolépticas: color característico a papaya, olor agradable, textura suave, sabor característico a papaya fresca, se pega en los dientes al consumirse.						

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 11 milímetros		# de la Prueba: # PSS-11 mm(#3)		Fecha: 07/03/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,500g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	5	Inicial	%
Peso Descarte		Olor		° Brix	-	Final	10.4%
Fruta de descarte	784g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	290g	Textura	Normal				
Semillas	93.5g	Resistencia	4 kg/ cm2				
Peso a D	144 g						
Peso Final	15 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
22/03/17		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	28°C	-	23°C	26°C	-	
	T° Cámara:	40°C	-	36°C	31°C	-	
	%HR:	32%	-	40%	38%	-	
23/03/17	T° Colector:	29°C	37°C	38°C	46°C	29°C	
	T° Cámara:	33°C	40°C	45°C	47°C	36°C	
	%HR:	51%	24%	22%	-22%	35%	
Observaciones:		Las temperaturas registraban el día 1, a las 9:00AM eran sin la fruta adentro.					
Resultados de la Finales:		-características del clima: soleado. -características organolépticas: color naranja oscuro, olor agradable, textura semi dura, sabor característico a papaya dulce, no se pega en los dientes al consumirse, la papaya no presenta humedad.					

Descripción General: Prueba Secador Solar corte 8 milímetros		# de la Prueba: # PSS-11 mm(4 #)		Fecha: 07/04/17		Tipo de secado: Solar	
Peso de la fruta		Características Físicas		Características Químicas		% Humedad	
Peso inicial Papaya	1,860g	Color	Aceptable 80% maduro y 20 verde	pH	6	Inicial	%
Peso Descarte		Olor		° Brix	12	Final	19%
Fruta de descarte	1,117.8g	Sabor	Característico	% Acidez	-		
Cascara	442.7g	Textura	Normal				
Semillas	105.2g	Resistencia	5kg/ cm2				
Peso a D	194.3g						
Peso Final	15 g						
Fechas	Parámetros	Horas:					
22/03/17		9:00 AM	11:00 AM	12:00 MD	2:00 PM	5:00 PM	
	T° Colector:	28°C	30°C	34°C	41°C	32°C	
	T° Cámara:	36°C	38°C	38°C	36°C	37°C	
	%HR:	37%	33%	27%	26%	27%	
Observaciones:							
Resultados de la Finales:		-características del clima: soleado. -características organolépticas: color naranja oscuro, olor agradable, textura semi dura, sabor característico a papaya dulce, no se pega en los dientes al consumirse, la papaya no presenta humedad.					

Anexo 18: Temperaturas de la fruta y secador solar para determinar la cantidad de calor.

Fecha	Hora	T° Colector Solar	T° cámara de secado	T° Chimenea	T° de la fruta
10/5/2017	12:00 p. m.	30.0	30.0	31.0	24.9
10/5/2017	2:00 p. m.	29.0	27.0	28.0	25.3
10/5/2017	3:00 p. m.	28.0	38.0	28.0	27.3
10/5/2017	4:00 p. m.	25.5	28.0	27.0	25.3
11/5/2017	8:00 a. m.	25.0	28.0	28.0	24.3
11/5/2017	10:00 a. m.	30.8	32.0	33.0	26.8
11/5/2017	12:00 p. m.	28.0	30.0	31.8	26.4
11/5/2017	2:00 p. m.	29.0	32.0	29.6	27.7
11/5/2017	3:00 p. m.	28.0	28.0	29.0	27.2
11/5/2017	4:00 p. m.	28.0	30.0	28.0	30.5
12/5/2017	8:00 a. m.	23.5	35.0	28.1	30.2
12/5/2017	10:00 a. m.	29.0	32.0	29.9	29.7
12/5/2017	12:00 a. m.	30.8	34.0	27.2	26.5
12/5/2017	2:00 p. m.	27.0	27.0	29.3	28.6
12/5/2017	3:00 p. m.	28.0	29.0	34.0	27.3
12/5/2017	4:00 p. m.	29.0	28.0	33.5	27.2
Promedios			30.5	29.7	27.2

Anexo 19: Datos obtenidos mediante el experimento de comparación de la tecnología solar e industrial

Secador	N° de prueba	Fecha	Horas	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Diferencia (%)	Dif Horas	Horas Secador	Secado hora
Solar	1	27/3/2017	11.00	32.00	47.00	38.00	10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Solar	1	27/3/2017	14.00	32.00	38.00	33.00	6.50	65.00	25.00	3.00	3.00	8.33
Solar	1	27/3/2017	17.00	28.00	29.00	38.00	4.50	45.00	20.00	3.00	6.00	6.67
Solar	1	28/3/2017	8.00	28.00	42.00	50.00	2.50	25.00	20.00	3.00	9.00	6.67
Solar	1	28/3/2017	11.00	33.00	50.00	34.00	1.50	15.00	10.00	3.00	12.00	3.33
Solar	1	28/3/2017	13.00	32.00	49.00	32.00	1.00	10.00	5.00	2.00	14.00	2.50
Solar	2	29/3/2017	11.00	38.00	46.00	23.00	10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Solar	2	29/3/2017	14.00	33.00	42.00	21.00	6.00	60.00	30.00	3.00	3.00	10.00
Solar	2	29/3/2017	17.00	29.00	29.00	47.00	5.00	50.00	10.00	3.00	6.00	3.33
Solar	2	30/3/2017	8.00	24.00	31.00	60.00	2.50	25.00	25.00	3.00	9.00	8.33
Solar	2	30/3/2017	11.00	30.00	43.00	34.00	2.00	20.00	5.00	3.00	12.00	1.67
Solar	2	30/3/2017	14.00	29.00	32.00	50.00	1.50	15.00	5.00	3.00	15.00	1.67
Solar	2	30/3/2017	16.00	30.00	32.00	42.00	1.00	10.00	5.00	2.00	17.00	2.50
Solar	3	31/3/2017	11.00	33.00	43.00	33.00	10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Solar	3	31/3/2017	14.00	32.50	40.00	32.00	6.00	60.00	30.00	3.00	3.00	10.00
Solar	3	31/3/2017	17.00	29.00	33.00	41.00	4.50	45.00	15.00	3.00	6.00	5.00
Solar	3	1/4/2017	9.00	31.00	44.00	31.00	2.50	25.00	20.00	3.00	9.00	6.67
Solar	3	1/4/2017	11.00	33.00	45.00	32.00	2.00	20.00	5.00	2.00	11.00	2.50
Solar	3	1/4/2017	14.00	31.00	42.00	34.00	1.20	12.00	8.00	3.00	14.00	2.67
Solar	4	3/4/2017	10.00	31.10	39.00	41.00	10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	

Secador	N° de prueba	Fecha	Horas	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Diferencia	Dif Horas	Horas Secador	Secado hora
Solar	4	3/4/2017	14.00	33.00	46.00	39.00	7.00	70.00	20.00	4.00	4.00	5.00
Solar	4	3/4/2017	17.00	30.10	37.00	53.00	4.70	47.00	23.00	3.00	7.00	7.67
Solar	4	4/4/2017	8.00	29.00	35.00	47.00	1.90	19.00	28.00	3.00	10.00	9.33
Solar	4	4/4/2017	11.00	33.00	42.00	32.00	1.60	16.00	3.00	3.00	13.00	1.00
Solar	4	4/4/2017	13.00	35.70	50.00	29.00	1.20	12.00	4.00	2.00	15.00	2.00
Solar	5	5/4/2017	10.00	31.00	41.00	37.00	10.00	92.00	0.00	0.00	0.00	
Solar	5	5/4/2017	14.00	33.50	44.00	30.00	5.90	59.00	33.00	4.00	4.00	8.25
Solar	5	5/4/2017	17.00	29.00	35.00	40.00	3.80	38.00	21.00	3.00	7.00	7.00
Solar	5	6/4/2017	8.00	28.00	38.00	48.00	2.30	23.00	15.00	3.00	10.00	5.00
Solar	5	6/4/2017	11.00	33.00	38.00	30.00	1.70	17.00	6.00	3.00	13.00	2.00
Solar	5	6/4/2017	14.00	38.00	44.00	20.00	1.30	13.00	4.00	3.00	16.00	1.33
Industrial	1	27/3/2017	11.00		40.00		10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Industrial	1	27/3/2017	14.00		40.00		2.00	20.00	70.00	3.00	3.00	23.33
Industrial	1	27/3/2017	15.00		40.00		1.50	15.00	5.00	1.00	4.00	5.00
Industrial	1	27/3/2017	16.00		40.00		1.15	11.50	3.50	1.00	5.00	3.50
Industrial	2	29/3/2017	11.00		40.00		10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Industrial	2	29/3/2017	14.00		40.00		1.50	15.00	75.00	3.00	3.00	25.00
Industrial	2	29/3/2017	15.00		40.00		1.00	10.00	5.00	1.00	4.00	5.00
Industrial	3	31/3/2017	11.00		40.00		10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Industrial	3	31/3/2017	13.00		40.00		4.00	40.00	50.00	2.00	2.00	25.00
Industrial	3	31/3/2017	14.00		40.00		2.00	20.00	20.00	1.00	3.00	20.00

Secador	N° de prueba	Fecha	Horas	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Diferencia	Dif Horas	Horas Secador	Secado hora
Industrial	3	31/3/2017	15.00		40.00		1.00	10.00	10.00	1.00	4.00	10.00
Industrial	4	3/4/2017	11.00		40.00		10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	
Industrial	4	3/4/2017	13.00		40.00		2.60	26.00	64.00	2.00	2.00	32.00
Industrial	4	3/4/2017	14.00		40.00		2.20	22.00	4.00	1.00	3.00	4.00
Industrial	4	3/4/2017	15.00		40.00		1.20	12.00	10.00	1.00	4.00	10.00
Industrial	5	5/4/2017	11.00		40.00		10.00	92.00	0.00	0.00	0.00	
Industrial	5	5/4/2017	13.00		40.00		2.80	28.00	64.00	2.00	2.00	32.00
Industrial	5	5/4/2017	14.00		40.00		1.60	16.00	12.00	1.00	3.00	12.00
Industrial	5	5/4/2017	14.50		40.00		1.20	12.00	4.00	0.50	3.50	8.00

Anexo 20: Datos obtenidos mediante el experimento de pruebas de capacidad máxima en el secador solar.

N° de prueba	Fecha	Hora	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Peso Total (gr)	Diferencia	Horas secado
1	17/4/2017	12:00 p. m.	30.0	30.0	32.00	10.00	90.00	2030.30	0.00	0.00
1	18/4/2017	8:00 a. m.	27.0	35.0	62.00	5.76	55.76		20.00	20.00
1	18/4/2017	10:00 a. m.	30.5	42.0	55.00				2.00	22.00
1	18/4/2017	12:00 p. m.	29.0	33.0	47.00	4.00	40.00		2.00	24.00
1	18/4/2017	2:00 p. m.	34.3	38.0	32.00				2.00	26.00
1	18/4/2017	3:00 p. m.	31.0	37.0	39.00				1.00	27.00
1	18/4/2017	4:00 p. m.	33.5	41.0	32.00	2.34	23.40		1.00	28.00
1	19/4/2017	8:00 a. m.	24.0	30.0	66.00	2.00	20.00		16.00	44.00
1	19/4/2017	10:00 a. m.	29.0	42.0	50.00				2.00	46.00
1	19/4/2017	12:00 p. m.	30.8	40.0	41.00	1.29	12.90		2.00	48.00
1	19/4/2017	2:00 p. m.	36.9	52.0	32.00				2.00	50.00
1	19/4/2017	3:00 p. m.	41.0	53.0	24.00				1.00	51.00
1	19/4/2017	4:00 p. m.	27.0	30.0	43.00		11.21	227.60	1.00	52.00
2	20/4/2017	12:00 p. m.	30.5	32.0	42.00	10.00	90.00	1674.30	0.00	0.00
2	20/4/2017	2:00 p. m.	27.0	30.0	43.00				2.00	2.00
2	20/4/2017	3:00 p. m.	33.0	35.0	35.00				1.00	3.00
2	20/4/2017	4:00 p. m.	32.0	34.0	38.00				1.00	4.00
2	21/4/2017	8:00 a. m.	27.0	36.0	62.00	6.42	64.20		16.00	20.00
2	21/4/2017	10:00 a. m.	32.0	42.0	43.00				2.00	22.00
2	21/4/2017	12:00 p. m.	32.0	37.0	36.00	5.64	56.40		2.00	24.00

N° de prueba	Fecha	Hora	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Peso Total (gr)	Diferencia	Horas secado
2	21/4/2017	2:00 p. m.	34.7	41.0	28.00	3.00	30.00		2.00	26.00
2	21/4/2017	3:00 p. m.	35.0	41.0	29.00				1.00	27.00
2	21/4/2017	4:00 p. m.	31.0	33.0	40.00	2.69	26.90		1.00	28.00
2	22/4/2017	8:00 a. m.	25.0	37.0	58.00	1.81	18.10		16.00	44.00
2	22/4/2017	10:00 a. m.	32.0	43.0	40.00				2.00	46.00
2	22/4/2017	12:00 p. m.	34.3	39.0	35.00	1.45	14.50		2.00	48.00
2	22/4/2017	2:00 p. m.	35.8	44.0	28.00				2.00	50.00
2	22/4/2017	3:00 p. m.	33.1	41.0	30.00		13.05	218.60	1.00	51.00
3	24/4/2017	12:00 p. m.	31.8	35.0	45.00	7.00	89.20	2033.30	0.00	0.00
3	25/4/2017	8:00 a. m.	26.2	32.0	69.00	4.00	57.14		20.00	20.00
3	25/4/2017	10:00 a. m.	28.7	34.0	55.00				2.00	22.00
3	25/4/2017	12:00 p. m.	28.0	34.0	53.00	3.15	45.00		2.00	24.00
3	25/4/2017	2:00 p. m.	28.0	28.0	54.00				2.00	26.00
3	25/4/2017	4:00 p. m.	29.0	29.0	53.00	2.80	40.00		2.00	28.00
3	26/4/2017	8:00 a. m.	28.3	36.0	66.00	2.15	30.71		16.00	44.00
3	26/4/2017	10:00 a. m.	29.5	36.0	55.00				2.00	46.00
3	26/4/2017	12:00 p. m.	26.9	33.0	36.00	1.75	25.00		2.00	48.00
3	26/4/2017	2:00 p. m.	33.5	38.0	44.00				2.00	50.00
3	26/4/2017	3:00 p. m.	33.5	38.0	45.00				1.00	51.00
3	26/4/2017	4:00 p. m.	26.0	31.0	56.00	1.40	20.00		1.00	52.00
3	27/4/2017	8:00 a. m.	27.5	31.0	67.00				16.00	68.00

N° de prueba	Fecha	Hora	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Peso Total (gr)	Diferencia	Horas secado
3	27/4/2017	10:00 a. m.	30.8	37.0	51.00				2.00	70.00
3	27/4/2017	12:00 p. m.	29.8	34.0	58.00		13.76	279.90	2.00	72.00
3	27/4/2017	2:00 p. m.	32.3	40.0	46.00		12.08	245.80	2.00	74.00
4	2/5/2017	12:00 p. m.	31.8	33.0	40.00	9.00	89.20	2099.00	0.00	0.00
4	2/5/2017	2:00 p. m.	33.0	34.0	37.00				2.00	2.00
4	2/5/2017	4:00 p. m.	26.7	32.0	45.00				2.00	4.00
4	3/5/2017	8:00 a. m.	26.7	32.0	60.00	4.64	51.56		16.00	20.00
4	3/5/2017	10:00 a. m.	26.3	29.0	55.00				2.00	22.00
4	3/5/2017	12:00 p. m.	27.7	32.0	49.00	4.00	44.44		2.00	24.00
4	3/5/2017	2:00 p. m.	28.0	30.0	41.00				2.00	26.00
4	3/5/2017	3:00 p. m.	30.5	36.0	43.00				1.00	27.00
4	3/5/2017	4:00 p. m.	25.0	27.0	55.00	3.20	35.56		1.00	28.00
4	4/5/2017	8:00 a. m.	28.1	42.0	52.00	1.70	18.88		16.00	44.00
4	4/5/2017	10:00 a. m.	30.8	37.0	42.00				2.00	46.00
4	4/5/2017	12:00 p. m.	29.0	39.0	47.00	1.40	15.56		2.00	48.00
4	4/5/2017	2:00 p. m.	37.0	39.0	32.00				2.00	50.00
4	4/5/2017	3:00 p. m.	31.2	35.0	45.00				1.00	51.00
4	4/5/2017	4:00 p. m.	23.0	24.0	65.00		12.68	266.30	1.00	52.00
5	10/5/2017	12:00 p. m.	30.0	31.0	50.00	9.00	90.00	2838.00	0.00	0.00
5	10/5/2017	2:00 p. m.	29.0	29.0	42.00				2.00	2.00
5	10/5/2017	3:00 p. m.	28.0	38.0	46.00				1.00	3.00

N° de prueba	Fecha	Hora	T° Colector (°C)	T° Cámara (°C)	Humedad Relativa (%)	Peso (gr)	Humedad (%)	Peso Total (gr)	Diferencia	Horas secado
5	10/5/2017	4:00 p. m.	25.5	28.0	58.00				1.00	4.00
5	11/5/2017	8:00 a. m.	25.0	28.0	63.00	6.80	75.56		16.00	20.00
5	11/5/2017	10:00 a. m.	30.8	32.0	45.00				2.00	22.00
5	11/5/2017	12:00 p. m.	28.0	30.0	43.00	5.44	60.44		2.00	24.00
5	11/5/2017	2:00 p. m.	29.0	32.0	45.00				2.00	26.00
5	11/5/2017	3:00 p. m.	28.0	28.0	50.00				1.00	27.00
5	11/5/2017	4:00 p. m.	28.0	34.0	47.00	5.20	57.78		1.00	28.00
5	12/5/2017	8:00 a. m.	23.5	35.0	71.00	4.20	46.68		16.00	44.00
5	12/5/2017	10:00 a. m.	29.0	32.0	67.00				2.00	46.00
5	12/5/2017	12:00 a. m.	30.8	34.0	65.00	1.65	18.33		2.00	48.00
5	12/5/2017	2:00 p. m.	27.0	28.0	65.00				2.00	50.00
5	12/5/2017	3:00 p. m.	28.0	29.0	59.00				1.00	51.00
5	12/5/2017	4:00 p. m.	29.0	30.0	64.00		16.64	472.37	1.00	52.00

Anexo 21: Evaluación de vida útil.

Semana	Valoración	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Rancidez
1 (Prueba de control)	Muy mala	0	0	0	0	0
	Mala	0	0	0	0	0
	Normal	12	0	6	12	0
	Buena	24	32	24	8	8
	Muy buena	0	10	10	20	40
	Total	36	42	40	40	48
	% en base a 5	3.6	4.2	4	4	4.8
	% en base a 100	72	84	80	80	96
2	Muy mala	0	0	0	0	0
	Mala	0	0	0	0	0
	Normal	3	0	3	3	0
	Buena	28	32	32	28	16
	Muy buena	10	10	5	10	30
	Total	41	42	40	41	46
	% en base a 5	4.1	4.2	4	4.1	4.6
	% en base a 100	82	84	80	82	92
3	Muy mala	0	0	0	0	0
	Mala	0	0	0	0	0
	Normal	6	15	9	9	3
	Buena	24	24	28	12	4
	Muy buena	10	0	0	15	40
	Total	40	39	37	36	47
	% en base a 5	4	3.9	3.7	3.6	4.7
	% en base a 100	80	78	74	72	94

Anexo 22: Costos de producción a escala de laboratorio para el secador solar.

Costos Indirectos de Fabricación - Secado solar.		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Guantes	1 par	3.00
Redecillas	1	3.00
Tapaboca	1	3.00
Ácido ascórbico	3 gramos	10.80
Agua	150 litros	1.14
Cloro	5 ml	0.08
Total		21.02

Costos de Producción Secador Solar		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Materia Prima (papaya)	5	200.00
Mano de obra	1	377.28
CIF		21.02
Total		598.30
Cantidad de producto obtenido		227.6 gramos
Costo por gramo		2.63

Costo de adquisición del secador solar indirecto	
Costo de adquisición inicial	C\$ 13,800.00
Costo del transporte	C\$ 150
Costo de modificaciones	C\$ 3,7000.00
Costo de transporte	C\$ 300.00
Costo Total en córdobas	C\$ 17,850.00
Costo Total en dólares	U\$ 595.00

Operaciones de mantenimiento en el secador solar indirecto		
Descripción de las operaciones	Frecuencia	Costo
Pintura	Cada 12 meses	C\$2,300
Soldadura	Cada 12 meses	C\$300

Anexo 23: Costos de producción a escala de laboratorio para el secador industrial.

Costos Indirectos de Fabricación – Secador Industrial		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Guantes	1 par	3.00
Redecillas	1	3.00
Tapaboca	1	3.00
Ácido ascórbico	3 gramos	10.80
Agua	150 litros	1.14
Energía eléctrica	4 Kw	20.75
Cloro	5 ml	0.08
Total		41.77

Costos de Producción Secador Industrial		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Materia Prima (papaya)	1	40.00
Mano de obra	1	94.32
CIF		41.77
Total		176.09
Cantidad de producto obtenido		88.6 gramos
Costo por gramo		1.99

Costo de adquisición del secador industrial	
Costo de adquisición	C\$ 75,843.9
Costo de envío	C\$ 1,000.00
Costo Total en córdobas	C\$ 76,843.9
Costo Total en dólares	U\$ 2,561.46

Operaciones de mantenimiento en el secador industrial		
Descripción de las operaciones	Frecuencia	Costo
Mantenimiento general	Cada 12 meses	C\$3,000

Anexo 24: Costos de producción para el procesamiento de 5 papayas en el secador industrial.

Costos de Producción Secador Industrial		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Materia Prima (papaya)	5	200.00
Mano de obra	1	471.60

CIF Secador Industrial		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Guantes	5	15.00
Redecillas	5	15.00
Tapaboca	5	15.00
Ácido ascórbico	15	54.00
Agua	750	5.70
Energía eléctrica	20	107.62
Cloro	25	0.40
Total		212.72

Costos de Producción Secador Industrial		
Descripción	Cantidad	Costo (C\$)
Materia Prima (papaya)	5	200.00
Mano de obra	1	471.60
CIF		212.72
Total		884.32
Cantidad de producto obtenido		443
Costo por gramo		2.00