

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PROYECTO DE GRADO**



**ELABORACIÓN DE HARINA PARA CONSUMO HUMANO**

**A PARTIR DE ORUJO DE UVA**

**DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**Por:**

**DARSY QUISBERTH BAUTISTA**

**Modalidad de graduación (Investigación aplicada) presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

**Octubre de 2019**

**TARIJA-BOLIVIA**

El tribunal calificador del presente  
trabajo, no se solidariza con la forma,  
términos, modos y expresiones vertidas  
en el mismo, siendo éstas responsabilidad  
del autor.

### **Dedicatoria**

Dedicado con mucho amor a mis hermanos Alisson y Jhunion por ser ellos la inspiración que me impulsa a seguir y a mi pequeño sobrino Jesús Alessandro, por convertirse en un sentido más de vida para continuar luchando.

A mi gran amigo Ing. Ronal Velásquez, que desde el cielo comparte conmigo este logro más.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi gratitud a Dios por estar siempre presente en cada paso que doy y por permitirme llegar a culminar con éxito esta meta más.

Agradezco especialmente a mi padre, Valentín Quisberth, por su apoyo incondicional y por ser siempre mi ejemplo a seguir y a mi madre, Marisol Bautista.

A toda mi familia y amigos.

También quiero agradecer infinitamente al Ing. Fabricio Campero V. por su gran ayuda y orientación para el desarrollo de este proyecto. Asimismo, hago extensiva mi gratitud a mi Tutor de Proyecto de Grado; Ing. Ignacio Velásquez, al Dr. Mauricio Peñarrieta del Instituto de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés, por su predisposición y ayuda para la realización de los Análisis finales.

¡GRACIAS!

**Pensamiento**

“TARDA EN LLEGAR Y AL FINAL HAY  
RECOMPENSA”

**Gustavo Cerati**

INDICE .....	Pág.
--------------	------

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

1.1	ANTECEDENTES .....	1
1.1.1	Generalidades .....	1
1.1.2	Definición de Harina .....	5
1.1.3	Identificación del Problema de desarrollo a resolver con el proyecto .....	7
1.1.4	Descripción general de Harina de Orujo de Uva .....	8
1.1.5	Mercado de Harina de Orujo de Uva .....	13
1.2	OBJETIVOS .....	19
1.2.1	Objetivo General .....	19
1.2.2	Objetivos Específicos .....	19
1.3	JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO DE GRADO .....	19
1.3.1	Justificación Económica .....	19
1.3.2	Justificación Tecnológica .....	20
1.3.3	Justificación Social .....	20
1.3.4	Justificación Ambiental .....	20

## **CAPÍTULO II**

### **CONSIDERACIONES DE LA MATERIA PRIMA Y SUS PROPIEDADES**

2.1	Descripción general del Orujo de Uva .....	21
2.1.1	Origen de Orujo de Uva .....	21
2.1.2	Definición de Orujo de Uva .....	22
2.1.3	Clasificación de Orujo de Uva .....	23

2.2	Propiedades Funcionales .....	26
2.2.1	Capacidad Antioxidante .....	26
2.2.2	Antioxidantes en vino y orujo o bagazo de uva .....	28
2.2.3	Fibra Dietaria.....	29
2.2.4	Efectos de la fibra dietaria en el organismo .....	30
2.2.5	Resveratrol.....	30
2.2.6	Proteína.....	32

### **CAPÍTULO III**

#### **MARCO TEÓRICO**

3.1	Procesos Fundamentales de elaboración de Harinas en general .....	34
3.1.1	Secado .....	34
3.1.2	Métodos de secado .....	41
3.1.3	Tipos de Secadores.....	42
3.1.4	Factores que influyen el secado.....	43
3.1.5	Molienda.....	45
3.1.6	Tipos de Molinos.....	46
3.1.7	Factores que influyen la molienda.....	47
3.1.8	Tamizado .....	48
3.2	Métodos Experimentales para la elaboración de Harina de Orujo de Uva ...	49
3.2.1	Método extrusión-prensado.....	49
3.2.2	Método de molienda tradicional.....	52

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

4.1	Materia Prima .....	53
4.1.2	Selección de la Materia Prima .....	53
4.2	Materiales usados en la investigación.....	54
4.1.2	Materiales y equipos .....	54
4.2	Metodología de la Investigación.....	54
4.1.2	Selección del Método a aplicar .....	54
4.2	Diseño del Proceso Tecnológico según el método seleccionado.....	56
4.2.2	Selección de Variables del Proceso Tecnológico .....	58
4.3	Diseño Experimental.....	58
4.3.2	Modelo del Diseño Factorial.....	59
4.4	Desarrollo de Investigación en Laboratorio.....	60
4.4.1	Investigación del Proceso .....	60
4.4.2	Análisis de producto final.....	93
4.4.3	Caracterización fisicoquímica del producto final obtenido .....	106
4.4.4	Balance de Materia y Energía.....	106
4.4.5	Determinación de Rendimiento de Proceso.....	120

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

5.1	Resultados de la Investigación del Proceso .....	123
5.1.1	Resultados de Análisis de la Materia Prima.....	123
5.1.2	Resultados obtenidos en la etapa de Secado .....	124
5.1.3	Resultados obtenidos en la Cinética de Secado.....	128



5.1.4	Resultados obtenidos en la etapa de Tamizado.....	128
5.1.5	Resultados obtenidos en la etapa de Molienda.....	128
5.1.6	Resultados de Balance de Materia y Energía .....	129
5.1.7	Resultados de Análisis de Producto Final .....	130
5.2	Análisis Estadístico de los resultados.....	134

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones .....	143
6.2	Recomendaciones.....	144
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>		<b>145</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>153</b>

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla I-1 Comparación nutritiva con otros sub productos industriales.....	4
Tabla I-2 Comparación de fibras en harinas.....	9
Tabla I-3 Información nutricional.....	10
Tabla I-4 Capacidad antioxidante de la harina de orujo de uva.....	11
Tabla I-5 Precios de venta de Harina de Orujo de Uva.....	16
Tabla II-1 Composición Química de orujo de uva.....	24
Tabla II-2 Composición de orujo de uva vs otros cereales.....	25
Tabla III-1 Tipos de secadores según la materia a deshidratar.....	41
Tabla III-2 Requerimientos de tamaño de partícula para aplicación de Harina de Orujo.....	46
Tabla III-3 Abertura de la serie de tamices UNE y su equivalencia correspondiente de la serie ASTM.....	49
Tabla IV-1 Tabla de criterios y ponderación.....	55
Tabla IV-2 Escala de Puntuación del 1 a 100.....	55
Tabla IV-3: Matriz de calificación el proceso para la elaboración de Harina de Orujo de Uva.....	56
Tabla IV-4 Referencias de Temperaturas para Propiedades.....	59
Tabla IV-5 Tabla de Factores y Niveles.....	60
Tabla IV-6 Parámetros de Análisis de Materia Prima.....	61
Tabla IV-7 Variación de la masa de 40,046 gramos de Orujo de Uva.....	67
Tabla IV-8 Tabla de Variación de Inversa de la masa.....	68
Tabla IV-9 Variación de la humedad en Base Seca (X) de Orujo de Uva.....	70
Tabla IV-10 Variación de la humedad en Base Húmeda (M) de Orujo de Uva.....	72
Tabla IV-11 Resultados de Método de 3 Puntos T= 55°C.....	75
Tabla IV-12 Datos de Velocidad de secado.....	78
Tabla IV-13 Equivalencias serie de Tamices UNE con ASTM.....	80
Tabla IV-14 Porcentaje de Retención en el Tamiz.....	82
Tabla IV-15 Recuperación de Hollejo en la Separación.....	83
Tabla IV-16 Curva estándar, método FRAP.....	95

Tabla IV-17 Curva estándar, Fenoles Totales .....	97
Tabla IV-18 Curva estándar, Método ABTS .....	98
Tabla IV-19 Método de análisis, HPLC .....	100
Tabla IV-20 Escala de Puntuación para Evaluación Sensorial.....	101
Tabla IV-21 Parámetros de Análisis de Producto Final .....	106
Tabla IV-22 Nomenclatura de Corrientes y Componentes para Balance de Materia	106
Tabla IV-23 Nomenclatura de Corrientes para Balance de Energía .....	115
Tabla IV-24 Nomenclatura de variables para Balance de Energía.....	115
Tabla IV-25 Energía consumida en el proceso.....	120
Tabla V-1 Caracterización de la materia prima “Orujo de Uva” .....	123
Tabla V-2 Variación de Masa de Orujo de Uva en la Etapa de Secado en Ensayos	124
Tabla V-3 Ecuaciones de Ajuste para la Variación de masa en Ensayos.....	126
Tabla V-4 Variación de Humedad en Base Seca de Orujo de Uva en la Etapa de Secado en Ensayos.....	126
Tabla V-5 Humedad Crítica y Humedad de Equilibrio en Ensayos.....	127
Tabla V-6 Ecuaciones de Velocidad para Ensayos .....	128
Tabla V-7 Separación de Hollejo de Semilla .....	128
Tabla V-8 Pérdidas en la Etapa de Molienda en Ensayos .....	129
Tabla V-9 Resultados de Balance de Materia .....	129
Tabla V-10 Resultados de Balance de Energía .....	130
Tabla V-11 Caracterización del producto final “Harina de Orujo de Uva” .....	130
Tabla V-12 Resultados de Antioxidantes para Ensayos.....	131
Tabla V-13 Resultados de Resveratrol para Ensayos.....	132
Tabla V-14 Resultados de la Evaluación Sensorial.....	133
Tabla V-15 Resultados de respuestas variable en función de la temperatura .....	135
Tabla V-16 Análisis de Resultados Obtenidos .....	136
Tabla V-17 Tabla de Promedio de Replicas para cada ensayo.....	136
Tabla V-18 Asignación de puntuación a atributos .....	136
Tabla V-19 Resultados de ponderación de variables respuesta.....	137
Tabla V-20 Factor de Equidad entre datos .....	138

Tabla V-21 Equidad de datos en variables respuesta .....	138
Tabla V-22 Valoración Total de variables respuesta.....	138
Tabla V-23 Pruebas de los efectos inter- sujetos para Antioxidantes .....	140
Tabla V-24 ANOVA de un factor para Resveratrol.....	140
Tabla V-25 ANOVA de un factor para Evaluación Sensorial.....	141
Tabla V-26 ANOVA b .....	141
Tabla V-27 Coeficientes de Ecuación .....	142

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
Figura I-1 Distribución de Harina de Orujo de Uva.....	17
Figura II-1 Diagramas de bloque de la elaboración de vino blanco y vino tinto .....	22
Figura II-2 Escobajo, hollejo y semillas.....	23
Figura III-1 Curva de Secado .....	38
Figura III-2 Curva de Velocidad de Secado .....	39
Figura III-3 Proceso de Elaboración de Harina de Orujo de Uva por Método Extrusión- Prensado .....	51
Figura III-4 Proceso de Elaboración de Harina de Orujo de Uva .....	52
Figura IV-1 Esquema para la Elaboración de Harina de Orujo de Uva .....	57
Figura IV-2 Esquema de Planos Experimentales .....	62

ÍNDICE DE IMÁGENES	Pág.
Imagen I-1 Harina de orujo de uva.....	9
Imagen I-2 Harina de Quinua.....	18
Imagen IV-1 Regulación de Temperatura.....	63
Imagen IV-2 Pesado de orujo en caja Petri.....	64
Imagen IV-3 Muestras introducidas en el Horno a Vacío.....	64
Imagen IV-4 Muestras de Orujo de Uva en el Desecador.....	65
Imagen IV-5 Muestras de Orujo de Uva seco.....	66
Imagen IV-7 Orden descendente de mallas en el tamiz vibratorio.....	81
Imagen IV-8 Regulación de condiciones para tamiz.....	81
Imagen IV-9 Hollejo retenido en malla N°5.....	83
Imagen IV-10 Hollejo retenido en malla N°4.....	84
Imagen IV-11 Semilla retenida en malla N°2.....	84
Imagen IV-12 Hollejo retenido en malla N°1.....	85
Imagen IV-13 Masa de hollejo en la base.....	85
Imagen IV-14 Semilla separada.....	86
Imagen IV-15 Sellado de Hollejo seco.....	86
Imagen IV-16 Hollejo envasado y recubierto con papel aluminio.....	87
Imagen IV-17 Adaptación de bolsa colectora.....	88
Imagen IV-18 Introducción de Hollejo de Uva al Molino.....	89
Imagen IV-19 Pesado de Producto final obtenido.....	90
Imagen IV-20 Sellado de Harina de Orujo de Uva.....	91
Imagen IV-21 Ensayos de Harina de Orujo de Uva obtenidos y acondicionados para Análisis.....	92
Imagen IV-22 Muestras en ependorf.....	93
Imagen IV-23 Sonificador (Extracción de muestras).....	94
Imagen IV-24 Centrifugadora.....	94
Imagen IV-25 Placa de lectura, método FRAP.....	96
Imagen IV-26 Placa de lectura, Fenoles Totales.....	97
Imagen IV-27 Placa de lectura, ABTS.....	99

Imagen IV-28 Equipo, HPLC.....	100
Imagen IV-29 Ensayos preparados para la Evaluación Sensorial .....	104
Imagen IV-30 Evaluación sensorial de ensayos a diferentes condiciones de Secado .....	105

## **RESUMEN**

El presente estudio es una investigación con la finalidad de “Elaborar Harina para Consumo Humano a partir de Orujo de Uva del Departamento de Tarija.”

El orujo de uva como un residuo del Proceso de Elaboración del Vino, tiene propiedades alimenticias muy importantes por rescatar, de esta forma elaborar Harina de Orujo de Uva a partir de esta materia prima da como resultado un producto con características y propiedades que aportan de gran manera a la nutrición de los consumidores.

Esta harina es un suplemento que se puede consumir agregando una cucharilla a todo tipo de jugos, licuados y otras comidas ya que aporta gran riqueza en Polifenoles y antioxidantes que posee la uva.

Los flavonoides contenidos en esta harina especialmente el resveratrol; retardan el envejecimiento celular, neutralizan los reactivos radicales libres, mejoran la circulación sanguínea, fortalecen los capilares sanguíneos, previenen afecciones cardíacas al evitar la formación de coágulos, reducen el daño de la fibromialgia, protegen del cáncer, mejoran afecciones de piel (soriasis, eccemas), detienen la degeneración macular y mejoran la vista.

Durante la presente investigación se determinaron parámetros óptimos para la elaboración de “Harina de Orujo de Uva” caracterizando la materia prima y el producto final de modo que con esta tecnología se considere la posibilidad de fabricar a escala industrial este nuevo producto diversificando así la industria vitivinícola.

El método aplicado para la elaboración de este producto es el de Molienda Tradicional, se estudió el diseño factorial en la etapa de secado considerando las características fisicoquímicas y organolépticas que caracterizan el producto final; de esta forma se variaron las condiciones de operación en este proceso; con el fin de maximizar sus propiedades funcionales (capacidad antioxidante, resveratrol y evaluación sensorial) y así poder incorporarla a alimentos de consumo humano. Para



esto se realizó un secado de los Orujos a cuatro temperaturas diferentes. (50°, 55°, 60° y 65°C).

A través de un análisis estadístico de variables y una asignación de puntuación de acuerdo a la importancia de cada atributo; se determinó que a una Temperatura igual a 55°C se obtiene mayor cantidad de resveratrol, por lo que el producto final obtenido es rico en este compuesto.



**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

##### **1.1.1 Generalidades**

La harina, como polvo fino obtenido luego de la molienda de cereales, semillas oleaginosas y otros alimentos con gran contenido de almidón u otros nutrientes, constituye desde la antigüedad uno de los ingredientes fundamentales en las dietas de todas las latitudes. (Rodríguez G.F, 2017).

Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo (cereal proveniente de Asia, elemento habitual en la elaboración del pan), también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz (cereal proveniente del continente americano) o de arroz (cereal proveniente de Asia). Existen harinas de leguminosas (garbanzos, judías) e incluso en Australia se elaboran harinas a partir de semillas de varias especies de acacias (harina de acacia). (Granería el Corralón, 2008)

La harina es uno de los elementos fundamentales en la alimentación mundial. Desde tiempos ancestrales, las tribus y comunidades de todas partes del mundo la han utilizado como elemento principal para la elaboración de alimentos.

En 1930 la harina comenzó a ser enriquecida con hierro, niacina, tiamina y riboflavina. Y más tarde en los años 90, se añadió el ácido fólico a los elementos que la conforman. (Rodríguez G.F, 2017)

Hoy en día, la harina de trigo es el principal componente de casi todos los postres a nivel mundial. Además de estar presente en 6 de las 10 comidas más populares del mundo.

Según registros, desde el año 6000 A.C se descubrió que se podía obtener harina de trigo triturando el grano, se realizaba con dos piedras cilíndricas unidas en el centro: la de abajo permanecía fija y la de arriba era movida manualmente; luego se tamizaba la harina para extraer el salvado. Y se cocinaba en moldes de tierra. Fueron los

romanos los primeros en elaborar la maquinaria necesaria para producirla en grandes cantidades. (Sáez C.O., 2013)

La población mundial a comienzos del siglo XIX era de casi mil millones de personas, cincuenta años después pasó a 1,30 mil millones. La población no ha parado de crecer hasta alcanzar la cifra de 6 mil millones a comienzos del siglo XXI y se estima que en 2024 supere los 8 mil millones de habitantes. (Rodríguez G.F, 2017)

Este crecimiento continuo de la población produce una demanda cada vez mayor de alimentos y obliga a la mejora continua e innovación en la producción de los mismos, tanto en cantidad como en calidad, en especial los que componen la base de la alimentación humana, entre ellos se encuentra a las harinas y los panificados. (Rodríguez G.F, 2017)

La utilización de harinas para la elaboración de alimentos, ha ido variando a lo largo de la historia pasando desde métodos muy rudimentarios, para la obtención de los mismos, hasta grandes revoluciones en materia de industria.

Las diferentes culturas han utilizado como insumos los elementos naturales disponibles en sus respectivas zonas o las variantes introducidas más resistentes, de esta manera se puede observar la fuerte utilización de trigo en Europa y parte de África, de maíz en América y de arroz en Asia.

Los cereales y semillas, por sí solos, no pueden ser digeridos por el organismo humano aprovechando su riqueza nutritiva y requieren, previamente, algún proceso artificial de molienda o triturado para ser transformados en harinas y así ser incorporados a los alimentos, un ejemplo de ello es la transformación del orujo de uva en harina, los beneficios obtenidos por el consumo de este producto son innumerables, e incluye, retraso en el envejecimiento, mejoramiento de la circulación sanguínea, entre otros. (Rodríguez G.F, 2017)

Generalmente cuando se hace referencia al vocablo “harina” en singular y sin ninguna denominación que lo proceda se refiere a la harina de trigo. Esta ha sido la harina para consumo humano por excelencia, la producción mundial 2016/17

estimada el mes de junio de 2016 fue de 730,83 millones de toneladas de trigo, de cuya molienda se podrían obtener unos 548 millones de toneladas de harina según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) que estima un rendimiento de harina del 74,98% sobre la cantidad total de trigo. (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2002)

Junto a la producción de harina de trigo y otros cereales denominados secundarios (avena, cebada, centeno, sorgo) se encuentra la producción de harinas oleaginosas (harina de soja, maíz, acacias, orujos de uva, colza, algodón, girasol, palmiste, pescados, entre otros alimentos) cuya producción mundial 2015/16 alcanzó los 328,88 millones de toneladas (Oil World, [www.oilworld.biz](http://www.oilworld.biz)). Es decir, un 60 % de la cantidad estimada de producción de harina de trigo.

En el Departamento de Tarija, no se produce harinas de cereales a escala industrial; generalmente se importa para consumo.

La utilización de residuos provenientes de actividades industriales ha cobrado gran importancia en las decisiones estratégicas de inversionistas en todo el mundo, no sólo por factores ecológico-ambientales, sino también porque introduce marcados beneficios económicos.

El orujo o bagazo de uva generado en el proceso de vinificación mantiene algunas de las características propias de la uva, como son sus compuestos antioxidantes y su contenido de fibra, los que no fueron extraídos en su totalidad durante la vinificación quedando todavía presentes en altas concentraciones (**García-Gasca et al., 2008**).

Los subproductos de la industria vitivinícola, precisamente el orujo de uva, por sus particularidades, se encuentra frente a oportunidades que es preciso aprovechar.

A continuación, en la Tabla I-1 se indica el valor nutritivo de subproductos industriales, a efectos de comparación:

**Tabla I-1 Comparación nutritiva con otros sub productos industriales**

<b>SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES</b>	<b>Kilos necesarios para formar una unidad alimenticia</b>	<b>Gramos de proteína digestible por unidad alimenticia</b>	<b>Materia Seca (%)</b>
Orujos de Uva destilados	3,5	180	35
Orujos de Aceituna	2	50	87
Pulpa de Remolacha	1,5	26	90
Melazas de Azucarería	1,5	75	75
Cebadilla Cervecera	2	45	52

**Fuente:** Publicaciones de extensión agraria, 2018.

El Instituto Tecnológico de la Industria Agroalimentaria de España. (2015) ve "viable" desarrollar nuevos productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos con el sobrante de la elaboración del vino. Indica que *“es posible aprovechar estas sobras que genera la elaboración del vino, la revalorización de los subproductos derivados del vino surge de la necesidad de la industria vitivinícola de encontrar una alternativa viable que otorgue, a los residuos procedentes de la uva, una segunda oportunidad”*.

Si se procesara la totalidad de orujo que producen las bodegas en el mundo, se obtendría una cantidad de Harina de Orujo de Uva que permitiría ubicarla entre las primeras harinas oleaginosas producidas a nivel mundial.

Las Empresas productoras de la Harina de Orujo a nivel mundial son: Vinífera for life, Canadá. Finger lake wine flour, Estados Unidos. Tintorujó, Chile. Finca el Rosendo, argentino (producción artesanal). Valle de las fincas, Argentina (producción artesanal). Bodegas Krontiras (producción industrial en investigación y desarrollo).

A principio del año 2006, la empresa canadiense “Vinifera for Life” sorprendió al lanzar al mercado un producto realizado en base a los residuos sólidos de la vinificación artesanal: la harina de vino. Los estudios realizados por la Universidad de Waterloo (en Ontario), con apoyo del Ministerio de Industria de Canadá, han confirmado que la harina de vino es rica en: potasio, hierro, calcio, vitamina A, fibra, Omega 6 y Omega 3.

Tintorujos es otra empresa productora de Harina de Orujo de Uva, nace el año 2013 por la inquietud de hacerse cargo del descarte de orujo de uva, el cual se encuentra en Quillón, Chile

En Bolivia, no existen industrias ni empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de Harina de Orujo de Uva. Ocurre la misma situación en el Departamento de Tarija, no obstante, este contribuye con regulares cantidades de materia prima a la fabricación de Harinas de cereales en el país.

### **1.1.2 Definición de Harina**

Según el Reglamento Sanitario de los Alimentos, Título VX- Párrafo II indica lo siguiente:

ARTÍCULO 347.- Harina, sin otro calificativo, es el producto pulverulento obtenido por la molienda gradual y sistemática de granos de trigo de la especie *Triticum aestivum* sp. vulgare, previa separación de las impurezas, hasta un grado de extracción determinado.

ARTÍCULO 348.- El producto pulverulento proveniente de la molienda de otros granos, será designado con la palabra harina, seguida de un calificativo que indique la o las especies de grano de la que provenga.

La harina es un producto obtenido de la molienda de diferentes especies vegetales, llevadas a contenidos óptimos de humedad para su almacenamiento y adecuada conservación (Rodríguez B. G. y col, 2004)



Se puede obtener harina de distintos cereales y de otros alimentos ricos en almidón, aunque la más habitual es la harina de trigo (Rodríguez B. G. y col, 2004).

#### **1.1.2.1 Clasificación de harinas**

La harina puede ser clasificada de distintos modos y poseer múltiples finalidades, sin embargo, estas clasificaciones son aplicadas a las harinas provenientes de los cereales, las cuales se utilizarán para hacer referencia a la Harina de Orujo de Uva, las siguientes:

#### **1.1.2.2 Por el contenido de gluten**

Según Bonilla, (2013) las harinas en general, se clasifican teniendo en cuenta la cantidad de gluten que poseen, según esto pueden ser Flojas o Fuertes:

##### **1.1.2.2.1 Harina floja**

Se conoce como harina floja, a aquella que en su composición contiene poco porcentaje de Gluten, con este tipo de harina el pan resulta bajo y de apariencia deficiente. La característica primordial de este tipo de harina es que retiene muy poca agua, por ello forman masas muy débiles (flojas).

##### **1.1.2.2.2 Harina fuerte**

La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, posibilitando la formación de masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios.

#### **1.1.2.3 Por el grado de pureza**

Según Bonilla, (2013) una de las clasificaciones de la harina más habitual en América principalmente, es mediante ceros; un cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). Los ceros determinan los grados de pureza de la harina.

##### **1.1.2.3.1 Harinas 0**

Son las más bastas, con más impurezas y posibles restos de granos. Son menos refinadas, y se utilizan para elaboraciones más espesas.

### **1.1.2.3.2 Harinas 00 y 000**

Se utilizan siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma.

### **1.1.2.3.3 Harina 0000**

Es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo solo se utiliza en pastelería, repostería, hojaldres, etc., y masas que tengan que ser ligeras. El equivalente entre esta clasificación de la harina y clasificación de su fuerza podríamos decir que:

- Harina 0 = harina de gran fuerza
- Harina 00 = harina de media fuerza
- Harina 000 = harina floja
- Harina 0000 = harina muy floja

## **1.1.3 Identificación del Problema de desarrollo a resolver con el proyecto**

La desnutrición en Bolivia, constituye una de las barreras para lograr el desarrollo social y económico. Por lo tanto, la falta de un aporte nutricional en la dieta alimentaria de la población se debe a un conjunto de factores socioeconómicos que derivan en estados carenciales importantes, uno de ellos es la producción de alimentos funcionales.

Según la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (EDSA 2016), en Bolivia la tasa de desnutrición aguda (por la falta de nutrientes) registró un leve incremento del 1,4% en 2008 al 1,9% en 2016.

La presidenta del Colegio Departamental de Nutricionistas, Magdalena Valdez, aclaró que la desnutrición aguda no se refiere a la falta de ingesta de alimentos, sino a la falta de nutrientes por consumir, por ejemplo, comida chatarra o por la pérdida de los mismos por una enfermedad.

En Bolivia, según los datos de consumo per cápita de alimentos elaborado por el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras con datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), el consumo de productos en base a harina como los fideos y el pan es de 47 kilos. ANF (2015, abril 28)

Si bien, estas harinas tienen características nutritivas también existen otras que se pueden obtener a partir de residuos en la industria que no son aprovechados y que, al asignarles un determinado proceso, logran dar como resultado productos que compensen esta deficiencia.

En la industria vitivinícola es posible utilizar el orujo como materia prima para generar harina rica en fibra, proteínas y antioxidantes, potenciando y valorizando algo que en la actualidad es considerado como residuo sólido.

#### **1.1.4 Descripción general de Harina de Orujo de Uva**

La harina de orujo de uva es un ingrediente alimenticio novedoso derivado del orujo resultante del proceso de vinificación. Su utilización aumenta el valor nutricional de los alimentos y les confiere especiales características de color, sabor y textura. Se puede adicionar hasta el 25% de Harina de Orujo de Uva a las recetas tradicionales de productos elaborados con distintas harinas de granos.

Es un ingrediente funcional para el desarrollo de alimentos nutritivos, rica en proteínas, fibras y antioxidantes, ambos componentes son muy deseables en los alimentos por sus reconocidos beneficios para la salud humana.

Contiene principios biológicamente activos, con efectos fisiológicos beneficiosos y con la potencialidad de prevenir las enfermedades crónicas, demostrados en estudios preclínico y en voluntarios humanos. (Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas, 2013)

**Imagen I-1 Harina de orujo de uva**



**Fuente:** Sustainable Viticulture Systems, 2018.

El contenido de fibra de esta harina comparado con otras se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla I-2 Comparación de fibras en harinas**

<b>HARINA</b>	<b>CONTENIDO DE FIBRA</b>
Harina de Orujo de Uva	47,2 – 50 %
Harina integral de trigo	6,5% a 9%,
Harina de linaza	32% a 38%,
Harina integral de avena	6% a 7%,
Harina de salvado de trigo	40% a 45%.

**Fuente:** Elaboración Propia,2018.

Se observa que la “Harina de Orujo de Uva” tiene un 47,2 – 50 % de fibra, mucho más elevado comparado con el de otras harinas integrales. La Harina de Salvado de trigo es la que se acerca a esta con un 40% a 45%.

Por lo tanto, esta harina es otra alternativa de consumo con respecto a las harinas de consumo habitual, ofreciendo más ventajas nutritivas además que está libre de gluten por lo que celíacos serían los principales consumidores.

La Harina de Orujo de Uva se considera como un superalimento, ya que se refiere a aquellos alimentos cuyo potencial nutritivo o valor nutricional es lo que los hace muy interesantes desde el punto de vista de la salud por su alta concentración de antioxidantes, grasas saludables, vitaminas o minerales.

En la siguiente tabla se muestra la información nutricional de la Harina de Orujo de Uva por cada 100 gr del producto.

**Tabla I-3 Información nutricional  
de Harina de Orujo de Uva (en g/ 100g)**

<b>COMPONENTES</b>	<b>HBU TINTA Cabernet Sauvignon</b>	<b>HBU BLANCA Chardonnay</b>
Grasa Total	7.80	4.30
Proteínas	11.70	7.50
Hidratos de carbono disponibles	17.00	46.00
Fibra Dietaria	47.70	27.20
Soluble	3.50	2.30
Insoluble	44.20	24.90
Cenizas	8.40	3.90
Humedad	7.50	11.20

**Fuente:** Pontificia Universidad Católica de Chile, 2013.

En la tabla se puede ver que esta harina tiene bajo porcentaje de grasas, no contiene gluten y tiene alto valor de fibra dietaria.

✓ En el contexto de las recomendaciones de consumo de fibra dietética, la Organización Mundial de la Salud aconseja un consumo de 25 a 30 gramos diarios en adultos. Sólo 2 cucharadas de HBU (Harina de Bagazo de Uva) tinta (20 g), cubren el 37% de la dosis diaria recomendada (DDR) de consumo de fibra, y 2 cucharadas de

HBU blanco cubren el 22% de la DDR. (Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas, 2013)

La harina de Vino a tiene alta concentración de resveratrol, potente bioflavonoide fácilmente asimilable por el organismo. Tomando en cuenta que el vino tinto aporta resveratrol, pero para obtener por este medio una cantidad importante (una botella puede contener 5 miligramos), obligaría a una elevada ingesta alcohólica, con sus consiguientes perjuicios. De allí que el consumo de la harina de vino sea una saludable alternativa antioxidante. El resveratrol actúa activando enzimas que retardan el envejecimiento y prolongan la vida celular. Además, neutraliza los reactivos radicales libres (átomos de oxígeno que han perdido un electrón y en el afán por estabilizarse, ponen en marcha una nefasta cascada oxidativa), considerada la principal causa de las enfermedades crónicas y degenerativas. (Almacén Campos Verdes, 2019).

En la Tabla I-4 se muestra la capacidad antioxidante de la Harina de Orujo de Uva

**Tabla I-4 Capacidad antioxidante de la harina de orujo de uva**

<b>COMPONENTES</b>	<b>HBU TINTA Cabernet Sauvignon</b>	<b>HBU BLANCA Chardonnay</b>
Polifenoles totales (mg/g)	41.1 ± 3.0	33.8 ± 2.5
Antocianas totales (mg/g)	1.5 ± 0.2	-
Capacidad Antioxidante, ORAC (μmoles TE/g)	362.9 ± 24.4	322.9 ± 29.1
Capacidad antioxidante, DPPH (μmoles TE/g)	172.2 ± 16.9	124.2 ± 10.9

**Fuente:** Pontificia Universidad Católica de Chile, 2013.

La HBU, tinta y blanca tiene una alta capacidad antioxidante y contenido de Polifenoles provenientes de la uva.

El contenido total de Polifenoles de 20 gramos de HBU, tinta o blanca, equivale a 2 copas de vino tinto (contenido de Polifenoles del vino tinto: 2 a 4 g/l).

La capacidad antioxidante de HBU, medida por el método ORAC (*Oxygen Radical Antioxidant Capacity*) de 20 gramos de HBU, tinta o blanca, cubren el 100% del consumo diario de unidades ORAC provenientes de frutas y verduras propuesto por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (*FDA*) de Estados Unidos (DDR= 5.000 unidades ORAC ( $\mu$ moles TE/g)). (Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas, 2013)

#### **1.1.4.1 Aplicaciones y usos de Harina de Orujo de Uva**

La Harina de Orujo de Uva es un ingrediente novedoso y con atractivas propiedades nutricionales, que puede ser usado como ingrediente en el desarrollo de alimentos funcionales. En este sentido, esta harina podría ser utilizada para la preparación de distintos alimentos de panadería o como aditivo en la preparación de alimentos cárnicos y lácteos, entre otros. (Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas, 2013)

En el desarrollo de un proyecto en la Universidad Católica de Chile, se elaboraron diferentes alimentos con adición de hasta 25% de HBU: pastas con HBU tinta, galletas con HBU tinta y blanca, pan (marraqueta y hallulla) con HBU tinta y blanca. Todos estos alimentos fueron bien evaluados por un panel sensorial.

#### **1.1.4.2 Beneficios de la Harina de Orujo de Uva para el organismo**

Según el Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas la Harina de Orujo de Uva, presenta los siguientes beneficios:

- ✓ Neutraliza los reactivos radicales libres.
- ✓ Fortalece rápidamente las paredes de los vasos sanguíneos.
- ✓ Estabiliza el nivel de azúcar en sangre.
- ✓ Mejora la resistencia a la insulina.
- ✓ Previene el envejecimiento de la piel.
- ✓ Disminuye el dolor muscular (fibromialgia) y articular (artritis).
- ✓ Detiene la progresión de la degeneración macular y las cataratas.

- ✓ Mejora el flujo en los diminutos vasos sanguíneos del ojo, evitando mal función, distorsión y fatiga visual.
- ✓ Reduce el progreso de la esclerosis múltiple.
- ✓ Mitiga el daño celular que genera el tumor y previene su desarrollo.
- ✓ Incrementa la resistencia física general y disminuye las reacciones alérgicas.
- ✓ **Circulación:** Fortalece rápidamente las paredes de los vasos sanguíneos. Tiene marcado efecto antiinflamatorio, similar a la aspirina, pero sin generar irritación gastrointestinal. Previene la formación de coágulos que obstruyen los capilares.
- ✓ **Articulaciones:** Mantiene suaves los tejidos conjuntivos.

### **1.1.5 Mercado de Harina de Orujo de Uva**

#### **1.1.5.1 Demanda de Harina de Orujo de Uva**

El mercado objetivo para la comercialización y consumo de Harina de Orujo de Uva son las personas con alergias alimentarias específicas como celiacía o intolerancia al gluten.

La enfermedad Celiaca afecta del 0.6 al 1.0% de la población mundial, aproximadamente a uno de cada 100 ciudadanos en el mundo y solo el 25% de los casos está diagnosticado. (Parra, R; Medina, MD., 2012)

La incidencia de la enfermedad celíaca en las últimas décadas, tanto en Bolivia como en el mundo, según estudios publicados en la plataforma boliviana virtual de ciencia **SCIELO**, sugiere una prevalencia de 1/100 a 1/300 de la población en general, sin contar aquellas personas que desconocen tener esta enfermedad.

En Bolivia no se tiene ningún estudio que identifique claramente o que intente realizar la detección de enfermedad celíaca por diversos factores que básicamente sería la base genética. (Alparo Herrera, I; Ramírez Rodríguez N; Quisbert Cruz R.,2012).

Lo cierto es que este mal de origen genético también está presente en el Departamento de Tarija, aunque los médicos especialistas la minimizan al señalar que

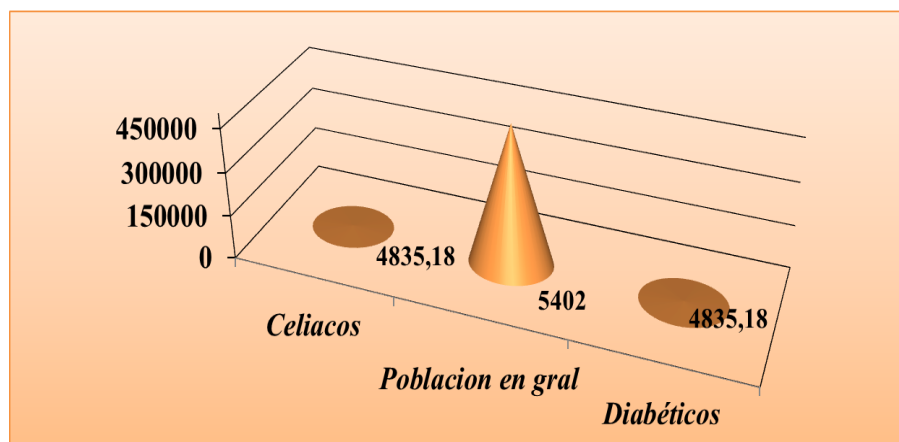


el número de personas que la padecen no es muy significativo, y que es una enfermedad rara.

De acuerdo a los indicadores de la plataforma boliviana virtual de ciencia SCIELO, se puede decir que el mercado consumidor aproximado en el Departamento de Tarija a partir de su población celiaca es 4835,18 personas.

La Harina de Orujo de Uva como producto alimenticio, está favorecido por el papel que juega la dieta en la prevención y cura de enfermedades y la necesidad de disponer de alimentos procesados que aligeren el trabajo ante las presiones que exige la vida moderna, la posibilidad de "sustituir" alimentos naturales por "suplementos". De este modo otra alternativa para consumo también son las personas que sufren de diabetes puesto que el producto tiene bajo contenido en carbohidratos y puede ayudar a revertir la enfermedad.

**Gráfica I-1 Demanda Aproximada de Harina de Orujo de Uva**

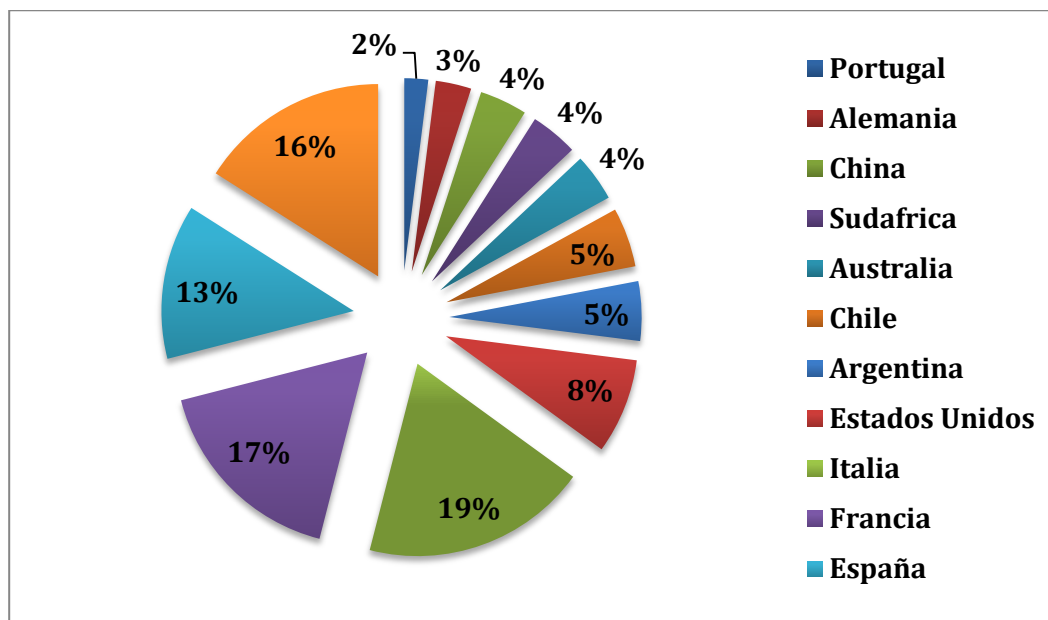


**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

### 1.1.5.2 Oferta de Harina de Orujo de Uva

A nivel internacional la participación de países en la producción de Harina de Orujo de Uva se muestra en la Gráfica I-2:

**Grafica I-2 Participación potencial en la producción**



**Fuente:** Elaboración propia, 2018 en base a datos de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV)

Frente a la producción mundial de vino que en 2015 fue de 275,50 millones de hectolitros se obtuvo una producción potencial de 7,56 mil toneladas de Harina de Orujo de Uva para consumo humano. (Organización Internacional de la Viña y el Vino, 2015)

En la Grafica se puede observar que los países con mayor producción de Harina de Orujo de Uva es China con el 19%, seguido de Sudáfrica con 17% y Chile con el 16%.




En ningún departamento de Bolivia se tiene empresas ofertantes del producto, sin embargo, Tarija es uno de los principales productores de la materia prima por su gran papel en la industria vitinícola.

### **1.1.5.3 Precios de Harina de Orujo de Uva**

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, emiten en forma conjunta todos los años un informe sobre perspectivas agrícolas para los próximos 10

años. Las proyecciones constituyen una visión del posible escenario futuro del desarrollo de la agricultura mundial, en base a un conjunto determinado de supuestos y la posible configuración de las políticas agrícolas y comerciales de los países de todo el mundo. En Argentina, se tiene las siguientes empresas que venden el producto:

**Tabla I-5 Precios de venta de Harina de Orujo de Uva**

EMPRESA	NOMBRE DE PRODUCTO	PESO	PRECIO	PRESENTACION
Dietética Delivery (ventas al por mayor y al por menor)	“Harina de Vino”	(50grs.)	\$90	
Dietética gourmet Lo de Pérez	Harina de vino Colabella	100 g.	\$83	
Ginkgo Diet	Harina De Vino Prama	50gr	\$ 252.	

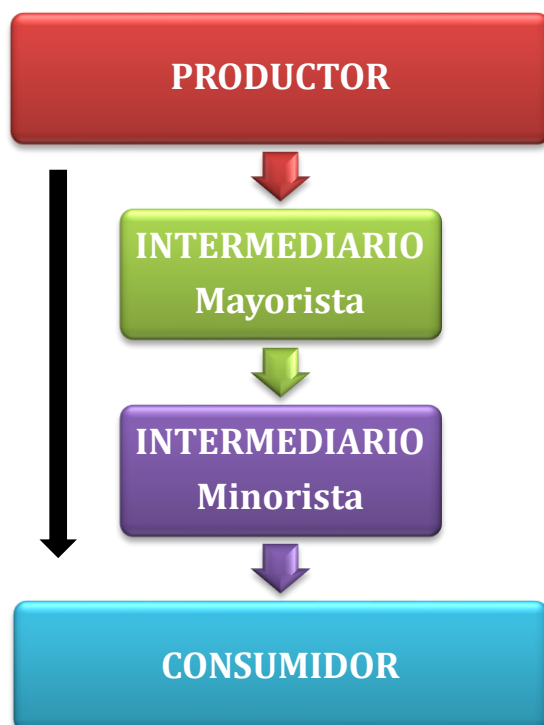
**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

No existen estadísticas de venta de este producto en el país.

#### 1.1.5.4 Distribución de Harina de Orujo de Uva

Una aproximación de la distribución del producto es:

**Figura I-1 Distribución de Harina de Orujo de Uva**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

#### **1.1.5.5 Sucedáneos de Harina de Orujo de Uva**

Existen otras harinas con similares usos como la harina de algarrobo o harinas de acacias, producto de fuerte desarrollo en Australia, pero ninguna tiene la particularidad que tiene la uva que es otorgada precisamente por su piel. Además, aquellas harinas reportan mayores costos al momento de obtener los insumos principales para su elaboración. En cuanto a la relación con las harinas provenientes de cereales y de otras semillas oleaginosas, la Harina de Orujo de Uva se utiliza también de manera complementaria para aumentar el valor nutricional de los alimentos y diferenciarlos en cuanto a experiencia sensorial. (Rodríguez G.F.,2017).

La Harina de Orujo de Uva es un producto innovador en Bolivia, ya que carece de sustitutos directos. Sin embargo, los productos sucedáneos a la Harina de Orujo de Uva dirigidos a celíacos, se encuentran en la industria de la Harina de Quinoa a través de la Cámara Boliviana de Exportadores de Quinoa y Productos Orgánicos-

CABOLQUI, que está conformada por 11 empresas líderes en el rubro de la quinua, concentradas tanto en la exportación como en el desarrollo de productos con valor agregado a base de quinua para el consumo nacional e internacional. Hoy en día, representan el 70% de la exportación boliviana de quinua en grano.

### **Imagen I-2 Harina de Quinua**



**Fuente:** SAITE.SRL

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Elaborar Harina para consumo humano a partir de Orujo de Uva del Departamento de Tarija.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar la materia prima: Orujo de uva, generado en bodegas de vino del Departamento de Tarija, para la elaboración experimental de harina para consumo humano.
- Diseñar y ejecutar la fase experimental del proceso tecnológico de elaboración de Harina de Orujo de Uva para consumo humano.
- Caracterizar el producto obtenido experimentalmente: Harina de Orujo de uva del Departamento de Tarija, para consumo humano.
- Certificar la calidad de la proteína del producto obtenido.
- Determinar el Rendimiento conseguido en el proceso tecnológico experimental de elaboración de Harina de Orujo de uva para consumo humano.
- Presentar, analizar y discutir los resultados obtenidos en el proceso tecnológico experimental de elaboración de Harina de Orujo de Uva del Departamento de Tarija para consumo humano.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO DE GRADO**

### **1.3.1 Justificación Económica**

La producción de Harina a partir de Orujo de Uva contribuiría a la diversificación de la industria vitivinícola dándole un valor agregado a un residuo sólido del proceso de elaboración del vino. De este modo se podrá mantener e incrementar la competitividad regional fortaleciendo los sistemas de innovación y promoviendo la agregación de valor.

Por otra parte, el orujo que es el insumo principal para la producción de harina es el residuo más voluminoso de la industria vitivinícola y puede conseguirse a precios

relativamente bajos debido a que Tarija es uno de los principales productores de vino en Bolivia, obteniendo otra ventaja para el que decida invertir en una industria que innove con el producto.

### **1.3.2 Justificación Tecnológica**

En la actualidad en el Departamento de Tarija no se elabora Harina a partir de Orujo de Uva. Este subproducto del vino, con importantes propiedades nutricionales, demuestra que es necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitan llevar a cabo el proceso de elaboración de Harina de Orujo de Uva en condiciones determinadas para su posterior aplicación, como un novedoso ingrediente para la elaboración de productos gourmet saludables, alimentos funcionales y súper alimentos altamente demandados en el mercado internacional.

### **1.3.3 Justificación Social**

Este Trabajo de Investigación contribuirá al mejoramiento de calidad de vida de los habitantes del Departamento de Tarija, a través de la ampliación de la dieta mediterránea.

Los resultados de la investigación servirán como aporte técnico y científico para futuras investigaciones o proyectos productivos referidos a la industrialización de la vid.

### **1.3.4 Justificación Ambiental**

La elaboración de Harina de Orujo de Uva, contribuirá de gran manera a la disminución de grandes volúmenes de orujo acumulado en contenedores en las afueras de las bodegas, que se destinan para abono o compostaje a los viñedos, sin embargo, no pueden ser utilizadas para ese fin en un 100% debido a que afecta la calidad del suelo. De este modo se reducirá a la vez la contaminación bacteriológica.

**CAPÍTULO II**  
**CONSIDERACIONES DE LA MATERIA**  
**PRIMA Y SUS PROPIEDADES**



## **CAPÍTULO II**

### **CONSIDERACIONES DE LA MATERIA PRIMA Y SUS PROPIEDADES**

#### **2.1 Descripción general del Orujo de Uva**

El orujo proporciona una gran particularidad que es obtener harina tanto del hollejo como de las semillas, antes o después de extraer el aceite de las mismas o al mismo tiempo, dependiendo del método de procesamiento de la materia prima. Obteniendo así dos productos alimenticios de alto poder nutricional y gran demanda a nivel mundial, maximizando de esta manera la utilización de desechos de la industria vitivinícola, contribuyendo a la generación de valor y la sustentabilidad. (Rodríguez G.F.,2017).

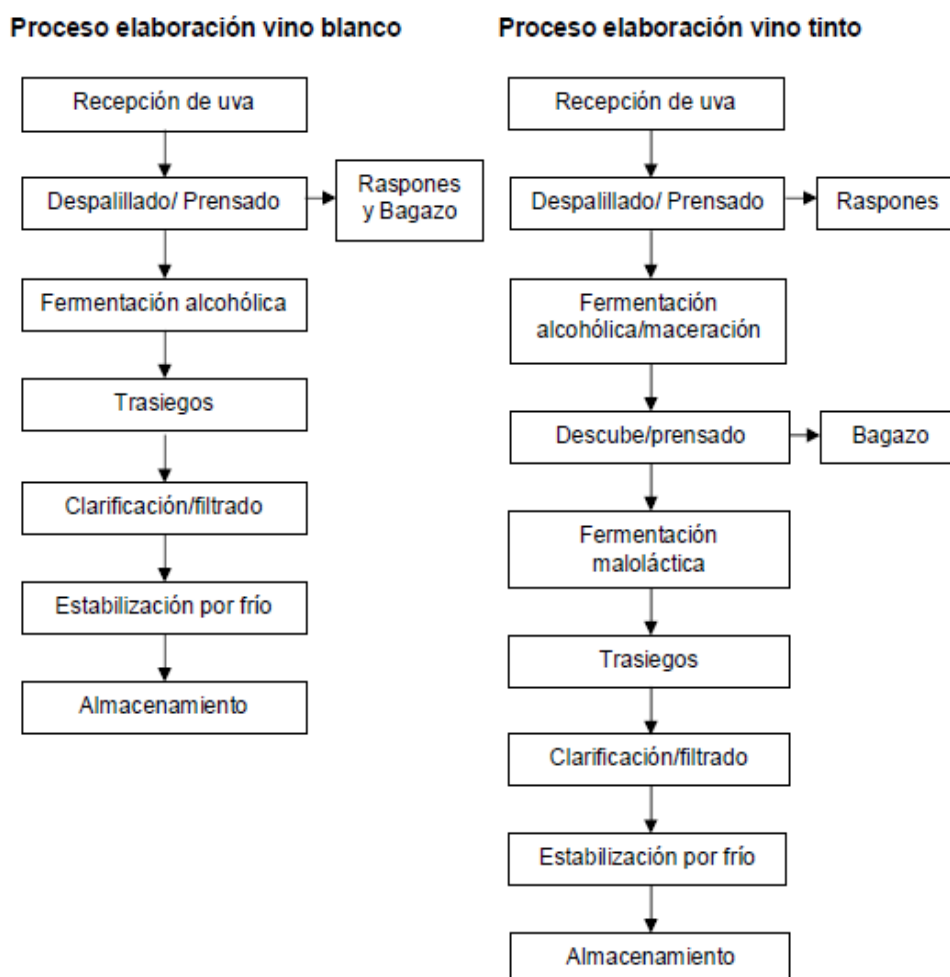
##### **2.1.1 Origen de Orujo de Uva**

El bagazo u orujo de uva se origina como un residuo sólido que es generado luego de la extracción del mosto del proceso de elaboración del vino y está compuesto principalmente por el hollejo o piel de la uva, las semillas y los cabos de los racimos, este residuo es generalmente considerado desecho o subproducto de la industria vitivinícola (Flanzy, 2003).

El bagazo u orujo se produce en el curso de la vendimia. Para vinos blancos, es el resultado del prensado neumático de la uva que proviene de la despalladora y ha sido previamente sometida a selección manual, proceso que antecede a la fermentación del mosto. Para vinos tintos, luego de seleccionar y despallillar la uva se prensa, se procede a fermentar y el orujo se obtiene luego del proceso inicial de fermentación, colectándose los orujos después de descubar y prensar. (Alejandra N.,2013).

En la Figura 2-5 se presentan los diagramas de bloque de la elaboración de vino blanco y tinto, el detalle de los subproductos del proceso:

**Figura II-1 Diagramas de bloque de la elaboración de vino blanco y vino tinto**



**Fuente:** Asevex, 2009.

### 2.1.2 Definición de Orujo de Uva

Orujo viene del latín “volucolum” que quiere decir funda, envoltorio o piecilla que envuelve. La palabra puede hacer referencia a la bebida (aguardiente) destilada procedente del aprovechamiento de los residuos (hollejos, pepita) generados en la elaboración del vino (principalmente tras ser prensados) o puede referirse a los residuos vinícolas propiamente dichos. (Amantes del vino, 2016)

El orujo de uva está conformado por los siguientes elementos:

- ✓ Hollejo o piel del grano, es el auténtico pericarpio del fruto, dentro del cual están contenidos los tejidos intersticiales, donde se deposita el mosto o azúcares que al fermentar formarán el alcohol y los aldehídos aromáticos. Desde el punto de vista de la alimentación y sabor constituye el componente fundamental.
- ✓ Pepitas o semillas, para su digestibilidad deben procesarse, contienen ácidos grasos insaturados, linoleico y oleico, que no son sintetizados por el organismo debiéndose ingerir mediante alimentos.
- ✓ Raspón o escobajo, de baja riqueza nutritiva y consistencia leñosa, debido a su elevado contenido de celulosa y lignina, es separado previamente del resto del grano de uva en los procesos de vinificación mediante el despalillado del racimo. (Rodríguez G.F.,2017).

**Figura II-2 Escobajo, hollejo y semillas**



**Fuente:** Sustainable Viticulture Systems,2018.

### 2.1.3 Clasificación de Orujo de Uva

Según el sistema o proceso industrial enológico se obtiene diferentes tipos de orujos:

- ✓ Orujos vírgenes, llamados también orujos crudos. Proviene de un sistema de vinificación en el que son separados antes de que el mosto haya iniciado su fermentación, es el método que se utiliza para la elaboración de vinos blancos. Presentan un alto contenido de azúcar.
- ✓ Orujos fermentados, se los obtiene después de la elaboración de vinos tintos donde el mosto fermenta con el orujo. Son ásperos, ricos en taninos y alcohol. Pueden destilarse.

- ✓ Orujos lavados, son aquellos fermentados y lavados ulteriormente para recuperar entre el 5 y el 10% de vino que contienen al salir de las tinajas o lagares de fermentación. Existen en grandes cantidades y generalmente no se destilan.
- ✓ Orujos destilados, procedentes de alambiques de destilación.

Según datos de la Organización Internacional del Vino (2015) el procesado de la uva genera un 20% de residuos sólidos, en concreto 100 kilos de uva generan unos 25 kilos de desechos, de los que el 50% son pieles de uva, el 25% tallos y el 25% restante semillas. Sin embargo, diversos estudios han determinado que se obtiene aproximadamente entre un 20% y un 30% de orujo sobre el peso de uva. De esta manera si se necesitan 122 kilogramos de uva para obtener 100 litros de vino, por cada 100 litros de vino se obtiene como residuo 30,50 kilogramos de orujo que debidamente procesados pueden dar 27,45 kilogramos de harina de orujo de uva incluyendo las semillas. (Kyle, D, 2016).

Este sub producto de la producción de vino tiene alto contenido nutritivo como se muestra en la Tabla II-1:

**Tabla II-1 Composición Química de orujo de uva**

<b>COMPONENTES</b>	<b>SEMILLAS</b>	<b>HOLLEJOS</b>
Agua	25 - 45 %	78 - 80 %
Ácidos Orgánicos	-	0,8 - 1,6 %
Azúcares	34 - 36 %	0,4 - 3 %
Taninos	4 - 10 %	0 - 0,5 %
Compuestos nitrogenados	4 - 6,5 %	10 - 15 %
Minerales	2 - 4 %	1,5 - 2 %
Lípidos	6 - 11,4 %	-

**Fuente:** Flanzky, 2013.

Los lípidos (6 – 11,4 %) presentes en los orujos se encuentran en las pepitas y están formados principalmente por ácidos grasos poliinsaturados. Contienen carbohidratos (29,2 g/100 g de lípidos) en forma de pectina, principalmente fructosa y glucosa.

Asimismo, los orujos contienen, tanto en las pieles como en las pepitas, antioxidantes de naturaleza polifenólica en su mayoría: resveratrol, flavonoides, antocianos, y otro excepto tocoferol y  $\beta$ -carotenos. El contenido total de Polifenoles y de taninos es de aproximadamente el 1,5 % y el 1,7 % respectivamente (Yu & Ahmedna, 2013; FEDNA, 2016; Sousa et al., 2014)

El interés que suscita la elaboración de Harina de Orujo de Uva se basa en los beneficios para la salud que presentan estos compuestos dados su actividad antioxidante y su no contenido en gluten.

La tabla siguiente muestra una comparación de orujo de uva con otros cereales en contenido de nutrientes en 100gr de peso de cereal y orujo.

**Tabla II-2 Composición de orujo de uva vs otros cereales**

<b>Componentes</b>	<b>Orujo de Uva</b>	<b>Quinoa</b>	<b>Trigo</b>	<b>Arroz</b>	<b>Maíz</b>
Proteínas/100g	10 – 16,4	13,81	11,5	7,4	9,2
Grasa/100g	7,8	5,01	2	2,2	3,8
Carbohidratos/100g	29,2	59,74	59,4	74,6	65,2
Agua/100g	78-80	12,65	13,2	13	12,5

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

Se observa que el orujo de uva tiene mayor contenido en proteínas, pero menor contenido en grasa y carbohidratos por lo que resulta mucho más beneficioso, sin embargo, tiene alto contenido de agua.

Los mayores productores de uva en Bolivia son Tarija y Chuquisaca, de la producción total de uva del departamento de Tarija un 15% corresponde a la uva negra varietal y el resto a la uva blanca moscatel y moscatel de Alejandría.

Según Dirigente de los productores de uva de Tarija, José Sánchez (2017) Actualmente en el valle central de Tarija se tienen 3.600 hectáreas de uva, con un

crecimiento anual entre el 7% al 10%, del cual el 80% es destinado para la producción de vino, se producen grandes cantidades de orujo que no logran ser absorbidas por el mercado en la elaboración de ningún otro producto.

Sánchez (2017, junio 16), afirma que hubo un repunte importante en la producción de uva en los últimos años; sin embargo, lamenta que el contrabando y el escaso apoyo del Estado no hayan permitido abrir nuevos mercados para el producto tarijeño. *“Si hay vinos y singanis que ganan medallas y reconocimientos en el extranjero, es por esfuerzo propio de cada uno de los productores”*, La producción de uva se extiende al Chaco donde hay 60 hectáreas en producción y parcelas experimentales en Bermejo y Entre Ríos.

## **2.2 Propiedades Funcionales**

El orujo de uva como materia prima para la obtención de harina tiene propiedades funcionales muy importantes que la caracterizan, estas son:

### **2.2.1 Capacidad Antioxidante**

#### **2.2.1.1 Definición**

Un antioxidante dietético es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos.

Las propiedades antioxidantes no sólo deben estudiarse por sus interacciones químico-biológicas, sino por su función en el deterioro oxidativo que afecta a los alimentos. (Pastene, E., 2009).

Un antioxidante puede ser definido, como cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos. La oxidación de tales sustratos podrá ser iniciada por dos tipos de especies reactivas: los radicales libres, y aquellas especies que sin ser radicales libres, son suficientemente reactivas para inducir la oxidación de sustratos como los mencionados. (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, 2010)

Los antioxidantes (AH) actúan generalmente cediendo un electrón a los Radicales libres (RL) transformándose a su vez en un radical libre de naturaleza no tóxica (A) y que en algunos casos puede ser regenerado por la acción de otros antioxidantes. De esta manera, los antioxidantes pueden detener reacciones de propagación e inhibir la oxidación de moléculas evitando la alteración en el funcionamiento normal de la célula (Tourinho, 2009).



Un compuesto es considerado antioxidante cuando cumple al menos una de las siguientes funciones: eliminar especies reactivas de oxígeno y/o otras especies reactivas, disminuir la disponibilidad de especies pro-oxidantes y proteger moléculas de la oxidación (Tourinho, 2009).

La capacidad antioxidante y “secuestrante” de radicales libres es una propiedad común en muchos de los compuestos bioactivos como los Polifenoles. La prevención de los efectos perniciosos en la salud derivados de la acción de los radicales libres producidos en el organismo como consecuencia de la oxidación biológica ha adquirido cada vez más importancia en la nutrición humana (Lajolo et al., 2001).

Los antioxidantes se pueden clasificar en dos grandes categorías: aquellos que son normalmente bio-sintetizados por el organismo y aquellos que ingresan a éste a través de la dieta. En la primera categoría se encuentran los antioxidantes enzimáticos como por ejemplo catalasas, glutatión peroxidasas, tioredoxina-reductasas, etc. y los antioxidantes no-enzimáticos, como ácido úrico, metalotioneína, melatonina, entre otros.

Si bien dichos antioxidantes son bio-sintetizados por el organismo humano, también pueden estar contenidos en los alimentos.

Dentro de la segunda categoría, es decir, aquellos antioxidantes que son incorporados al organismo a través de la dieta se encuentran las vitaminas-antioxidantes, como el ácido ascórbico y el betacaroteno, los carotenoides como la luteína y el licopeno, los

Polifenoles, en sus categorías flavonoides (flavonas, flavonoles, y antocianidinas) y no-flavonoides (ácidos fenólicos, ácidos cinámicos y estilbenos), entre otros (Leighton y Urquiaga, 2000).

### **2.2.2 Antioxidantes en vino y orujo o bagazo de uva**

Los compuestos antioxidantes presentes en el vino dependen principalmente de la concentración de estos en la uva y del proceso de vinificación. Los Polifenoles, especialmente flavonoides, extraídos durante la vinificación dependen de factores como la temperatura, el tiempo de contacto del mosto con la piel y las pepas, las prácticas de remontaje y mezclado, la concentración de etanol, el procedimiento de prensado de la uva, entre otros. (Leighton y Urquiaga, 2000).

Las grandes concentraciones de Polifenoles, especialmente flavonoides, presentes en el vino tinto se deben a las técnicas de vinificación, que buscan la óptima extracción de compuestos favorables del hollejo y la semilla, tales como las maceraciones largas y el remontaje (bombeo de vino en fermentación sobre el bagazo). Este largo contacto del bagazo con el mosto durante la fermentación permite que se extraigan los compuestos polifenólicos responsables de la mayor capacidad antioxidante en vinos tintos (Leighton y Urquiaga, 2000).

Como los compuestos polifenólicos se encuentran en su mayoría en el hollejo de la uva, mientras mayor sea la cantidad de éste que se use en el proceso de producción del vino, mayores serán las cualidades antioxidantes que presente dicho vino, es debido a esto, que se puede considerar al bagazo de uva como una buena fuente de antioxidantes, ya que todo el porcentaje de hollejo que no queda en el vino, queda remanente en el bagazo. Además, la capacidad antioxidante que posea el vino y por ende el bagazo, es resultado de las condiciones de cultivo y producción de la uva misma. (Leighton, 2002).

La composición química del vino suele ser muy variable y compleja, de donde se destacan el agua, alcohol, compuestos polifenólicos como ácidos fenólicos, ácidos cinámicos, derivados de tirosina, estilbenos, flavonoides dentro de los que se



encuentran las flavonas, flavonoles, flavanoles y antocianidinas, entre otros (Alonso, 2000).

Es en la etapa de fermentación donde los compuestos polifenólicos ya mencionados son extraídos por el bagazo. Por otro lado, a diferencia del vino, el bagazo presenta un alto contenido de fibra, ventaja muy beneficiosa en términos de salud. Es por esto que la utilización del bagazo en la elaboración de materias primas alimentarias, es sin duda alguna una promisoría alternativa para la inclusión de compuestos funcionales.

### **2.2.3 Fibra Dietaria**

El Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Reino Unido (I.F.S.T), sostiene que la fibra dietaria debe ser definida como: un material alimenticio, particularmente de origen vegetal que no es hidrolizado por las enzimas del tracto digestivo humano, pero, que puede ser digerido por la microflora intestinal (IFST, 2012).

La Association of Official Agricultural Chemists de Estados Unidos también define fibra dietética como los polisacáridos, lignina y sustancias asociadas presentes en las paredes celulares de los alimentos de origen vegetal que son resistentes a la digestión (hidrólisis) de las enzimas presentes en el cuerpo humano. En general consta de dos fracciones: fibra dietética soluble e insoluble en agua.

La fibra dietética soluble (pectinas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas) tiene elevada capacidad de retención de agua, forma soluciones viscosas y es fermentada en mayor proporción en el colón o intestino grueso por la flora intestinal (Díaz, 2008). Su efecto en la salud es que disminuye los niveles plasmáticos de colesterol (reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares) y regula el azúcar en la sangre.

La fibra dietética insoluble (lignina, celulosa, resto de hemicelulosas no solubles) es escasamente fermentada. Su efecto en el organismo es disminuir el tiempo de tránsito de los alimentos a través del tubo digestivo y como consecuencia al ingerirse diariamente previene estreñimiento, además, ayuda a prevenir el cáncer de colon al mantener un pH óptimo en el intestino (Díaz, 2008).

#### **2.2.4 Efectos de la fibra dietaria en el organismo**

Dentro de las recomendaciones que permitirían mejorar el estado de salud del ser humano está aumentar la ingesta de alimentos ricos en fibra. La fibra dietaria, según estudios, podría reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad, cáncer de colon y otras enfermedades. De ahí la importancia de aumentar su consumo (Lee et al., 1992).

La ingesta de fibra en los últimos años, ha traído consigo modificaciones en la industria alimentaria, desarrollándose nuevos productos con un alto contenido de fibra, vitaminas y bajo contenido de colesterol, comidas complementadas con ella, que han sido formuladas utilizando materias primas ricas en fibra de cereales (salvado de cereales), de vegetales y de legumbres (Periago et al., 1993).

Las fibras de frutas, como por ejemplo las provenientes de la uva, tienen una característica específica o diferencial que consiste en la presencia de cantidades significativas de compuestos minoritarios con elevada actividad biológica, tales como Polifenoles y carotenoides.

#### **2.2.5 Resveratrol**

Los polifenoles se conocen como compuestos beneficiosos para la salud, ya sea por su acción como antioxidante y por su química; estructuralmente, los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo como su grupo funcional. Se menciona al polifenol ya que en análisis de vinos estos compuestos son ampliamente estudiados. Los polifenoles conforman una familia muy grande que abarca más compuestos, tales como taninos, flavonoides, etc., sin embargo, al especificar una acción antioxidante en el vino, es el Resveratrol el compuesto que le da esta propiedad. El resveratrol, es un compuesto fenólico categorizado como fitoalexina, es el compuesto responsable de la actividad antioxidante en vinos y zumos de uva (Bustos et al., 2012).

El resveratrol se encuentra en la piel de las uvas granates o violetas. Los estilbenos, en especial el resveratrol, ha sido de gran interés por su efecto antioxidante, y sobre

todo por su poder anticancerígeno al prevenir el envejecimiento celular (Marques, 2014).

Los efectos benéficos del resveratrol también se dan en el consumo de uvas, tanto como en el vino tinto que se produce a partir de éstas (Marques, 2014). Es por esto que el consumo de vino se asocia con la prevención de trastornos degenerativos como demencia senil. El resveratrol tiene varias propiedades, es antioxidante, antiagregante plaquetario, antiinflamatorio, vasodilatador, e inhibe la proliferación celular (Masis, et al., 2013).

La concentración de resveratrol oscila en vinos tintos entre 0,001 y 10 mg/L, en vinos rosados entre 0,05 y 1,2 mg/L y en blancos desde trazas hasta 0,019 mg/L (Cenusa, 2016).

El resveratrol es un compuesto sólido, cristalino, soluble en alcohol, que manifiesta propiedades como la inhibición de las lipoproteínas de baja densidad (LDL según sus siglas en inglés) evita la agregación plaquetaria, modula el metabolismo de las grasas e inhibe una enzima implicada en la formación de células tumorales (Villajizan, 2000).

Entre las características importantes del resveratrol está su estabilidad. En una disolución hidroalcohólica, esta estabilidad depende de la luz, la temperatura y el pH. Dicho esto, se sabe que el resveratrol, exactamente el *trans*-resveratrol es estable durante meses, siempre que esté protegido de la luz, a excepción de que se encuentre a un pH mayor o igual a 10. La radiación desplaza el equilibrio isomérico hacia la formación de la forma *cis*. El isómero *cis*, por otro lado, es estable únicamente en pH neutro o cercano a éste (Cenusa, 2016).

Se sabe que el resveratrol es un compuesto que posee interesantes actividades biológicas como efectos antiinflamatorios y actividades sobre el metabolismo de los lípidos (Masis, et al., 2013).

La concentración de *trans*-resveratrol en la piel de la uva depende de diversos factores, reflejados principalmente en: la variedad de uva cultivada, la climatología, el tipo de tierra en la que ha crecido y la época de recolección. Igualmente, se ha detectado la existencia de este compuesto en aquellos vinos cuya fermentación se ha producido con el hollejo. Los diversos estudios realizados muestran que la concentración es mayor en los vinos tintos (entre 1,5 y 3 mg/L), y menor en blancos y rosados debido a los procesos de vinificación empleados, más no a que la uva de la que se obtienen sea blanca o rosada. (Collado, 2001).

Se sabe, por información científica bibliográfica y por experimentación, que los polifenoles y puntualmente el resveratrol, tiene un efecto inhibitor sobre el crecimiento de las células cancerosas. Estudios confirman que existía menor influencia de desarrollar cáncer, en personas que consumían medio litro de vino al día, en comparación con los grandes bebedores o los abstemios (Villajizan, 2000).

Si bebemos diariamente con moderación vino rico en polifenoles, nos beneficiamos del efecto antioxidante de los flavonoides y de la protección contra la aparición del cáncer. Sin embargo, el fenómeno se invierte cuando la cantidad de alcohol aumenta, ya que la acción de los polifenoles se muestra ineficaz para contener la formación de radicales libres, dado al exceso de alcohol (Villajizan, 2000).

### **2.2.6 Proteína**

Las proteínas desempeñan un papel fundamental para la vida. Representan alrededor del 50 % del peso seco de los tejidos. (Badui, 2006).

La proteína es un macro nutriente indispensable para la formación de los músculos del cuerpo. Las funciones de las proteínas son transportar las sustancias grasas a través de la sangre, elevando así las defensas de nuestro organismo. Por lo tanto, la ingesta diaria de estos nutrientes que son las proteínas es imprescindible para una dieta sana y saludable.

Los aminoácidos son las sustancias que forman la proteína. La cantidad de los aminoácidos de una proteína puede ser de 100 hasta miles.

El valor nutritivo de la proteína se determina con el equilibrio de los aminoácidos esenciales, en forma cualitativa. (Rojas, 2010)

Se han descubierto treinta aminoácidos en la formación de las proteínas necesarias para la vida, de los cuales ocho son esenciales: quiere decir, que el organismo depende de abastecimiento de estos ocho aminoácidos esenciales.

Estos aminoácidos esenciales son según su importancia para el ser humano:

Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenil alanina, Treonina, Triptófano. Valina.

El valor biológico de un alimento proteico significa el equilibrio de los aminoácidos esenciales en relación a la necesidad del organismo humano. El valor biológico de un alimento es alto, si contiene los aminoácidos esenciales en la misma relación a la necesidad del organismo humano.

El valor biológico de un alimento es bajo, si contiene los aminoácidos esenciales en relación diferente a la necesidad del organismo humano.

El valor biológico es una medida de la calidad que indica el porcentaje de la proteína absorbida, que es retenida es el organismo. (Rojas, 2010)

### **Beneficios de la proteína en el organismo**

Fortalece, repara tejidos, produce enzimas y hormonas.

Hace posible que la sangre pueda transportar oxígeno a todo el cuerpo.

La insuficiencia en proteínas puede degenerar en disminución de la masa muscular, la inmunidad y debilitamiento del corazón y sistema nervioso.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO TEÓRICO**

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Procesos Fundamentales de elaboración de Harinas en general**

La Harina de Orujo de Uva demanda un proceso para su obtención independientemente de la extracción del aceite de la semilla. Este proceso se basa en el secado del orujo y su posterior molienda, tratando que el producto sufra la menor degradación posible, conservando sus características.

##### **3.1.1 Secado**

El secado es uno de los métodos de conservación más antiguo realizado por el hombre para la conservación de los alimentos. Nuestros antecesores observaban que ciertos frutos al momento de alcanzar la madurez llegaban a un estado de conservación natural en donde la pérdida de la humedad era un método de conservación que lograba impedir la acción de los agentes deteriorantes. (Ochoa, 2011)

##### **3.1.1.1 Eliminación de agua por vía térmica**

Se entiende por deshidratación o secado a la eliminación parcial o total del agua de un alimento que se encuentra en un estado sólido debido a las condiciones de energía a las que se somete. Este proceso se lleva a cabo bajo condiciones controlables conducentes a obtener un producto que busca la mejor calidad sensorial y nutricional. (Bouber, 1991)

El contenido de humedad se reduce normalmente hasta el 5-6 %, debido a que algunas reacciones químicas aún pueden ser producidas si se tiene un porcentaje de humedad mayor al establecido como secado. El crecimiento microbiano necesita un 18-20 por ciento de humedad por lo que se reduce este deterioro que puedan causar las bacterias. (Marín, 2008)

El objetivo principal del secado es reducir el contenido de humedad, lo cual, disminuye la actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse sobre el alimento (Ochoa-Reyes y col., 2013).

Otro de los objetivos que se persigue con la deshidratación de alimentos es el de convertir estos en materias primas adecuadas para el mezclado y formación de nuevos productos, como es el caso de las sopas deshidratadas, frutas y cereales para el desayuno, etc. (Maupoei et.al, 2001).

### 3.1.1.2 Estática de Secado: Humedad

El contenido de humedad de un sólido se lo puede expresar a base seca o base húmeda, en los cálculos de secado es más conveniente sugerir la humedad a base seca, debido a que esta permanece constante a lo largo del fenómeno de secado. Por tanto, a no ser que se indique lo contrario se entiende por humedad de un sólido; el peso de agua que acompaña la unidad de peso de sólido seco. Para estudiar el secado de sólidos es necesario definir las proporciones relativas de agua y sólido seco contenidos en los mismos. (Escuela de Ingenierías Agrarias,2014).

Dado que la cantidad de sólido seco no se altera en el proceso, la concentración más útil para los cálculos es la referida al peso de sólido seco: X es la humedad al peso de agua que acompaña a la unidad de peso de sólido seco". (Escuela de Ingenierías Agrarias,2014).

✓ **Base húmeda (M)** (Cantidad de agua referida a la húmeda)

$$M = \frac{m_i - s_s}{m_i} \quad (\text{Cortez R. G., 2015}).$$

X = Humedad en base húmeda, (kg H<sub>2</sub>O/kg sólido húmedo).

m<sub>i</sub> = Cantidad de masa inicial, (kg).

S<sub>s</sub> = Cantidad de sólido seco (kg).

✓ **Base seca (X)** (Cantidad de agua referida al sólido seco)

$$X = \frac{m_i - s_s}{s_s} \quad (\text{Cortez R.G.,2015}).$$



$X$  = Humedad en base seca, (g H<sub>2</sub>O/kg sólido seco).

$m_i$  = Cantidad de masa inicial, (kg).

$S_s$  = Cantidad de sólido seco (kg).

Donde hay que tener en cuenta que este porcentaje puede ser mayor del 100 % en el caso de que el producto contenga más agua que parte sólida.

### **3.1.1.3 Humedad de equilibrio ( $X_{eq}$ )**

Cuando un sólido húmedo se pone en contacto durante tiempo suficiente, con aire de temperatura y humedad determinadas y constantes (suponiendo que la cantidad de aire es lo suficientemente grande para que sus condiciones no varíen con el tiempo de contacto) se alcanzarán las condiciones de equilibrio entre el aire y el sólido húmedo. Se denomina humedad de equilibrio del sólido a la humedad alcanzada por el sólido en

equilibrio con el aire en las condiciones dadas. La humedad de equilibrio  $X^*$ , es el límite al que puede llevarse el contenido de humedad de una sustancia por contacto con aire de humedad y temperatura determinadas. (Cortez R. G.,2015)

- Si la humedad del sólido es mayor que la de equilibrio, el sólido se secará.
- Si la humedad es menor que la de equilibrio absorberá agua del aire, el sólido se humedece.

### **3.1.1.4 Humedad Crítica ( $X_c$ )**

La humedad crítica es un punto de cambio en las condiciones de secado, donde pasa de velocidad constante de secado a velocidad decreciente de secado.

### **3.1.1.5 Curvas y períodos de secado**

Las curvas de secado se obtienen a partir de muestras del material húmedo que se van pesando periódicamente de modo que se pueda determinar el contenido de humedad que éste tiene conforme el tiempo de secado. Para graficar el contenido de humedad, en función del tiempo, se necesita conocer previamente su masa seca. Graficando los datos de control hasta llegar a la masa seca; se visualiza la tendencia de la pérdida de masa en el tiempo. (Cortez R. G.,2015)

### 3.1.1.5.1 Cinética de Secado

La velocidad de secado es la pérdida de humedad del material húmedo en la unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial ( $-dX/dt$ ) y es determinado como una función de tiempo  $t$  a una Temperatura  $T$  constante.

El contenido de humedad en el punto de transición entre los dos periodos es llamado contenido crítico de humedad  $X_c$ . Si el secado continúa más tiempo,  $X$  se aproximará al contenido de humedad  $X_{eq}$ , correspondiente a la humedad de equilibrio. En cualquier punto de la curva, la cantidad de humedad removible permanente ( $X-X_c$ ) se conoce como el contenido de humedad libre. Como un método aproximado, el periodo de velocidad constante puede ser considerado como correspondiente a la humedad removida de la superficie de las partículas, mientras que el periodo de velocidad decreciente corresponde a la eliminación de la humedad interna.

- **Velocidad constante de secado**

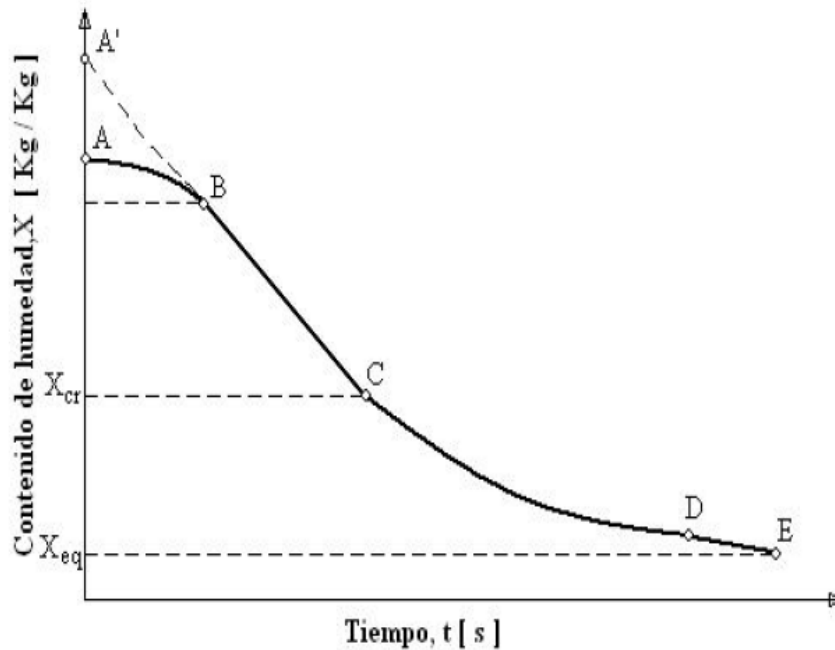
La superficie contiene humedad, la vaporización se lleva a cabo a partir de ahí. En esta etapa de secado se lleva a cabo la difusión del vapor del agua a través de la interfase aire/superficie húmeda y la velocidad a la cual la humedad de superficie es eliminada por difusión. Hacia el final del periodo constante, la humedad tiene que ser transportada del interior del sólido hacia la superficie por fuerzas capilares. Cuando el promedio del contenido de humedad ha alcanzado el contenido de humedad crítico  $X_c$ , la película de humedad en la superficie es reducida por evaporación. (Dávila N.R., 2004)

- **Velocidad decreciente**

La velocidad a la cual la humedad puede pasar a través del sólido como resultado de la concentración de gradientes entre las partes más profundas y la superficie es el paso a controlar. Dado que, la profundidad media del nivel de humedad incrementa progresivamente y la conductividad de calor de las zonas externas secas es muy pequeña; la velocidad de secado es cada vez más influenciada por la conducción de

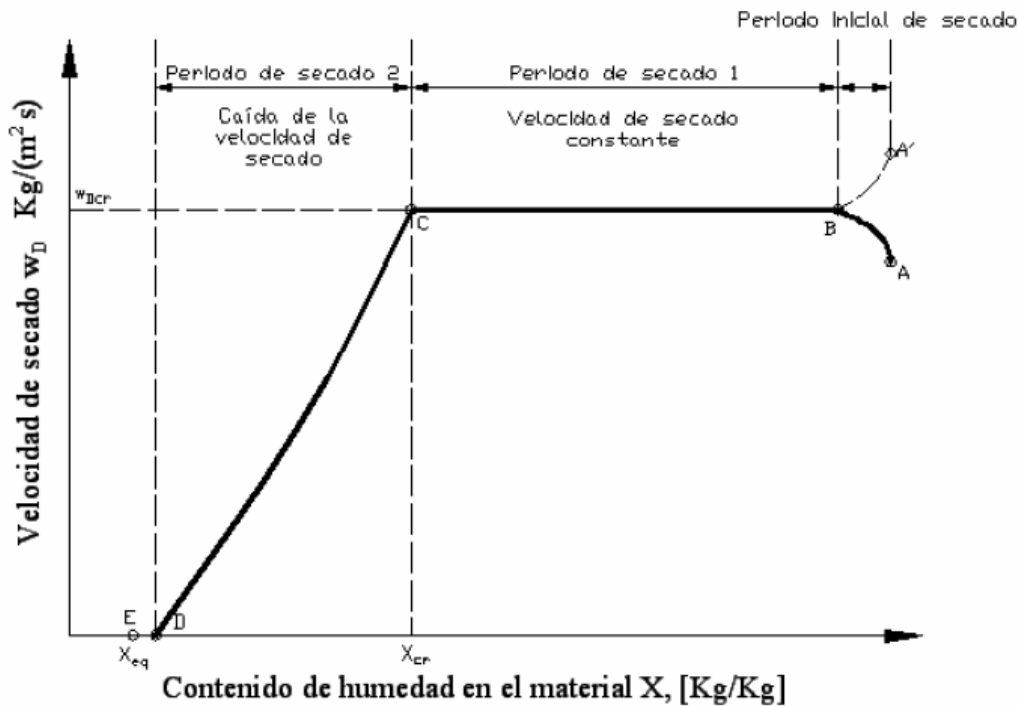
calor. Como la concentración de humedad disminuye por el secado, la velocidad de movimiento de humedad interna también disminuye. (Dávila N.R., 2004)

**Figura III-1 Curva de Secado**



Este tipo de curva muestra el contenido de humedad a través del tiempo en el proceso de secado. En el periodo inicial de secado, el cambio de humedad en el material está ilustrado en la curva A-B. Al terminar este primer periodo el secado toma una forma lineal del tipo  $X = f(t)$ , en este periodo la velocidad de secado es constante (recta B-C). El Secado se mantiene igual por un periodo de tiempo hasta que llega al punto crítico (C) donde la línea recta tiende a curvarse y a formar una asíntota con el contenido de humedad  $X_{eq}$  donde es el valor mínimo de humedad en el proceso de secado; esto quiere decir que el punto E jamás es tocado. (Si es secado natural y en condiciones abiertas). (Dávila N.R., 2004)

**Figura III-2 Curva de Velocidad de Secado**



Este tipo de curva indica con que velocidad se seca el material. Este diagrama es muy útil para diferentes propósitos. Este diagrama tiene la función  $W = f(X)$ , donde muestra la cantidad de humedad removida desde el material secado por unidad de tiempo por unidad de superficie secada. (Dávila N.R., 2004)

La ecuación que representa esta variación es:

$$W = \frac{SS}{A} \left( - \frac{dX}{dt} \right) \quad (\text{Ocontojo J., García T., 1963})$$

SS = Peso de sólido seco

A = Área de la superficie expuesta

W = Velocidad de secado

### 3.1.1.5.2 Método de tres puntos:

Para hallar la función a través de la cual se encuentre una correlación de los datos que representa la variación de la humedad en función al tiempo, se plantea un modelo

potencial en el cual se relaciona la velocidad de secado con la humedad del sólido en una ecuación de la forma:

$$y = ax^n \quad (\text{Tejerina O.J.,2019}).$$

Para determinar la velocidad de secado en base a los datos de humedad Vs. Tiempo obtenidos en las experiencias de laboratorio, se utilizó el método de los tres puntos, el mismo que sirve para encontrar la pendiente en cada uno de los puntos observados, por lo que para determinar la cinética de secado se plantea la ecuación:

$$- \frac{dX}{dt} = k X^n \quad (\text{Tejerina O.J.,2019}).$$

Donde:

$k$  = Constante para la cinética

$n$  = Número de orden de la cinética

$h$  = Intervalo de tiempo, h

$y_0, y_1, y_2$  = datos de resultados experimentales de humedad

$h = 1$  h

$$y_a = \frac{-3y_0 + 4y_1 - y_2}{2h} \quad (\text{Tejerina O.J.,2019})$$

$$y_b = \frac{-y_0 + y_2}{2h} \quad (\text{Tejerina O.J.,2019})$$

$$y_c = \frac{y_0 - 4y_1 + 3y_2}{2h} \quad (\text{Tejerina O.J.,2019})$$

Los datos obtenidos en el control de humedad; se reemplazan en las ecuaciones para hallar los cálculos de la cinética de secado con el método de los tres puntos, estos con un intervalo de tiempo “h”.

Posteriormente las pendientes deben correlacionarse con la variación de la humedad, linealizando la ecuación potencial planteada, de la siguiente forma:

$$\ln - \frac{dX}{dt} = \ln k + n \ln X \quad (\text{Tejerina O.J.,2019})$$

$$y = bX + a \quad (\text{Tejerina O.J.,2019})$$

Donde:

$$n = b$$

$$a = \ln k \quad K = e^a$$

De donde se obtienen los datos de K y el orden n de la ecuación cinética.

### 3.1.2 Métodos de secado

El método de secado depende del tipo de producto, sus propiedades físicas, su tolerancia a la temperatura y los requerimientos de proceso en cuanto a la forma de operación ya sea intermitente o continua.

- **Método adiabático.** - Este método consiste en adicionar aire caliente. Ej.; Secadores por aspersion y los secadores de tipo instantáneo.
- **Método no adiabático.** - En este método se proporciona calor en forma indirecta por conducción a través de una pared metálica. Operan a presión reducida como el secado a vacío. El secado por congelamiento, se efectúa por sublimación de agua congelada empleando bajas presiones y temperaturas (debajo de las ambientales). (Cabrera, 2012)

**Tabla III-1 Tipos de secadores según la materia a deshidratar**

PRODUCTO	TIPO DE SECADOR
Hortalizas, frutas y confitería.	Bandejas y túnel
Granos, hortalizas. Frutas, nueces, almidón	Cinta y Rotativos
Café, té, puré de frutas	Atomización
Hortalizas	Lecho fluidizado

<b>PRODUCTO</b>	<b>TIPO DE SECADOR</b>
Zumos	Foam mat
Manzanas y algunas hortalizas	Horno
Café, extractos de carne, frutas	Congelación y vacío

**Fuente:** Cruz, 2016

### **3.1.3 Tipos de Secadores**

Los secadores que se encuentran en Laboratorio para su uso son:

#### **3.1.3.1 Secado con aire caliente forzado:**

El deshidratado con aire caliente forzado es el método más común para secar alimentos. En este método, el aire caliente remueve el agua en estado libre de la superficie de los productos. El incremento en la velocidad del aire y la turbulencia generada alrededor del alimento provoca una reducción de la tensión en la capa de difusión, causando una deshidratación eficiente (Ochoa-Reyes y col., 2013, Green y Perry, 2006).

Este tipo de deshidratación puede ser continua o por lotes, solar o con energía de diferentes fuentes.

#### **3.1.3.2 Equipo para Deshidratación Osmótica:**

La deshidratación osmótica (DO) consiste en sumergir un producto alimenticio en una solución con una alta presión osmótica, lo cual crea un gradiente de potencial químico entre el agua contenida en el alimento y el agua en la solución, originando el flujo de agua desde el interior del producto, para igualar los potenciales químicos del agua en ambos lados de las membranas de las células del vegetal. Estas células son semipermeables y permiten el paso del agua y muy poco el de soluto, produciéndose como efecto neto, la pérdida de agua por parte del producto (Zapata Montoya y Castro Quintero, 1999). Este método da resultados excelentes si se aplica combinado

con otros métodos de deshidratación en las materias primas de fuentes no convencionales.

### **3.1.3.3 Secado en horno de vacío**

La tecnología de secado a vacío es un proceso importante para el secado de materiales térmicamente sensitivos. Este proceso puede ser considerado de acuerdo con las condiciones físicas, para añadir calor y remover vapor de agua. La evaporación de agua procede más rápido a bajas presiones, y el sólido entra en contacto térmico con una superficie caliente y el grueso de la transferencia de calor se produce por conducción.

El secado se produce a una temperatura baja, (termolábiles) y a poco oxígeno (menor riesgo de oxidación). (Mercedes,2008)

El vacío remueve humedad mientras previene oxidación o explosiones que pueden ocurrir cuando ciertos materiales se combinan con aire. Además, el secado bajo presiones menores a la presión atmosférica baja el punto de ebullición y provee una mayor diferencia de temperatura entre el medio calefactor y el producto.

### **3.1.4 Factores que influyen el secado**

La eficiencia del transporte de humedad desde el interior del material húmedo, por ejemplo, un alimento, está determinada por la resistencia interna del tejido al movimiento del agua y una resistencia externa, que se presenta entre la superficie sólida y el fluido deshidratante, el cual en la mayoría de los casos es aire.

Las principales variables que modulan la velocidad del movimiento del agua en el alimento son el tiempo y la temperatura. Conforme se incrementa la temperatura, la deshidratación se acelera, pero los atributos cualitativos iniciales del alimento cambiarán drásticamente (Muratore y col., 2008).

#### **3.1.4.1 Temperatura de Secado**

La temperatura es un factor de aceleración y muy importante en el proceso de secado. Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el alimento,



mayor será la velocidad de transferencia de calor; esta diferencia es la causa de la eliminación de la humedad.

Cuando el medio calorífico es el aire, la temperatura tiene un segundo efecto importante. Como la humedad se libera del alimento en forma de vapor, si éste no se elimina crearía una atmósfera saturada en la superficie del alimento, que reduciría la velocidad de la eliminación posterior del agua. Cuanto más caliente este el aire, más humedad retendrá antes de saturarse. Obviamente, un mayor volumen de aire también absorberá más humedad que uno menor. (P Jaramillo Gatica)

Un aumento de temperatura significa un menor consumo de energía por unidad de agua evaporada y una mayor tasa de secado. Además, que a elevadas temperaturas pueden causar daños térmicos más acentuados en la materia a secar.

#### **3.1.4.2 Tiempo de Secado**

Como todos los métodos importantes de la deshidratación de alimentos utilizan el calor y dado que los componentes de los alimentos son sensibles a la temperatura, se debe llegar a un compromiso entre la velocidad máxima posible de desecación y el mantenimiento de la calidad del alimento. Con pocas excepciones los procesos de deshidratación que utilizan temperaturas altas durante períodos de tiempos cortos causan menos daño al alimento que los que se efectúan a temperaturas más bajas durante tiempos más largos. Son varios los procesos de desecación que consiguen la deshidratación en minutos y aún menos si el alimento está suficientemente subdividido.

El tiempo de secado de los alimentos puede ser más corto cuando el tamaño de las piezas es pequeño porque hay mayor área de superficie de contacto (P Jaramillo Gatica)

#### **3.1.4.3 Área de superficie**

El material a deshidratar generalmente se subdivide en pequeñas piezas o capas delgadas a fin de acelerar la transmisión de calor y la transferencia de masa. La

subdivisión acelera el secado por dos razones: primero, una mayor área de superficie proporciona más superficie en contacto con el medio de calentamiento y más superficie desde la cual se puede escapar la humedad. Segundo, las partículas más pequeñas o capas más delgadas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer hasta el centro del alimento, y reducen la distancia que la humedad en el centro del alimento tiene que recorrer a fin de llegar a la superficie y salir o escapar. (P Jaramillo Gatica)

#### **3.1.4.4 Humedad final**

La humedad final depende de la composición de cada fruta e incluso del destino de la misma. Este factor es importante porque determina el tiempo del proceso de secado (García Velásquez, A. S., 2009). El porcentaje de agua inicial en las frutas es de 80-90%. Según la norma ISO 7954 Microbiology of food la humedad final exigida debe ser menor al 12%.

#### **3.1.4.5 Presión atmosférica y vacío**

A la presión de 1 atmósfera (760 mm Hg) el agua hierve a 100°C. al disminuir la presión, la temperatura en ebullición desciende. A temperatura constante, al descender la presión aumenta la ebullición. Por lo tanto, un alimento en una cámara de vacío caliente perderá humedad a una temperatura menor, o más rápidamente, que si estuviera en una cámara a presión atmosférica. En el caso de los alimentos sensibles al calor son especialmente importantes las temperaturas de desecación más bajas y los tiempos más cortos. (P Jaramillo Gatica)

#### **3.1.5 Molienda**

La molienda del material seco es una etapa primordial en el proceso, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto. La molienda se realiza en molinos que giran alrededor de su eje horizontal y que contienen una carga de cuerpos sueltos de molienda conocidos como “medios de molienda”, los cuales están libres para moverse a medida que el molino gira produciendo la disminución de tamaño de las partículas (Gutiérrez, P. 2005).

Se entiende por molienda, a la obtención de formas más pequeñas de los materiales sólidos mediante la utilización de equipos donde se llevan a cabo operación de cortado, picado, triturado o molido. Muchos productos entre ellos las harinas se obtienen por operaciones de molienda. (Ordóñez, B. 2007).

El propósito de la operación de molienda es ejercer un control estrecho en el tamaño del producto y, por esta razón frecuentemente se dice que una molienda correcta es la clave de una buena recuperación de la especie útil.

La molienda es la trituración del grano para obtener harinas gruesas o finas de acuerdo con el molino y malla que se emplee. Entre los tipos de molino más usados a nivel semi industrial se tiene: molinos de piedra y molinos de martillo. A nivel industrial se usan también molinos de discos. (Moreyra, 1996)

En la siguiente tabla se muestra los tamaños de partícula (norma ASTM) de la Harina de Orujo de Uva requeridos para su aplicación en la industria y la equivalencia con la norma UNE

**Tabla III-2 Requerimientos de tamaño de partícula para aplicación de Harina de Orujo**

TAMAÑO DE GRANO ASTM E11	INDUSTRIA ALIMENTARIA	INDUSTRIA NUTRACEUTICA
	Malla N° 70 212 $\mu\text{m}$	< 500 $\mu\text{m}$ ( <b>0,5 mm</b> )
TAMAÑO DE GRANO UNE	0,20 mm	0,5 mm
		0,32 mm

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

### 3.1.6 Tipos de Molinos

Los molinos a disposición en Laboratorio para su uso son:

### **3.1.6.1 Molino de Bolas**

El Molino de bola es el equipo importante para aplastar de nuevo después de que los materiales se hayan machacado. Utilizado para reducir a polvo la materia prima mediante la rotación de un tambor que contiene bolas de acero o de otro material.

Se emplea para obtener una granulometría comprendida entre 0-30  $\mu\text{m}$  y 0-200  $\mu\text{m}$ . Los molinos de bolas también son tambores cilíndricos o cilindro-cónicos con paredes interiores revestidas por los blindajes o revestimientos. Los cuerpos molidores son de forma esférica (bolas) o de formas cilíndricas, cónicas o irregulares. (Olivares V.R.,2014)

### **3.1.6.2 Molino de Martillos**

Utilizado para reducir a granulometría, mediante la rotación de un eje al que están adosados martillos de aleaciones duras.

Este tipo de molino de impacto o percusión es común en la industria alimenticia. Tiene un eje rotatorio que gira a gran velocidad, lleva un collar con varios martillos a su entorno además que es de acero inoxidable; lo cual evita el deterioro y contaminación del material a moler. (Olivares V.R.,2014)

## **3.1.7 Factores que influyen en la molienda**

Las características del material a procesar determinan su resistencia a la fractura y la selección del equipo utilizado para la molienda. Las propiedades más importantes de la alimentación aparte de su tamaño son:

### **3.1.7.1 Dureza**

La dureza del material afecta el consumo de potencia y el desgaste de la máquina. con materiales duros y abrasivos es necesario utilizar una máquina de baja velocidad para proteger los rodamientos de los polvos abrasivos que se producen. El desgaste del equipo además de contaminar el producto, es una parte sustancial del costo de la molienda.

### **3.1.7.2 Contenido de Humedad**

Se ha encontrado que los materiales no fluyen bien si ellos contienen alrededor de 5 y 50% de humedad; bajo estas condiciones el material tiende a formar una torta que se une en forma de bolas. Una molienda en tales condiciones es imposible. Es por ello que cada material debe estar en óptimas condiciones.

### **3.1.7.3 Influencia de la temperatura**

Todo proceso de molienda en razón de su baja eficiencia energética, conduce a un desprendimiento de calor. Como norma general, de acuerdo al punto de fusión del material, si este es superior a 100 °C no habrá problemas serios por la elevación de la temperatura. Si el punto de fusión es inferior a 100 °C, puede presentarse ablandamiento y si el material no es termoestable puede deteriorarse.

### **3.1.8 Tamizado**

El tamizado es un método de separación de partículas que se basa solamente en la diferencia de tamaño. En el tamizado industrial se vierten los sólidos sobre una superficie perforada o tamiz, que deja pasar las partículas pequeñas, o “finos “, y retiene las de tamaños superiores, o “rechazos “. Un tamiz puede efectuar solamente una separación en dos fracciones. Estas fracciones se llaman fracciones de tamaño no especificado, porque, aunque se conoce el límite superior o inferior del tamaño de las partículas que contiene, se desconoce su tamaño real.

Para aplicar la operación unitaria del tamizado es necesario que las fases se presenten en estado sólido. Se utilizan tamices de metal o plástico, que retienen las partículas de mayor tamaño y dejan pasar las de menor diámetro.

En el Laboratorio de Operaciones Unitarias se cuenta con un tamiz vibratorio de metal, cuyas características se muestran en el ANEXO 1.

En la tabla III-3 se muestra la abertura de la serie tamices UNE y su equivalencia a la serie ASTM.

**Tabla III-3 Abertura de la serie de tamices UNE y su equivalencia correspondiente de la serie ASTM**

DESIGNACION Y ABERTURA EN mm UNE	DESIGNACION DEL TAMIZ ASTM	ABERTURA EN mm ASTM
125	5	127
100	4	101,6
80	3	76,2
63	2,5	63,5
50	2	50,8
40	1,5	38,1
32	1,25	31,7
25	1	25,4
20	3/4	19,1
16	5/8	15,9
12,5	1/2	12,7
10	3/8	9,52
8	5/16	7,93
6,3	1/4	6,35
5	N.º 4	4,75
4	N.º 5	4,00
3,2	N.º 6	3,36
2,5	N.º 8	2,38
2	N.º 10	2,00
1,6	N.º 12	1,68
1,25	N.º 16	1,19
1	N.º 18	1,00
0,8	N.º 20	0,84
0,63	N.º 30	0,59
0,50	N.º 35	0,50
0,40	N.º 40	0,42
0,32	N.º 50	0,297
0,25	N.º 60	0,250
0,20	N.º 70	0,210
0,16	N.º 80	0,177
0,125	N.º 120	0,125
0,100	N.º 140	0,105
0,080	N.º 200	0,074
0,063	N.º 230	0,062
0,050	N.º 270	0,053
0,040	N.º 325	0,044

**Fuente:** Granulometría de suelos por tamizado, 2019.

### 3.2 Métodos Experimentales para la elaboración de Harina de Orujo de Uva

Existen 2 métodos para la elaboración de Harina de Orujo de Uva

#### 3.2.1 Método extrusión-prensado

Este método es la mejor alternativa tecnológica para la producción de Harina de Orujo de Uva ya que permite conservar el sabor característico del vino, manteniendo inalterados los componentes benéficos para la salud al no entrar en contacto con componentes químicos ni aditivos y trabajar con temperaturas controladas. La ventaja de utilizar el sistema de extrusión-prensado es que del mismo proceso se puede obtener una mejor harina apta para consumo humano y un porcentaje de aceite de

buena estabilidad. Estos son ideales para los mercados de productos naturales y saludables, que no requiere posteriores refinaciones.

El sistema de Extrusado-Prensado después del proceso de secado y deshidratación; generalmente consiste en el procesamiento del grano a través de una extrusora en seco (sin agregado de vapor), y posterior prensado de la misma en prensas de tornillo continuas, para recuperar el aceite contenido y obtener expeller de alta calidad. El expeller es apto para varios usos, tanto en alimentación animal como humana.

### **Extrusado**

Durante el extrusado, el grano se desmenuza y calienta por fricción a través de un sistema de tornillos y frenos de cizallamiento internos, sin elementos de calentamiento externo, y su temperatura se eleva dependiendo de la humedad del grano durante el período de circulación en el cañón.

El grano extrusado obtenido, sale por un orificio al exterior, en forma de chorro, donde pasa a presión atmosférica súbitamente, produciendo la evaporación del agua, reduciendo la humedad a valores ideales para la extracción de aceite.

Esta súbita descompresión produce también la rotura de las celdas que contienen el aceite.

### **Prensado:**

Una vez extrusado el grano, se introduce en prensas de tornillo para separar el aceite crudo del expeller (dispositivo que expulsa el aceite de las semillas).

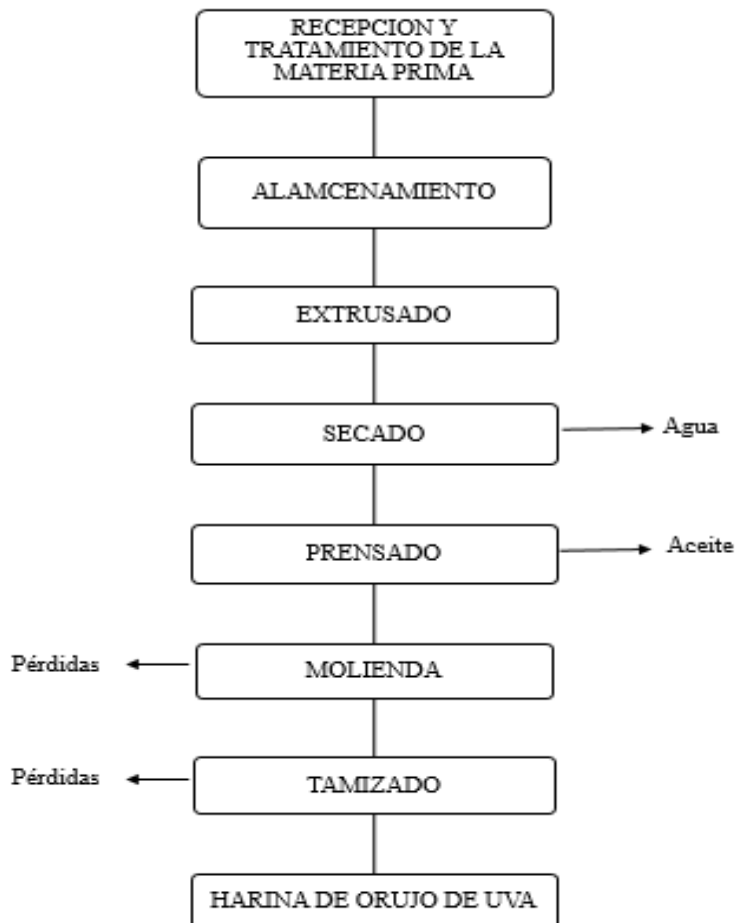
Bajo estas condiciones óptimas se logran extracciones muy eficientes del aceite contenido, llegando al 14 % y más de extracción. El expeller obtenido al pasar por las prensas continuas de tornillo (Expeller), contiene entre el 6-7 % de aceite, cerca del 8% de humedad. Estos valores dependen por supuesto de la calidad del grano empleado, y las condiciones de humedad del grano.

Es clave en el proceso de prensado el uso de varias prensas de menor capacidad, lo que presenta las siguientes ventajas operativas sobre otras alternativas:

1. Maximiza la extracción de aceite
2. No se requiere enfriador para el expeller
3. En caso de rotura de alguna prensa, el proceso no se detiene.
4. En caso de parada involuntaria (corte de energía), es simple la limpieza y nueva puesta en marcha.
5. El desarme y limpieza de las prensas la puede realizar un solo empleado manualmente.
6. Es menor el costo de varias prensas más pequeñas que 1 grande.

Finalmente se realiza el tamizado donde se define la granulometría de la harina para obtener un producto fino.

**Figura III-3 Proceso de Elaboración de Harina de Orujo de Uva por Método Extrusión- Prensado**



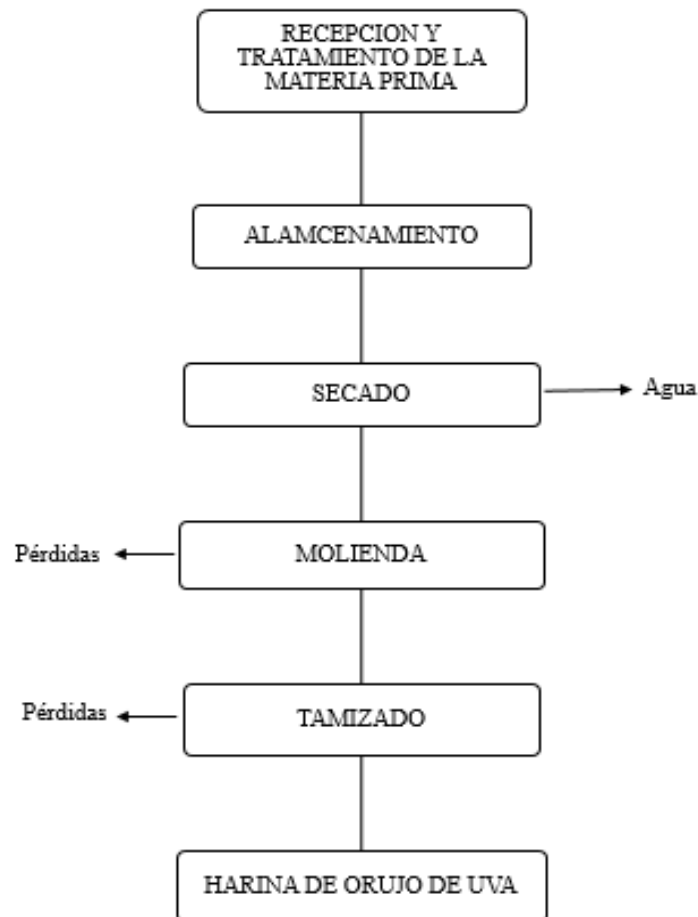
**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.



### 3.2.2 Método de molienda tradicional

Realizado con un molino pulverizador. Con este método, se puede extraer el aceite de las semillas por separado de forma mecánica para posteriores refinaciones. En caso de no extraerse el aceite contenido en el interior de las pepitas se molerán conjuntamente con el hollejo obteniendo una harina con menor fecha de expiración debido a la mayor cantidad de materia grasa y un desaprovechamiento del aceite o como otra alternativa se puede separar las semillas del hollejo y usar solo este como materia prima para la elaboración de la harina. En este método después del proceso de secado se realiza la molienda sin obtener el aceite.

**Figura III-4 Proceso de Elaboración de Harina de Orujo de Uva**



**Fuente:** Elaboración Propia,2018.

**CAPÍTULO IV**  
**MATERIALES Y MÉTODOS DE**  
**INVESTIGACIÓN**

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

#### **4.1 Materia Prima**

La materia prima, Orujo de Uva es obtenida de las Bodegas de producción de Vino de la ciudad de Tarija.

##### **4.1.2 Selección de la Materia Prima**

Para la selección de la materia prima se tienen en cuenta las propiedades que van a caracterizar el producto final. “Harina de Orujo de Uva”

El orujo de uva fermentado es mejor para elaborar harina por su mayor poder nutricional que el orujo destilado.

Ahora bien, debido a que el orujo destilado también tiene una positiva riqueza nutricional, alcohol y tartratos (sódico-potásicos) que son pagados a buenos precios, éstos decidirán si conviene destilarlo y hasta que cantidad, para recuperar dichos elementos y luego ya destilado utilizarlo para la elaboración de harina. (Rodríguez G. 2017)

El Proyecto desarrollado por el Centro de Nutrición Molecular y Enfermedades Crónicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile titulado Harina de Bagazo de Uva, da a conocer en sus resultados que la harina de bagazo de vino tinto tiene mayor cantidad de propiedades que la harina de bagazo de vino blanco; como se muestra en la Tabla I-3 y I-4 del Capítulo I del estudio.

De esa forma se seleccionan orujos fermentados del primer desencubado de la elaboración del vino tinto provenientes de uvas de variedad Tannat, Malbec y Merlot, empleando solo el hollejo después de un proceso de separación de las semillas.

## **4.2 Materiales usados en la investigación**

### **4.1.2 Materiales y equipos**

Los equipos a usar durante la ejecución de la fase experimental del estudio son:

- ✓ Balanza Analítica Electrónica.
- ✓ Horno de Secado a Vacío.
- ✓ Tamizador.
- ✓ Molino Eléctrico de Martillos.
- ✓ Sellador de bolsas plástico.

Los materiales de vidrio a usar son los siguientes:

- ✓ Cajas Petri
- ✓ Pinza de metal
- ✓ Desecador
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Bolsas de polipropileno

Las especificaciones y características de cada equipo se muestran en el ANEXO 1.

## **4.2 Metodología de la Investigación**

La metodología a aplicar durante la investigación con el fin de lograr los objetivos propuestos; se basa en una selección de los métodos experimentales descritos en el capítulo anterior.

### **4.1.2 Selección del Método a aplicar**

Para la correcta selección del método a aplicar para la Elaboración de Harina de Orujo de Uva, se desarrolla el diseño de matrices de decisiones, en las cuales se consideran como puntos de calificación a factores fundamentales del proceso.

Se realiza una tabla de criterios; que son factores claves para la ejecución de la investigación, con su ponderación respectiva. Se efectúa la evaluación de cada proceso en función de una tabla de calificación en un rango de valores para dichos

criterios. Los procesos tecnológicos experimentales a valorar para la selección son: Extrusión-Prensado y Molienda Tradicional.

Los criterios considerados y su correspondiente ponderación se muestran en la Tabla IV-1.

**Tabla IV-1 Tabla de criterios y ponderación**

<b>Factor evaluado</b>	<b>Comentarios</b>	<b>Ponderación</b>
Aplicabilidad del proceso	Para las características del proceso, se desea que el proceso seleccionado pueda operar con una cantidad de materia determinada y que a la vez pueda tolerar variaciones.	5
Generación de subproductos con valor económico	En los procesos se genera subproductos que se les pueden dar un valor o uso.	20
Equipos	Se desea que para el proceso haya la disponibilidad de todos los equipos necesarios	20
Operación	Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además que una persona con poca calificación pueda hacer la función de operador.	25
Costo	<b>Operación:</b> Se desea un proceso con bajo costo de operación.	20
Impacto ambiental	Se favorecerá al proyecto que genere menor impacto ambiental	10

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla IV-2 Escala de Puntuación del 1 a 10**

<b>Escala de Puntuación</b>	<b>Puntuación</b>
Excelente	10
Muy Bueno	8
Buena	6
Regular	5
Mala	1

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

**Tabla IV-3: Matriz de calificación el proceso para la elaboración de Harina de Orujo de Uva**

Factor Evaluado	Ponderación de factor (%)	Extrusión- Prensado			Molienda Tradicional		
		Calif.	Fracción de Calif.	Pond. Final	Calif.	Fracción de Calif.	Pond. Final
Aplicabilidad del Proceso	5	10	1	5	10	1	5
Generación de subproductos con valor económico	20	10	1	20	6	0,6	12
Disponibilidad de Equipos	20	0	0	0	10	1	20
Operación	25	6	0,6	15	8	0,8	20
Costo	20	5	0,5	10	8	0,8	16
Impacto Ambiental	10	8	0,8	8	8	0,8	8
<b>Total</b>	<b>100</b>			<b>58</b>			<b>81</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

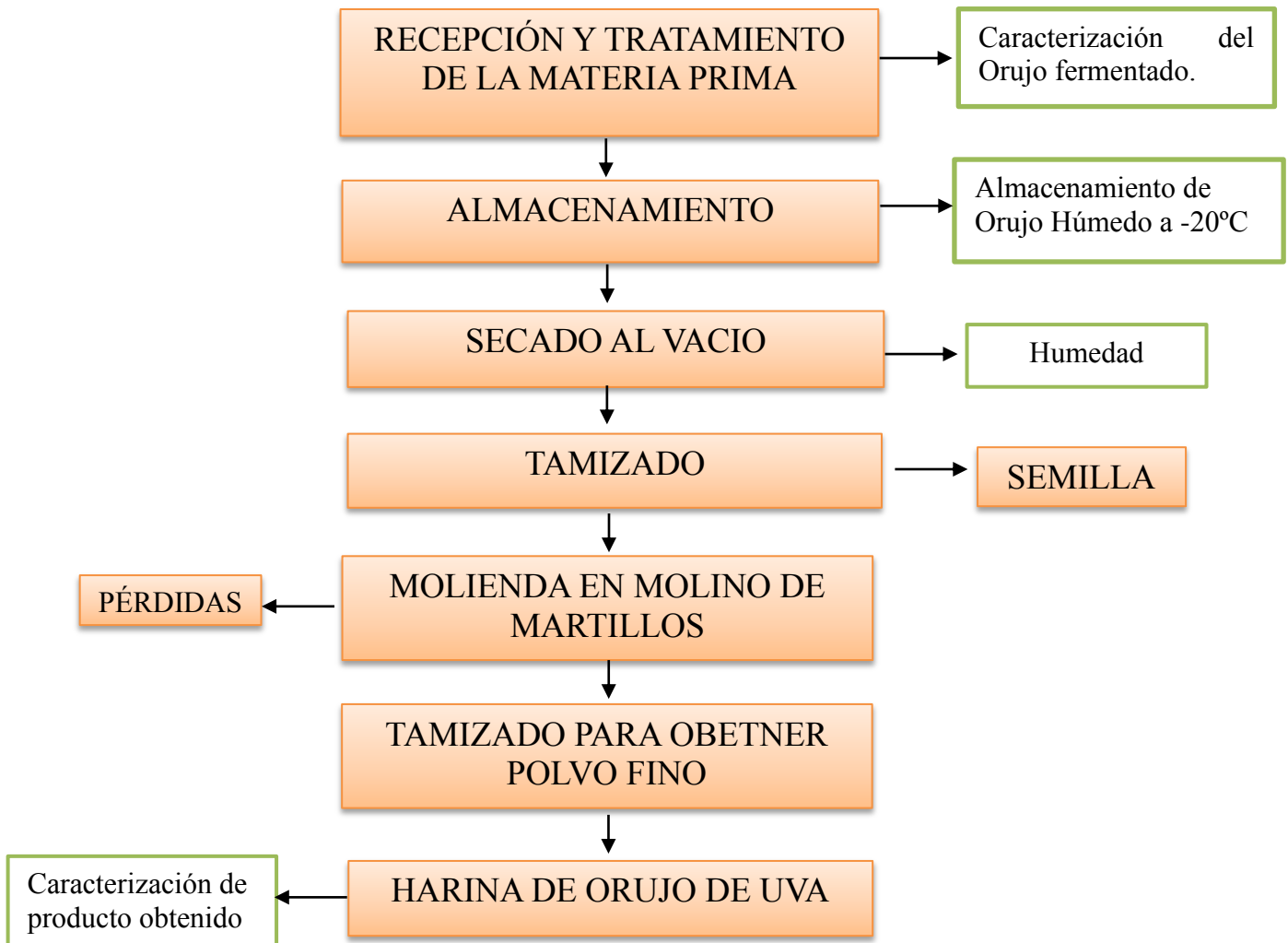
De acuerdo a los resultados en la Matriz de Calificación (Tabla IV-3) para seleccionar el proceso; la mejor opción como Método a aplicar es el de Molienda Tradicional ya que tiene mayor puntaje con respecto a los factores evaluados.

#### **4.2 Diseño del Proceso Tecnológico según el método seleccionado**

El método de molienda tradicional está basado en la obtención del producto final a partir del orujo en su totalidad.

En la presente investigación solo se trabaja con hollejo como ya se mencionó anteriormente; de esta manera se desarrolla un proceso de molienda tradicional modificado, cuyo esquema se tiene a continuación en la Figura IV-1.

**Figura IV-1 Esquema para la Elaboración de Harina de Orujo de Uva**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

#### **4.2.2 Variables fisicoquímicas del Proceso Tecnológico**

Los variables a tomar en cuenta en el proceso tecnológico seleccionado son:

- ✓ Temperatura de Secado.
- ✓ Tiempo de Secado.
- ✓ Humedad final.
- ✓ Granulometría de la Harina de Orujo de Uva.
- ✓ Capacidad antioxidante en la Harina de Orujo de Uva.
- ✓ Resveratrol en la Harina de Orujo de Uva.
- ✓ Porcentaje de fibra en la Harina de Orujo de Uva.
- ✓ Apariencia física de la Harina de Orujo de Uva.

#### **4.3 Diseño Experimental**

Para poder optimizar el proceso de elaboración de Harina de Orujo de Uva, y el método de análisis seleccionado, es necesario conocer las variables que influyen significativamente en el sistema y como afectan.

Para la identificación; se hace un listado de todas las variables que intervienen en cada etapa del proceso y que pueden influir en la variable respuesta para luego hacer un análisis de las variables que se pueden controlar y modificar.

Se consideraron las variables tecnológicas en el secado; así se tiene a la Temperatura; como factor en el diseño ya que esta es una variable independiente y las propiedades que van a caracterizar el producto; como variables respuesta. Estas propiedades a resaltar son: fibra, antioxidantes, resveratrol, evaluación sensorial y grado de molienda.

De las propiedades mencionadas anteriormente se escogen tres principales: Evaluación Sensorial, Antioxidantes y Resveratrol considerando que estas son las principales características fisicoquímicas y organolépticas que tendrá el producto final.

Basándonos en conceptos teóricos fundamentales, para conservar y asegurar la existencia de estas propiedades en el producto, se puede identificar los siguientes datos de referencia con relación a la Temperatura:



**Tabla IV-4 Referencias de Temperaturas para evitar la degradación de las Propiedades fisicoquímicas del Orujo de Uva**

<b>Temperaturas que soportan los antioxidantes (°C)</b>	<b>Temperaturas que soporta el resveratrol (°C)</b>
40	50
45	100
60	
80	

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

De la Tabla IV-4 se definen cuatro temperaturas a estudiar: 50, 55, 60 y 65 °C.

#### **4.3.2 Modelo del Diseño Factorial**

Las variables del diseño experimental para la investigación son:

Temperatura  $a_1 = 50^\circ\text{C}$

$a_2 = 55^\circ\text{C}$

$a_3 = 60^\circ\text{C}$

$a_4 = 65^\circ\text{C}$

Se determina un diseño factorial  $4^k$ , en el cual se tiene 1 factor, a 4 niveles.

Donde:

$k=1$

Para determinar el número de repeticiones se sigue la siguiente fórmula:

*#Repeticiones = Grados de libertad del experimento*

*Grados de libertad = factores ( # Rep - 1 )  $\geq$  4*

*Grados de libertad = factores ( # Rep - 1 ) = 4*

Como se tiene a la Temperatura como el único factor, se puede determinar el número de repeticiones resolviendo la fórmula anterior:

$$factores ( \# Rep - 1 ) = 4$$

$$1 ( \# Rep - 1 ) = 4$$

$$\#Repeticiones = 5$$

Entonces:

Factor A: Temperatura

$$N_{exp} = (N^{\circ} \text{ niveles } F_A * N^{\circ} \text{ repeticiones})$$

$$N_{exp} = 4 * 5 = 20$$

Del cálculo se concluye que se realizarán 20 experimentos elementales a partir del diseño factorial igual a  $4^1$ .

**Tabla IV-5 Tabla de Factores y Niveles**

FACTORES	NIVEL
A = Temperatura (°C)	50
	55
	60
	65

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

#### 4.4 Desarrollo de Investigación en Laboratorio

Las características fisicoquímicas de Orujo de Uva producido en las bodegas del departamento de Tarija se determinaron en el Centro de Investigación Análisis y Desarrollo de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

##### 4.4.1 Investigación del Proceso

Para la presente investigación se realizaron las siguientes actividades:

##### 4.4.1.1 Caracterización de materia prima “Orujo de Uva”

Para caracterizar el Orujo de Uva de vino tinto se realizó el análisis fisicoquímico respectivo de una muestra, considerando los parámetros mostrados en la Tabla IV-6.

**Tabla IV-6 Parámetros de Análisis de Materia Prima**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO</b>	<b>UNIDAD (por 100gr de orujo)</b>
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético.	Cálculo	Kcal/100g

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

#### **4.4.1.2 Recepción de la materia prima**

La recepción del orujo constituye un punto primordial a tener en cuenta. El orujo fermentado se recibe en bolsas oscuras de polietileno de baja densidad con el fin de conservarla.

#### **4.4.1.3 Almacenamiento y acondicionamiento.**

La materia prima se almacena y acondiciona en un heladera tipo Frezzer a  $-20^{\circ}\text{C}$  ya que a esta condición se evita la proliferación de bacterias.

El orujo se recolectó en la Vendimia 2018 (marzo – mayo), de las bodegas de la ciudad de Tarija, luego de ser extraído de las cubas de fermentación en bolsas oscuras de polietileno de baja densidad dentro un Frezzer a una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  para preservar al máximo su calidad microbiológica.

#### **4.4.1.4 Secado**

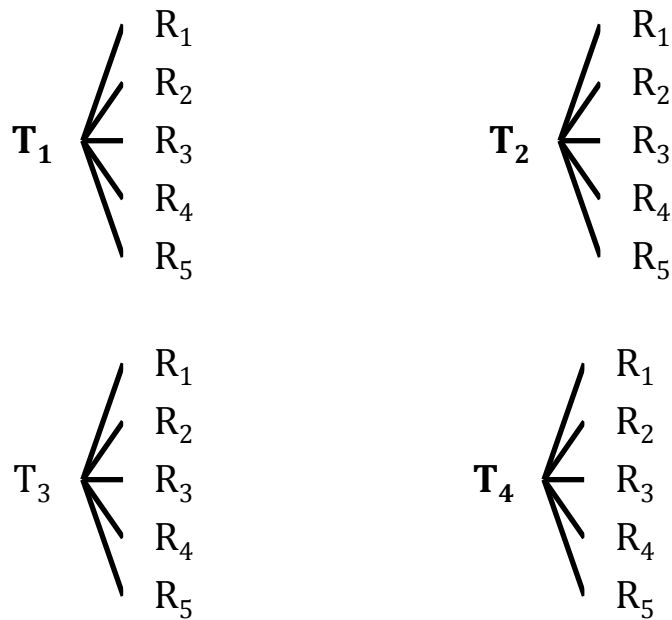
En esta etapa se reduce la humedad del orujo de uva a través del secado al vacío para evitar la oxidación de los antioxidantes.

Se realizan ensayos a las temperaturas de secado planteadas en el diseño experimental: (4 niveles) con el fin de obtener una condición óptima que permita

mantener las propiedades que caracterizaran el producto, tomando en cuenta que se debe llegar a la humedad de equilibrio en el secado de la materia prima.

Los planos experimentales son:

**Figura IV-2 Esquema de Planos Experimentales**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

Donde:

$T_1$  = Temperatura 50°C

$T_2$  = Temperatura 55°C

$T_3$  = Temperatura 60°C

$T_4$  = Temperatura 65°C

$R_1$  = Réplica 1

$R_2$  = Réplica 2

$R_3$ = Réplica 3

$R_4$ = Réplica 4

$R_5$ = Réplica 5

Se tomaron en cuenta dos puntos importantes: La pérdida de peso y la humedad de la materia prima con respecto al tiempo en función de la temperatura.

Se conecta el secador al vacío, regulando la temperatura de trabajo con la perilla de control y controlando a la vez con un termómetro; empleando para cada muestra el valor asignado para esta variable en el diseño experimental (50°C, 55°C, 60°C, 65°C)

#### Imagen IV-1 Regulación de Temperatura



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Una vez que el equipo llega a la temperatura de secado indicada, se introducen aproximadamente 5gr de Orujo de Uva húmedo en cajas Petri previamente taradas y codificadas de 20mm de diámetro. Cada ensayo con sus respectivas réplicas.

**Imagen IV-2 Pesado de orujo en caja Petri**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Imagen IV-3 Muestras introducidas en el Horno a Vacío**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Con las muestras introducidas en el secador, se encendió la bomba del secador para producir el vacío; trabajando así a -0,8 bar de presión según bibliografía.

#### **4.4.1.4.1 Pérdida de peso durante el secado del Orujo de Uva**

Para controlar la pérdida de peso del orujo contenido en la caja Petri, los datos deben registrarse en intervalos de 1 hora manteniendo constante la presión de vacío.

Pasada la hora; se apaga el equipo y con la ayuda de la perilla de control de presión se suelta el vacío hasta 0 bar y luego se sacan las muestras en un desecador durante 15 min para que las mismas no puedan absorber humedad y estabilicen su temperatura, luego de este lapso de tiempo se pesan las muestras y se anotó el dato.

**Imagen IV-4 Muestras de Orujo de Uva en el Desecador**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Las muestras se vuelven a introducir al secador al vacío y se repite el mismo proceso cada hora hasta llegar a un peso constante (Sólido Seco)

**Imagen IV-5 Muestras de Orujo de Uva seco**

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

El registro del tiempo de exposición de la muestra y el registro de la variación de la masa  $m_i$ , en ese tiempo, se muestran en las siguientes tablas, así como la gráfica donde se visualiza la tendencia de la pérdida de masa en el tiempo.

✓ **Determinación de contenido de sólido seco ( $S_s$ )**

**Condiciones de Secado**

T (°C) = 55

Peso Caja Petri vacía (g) = 35,902

Peso muestra  $m_i$  (g) = 40,046

En la Tabla IV-7 se muestra el registro de datos de variación de la masa de Orujo de Uva:

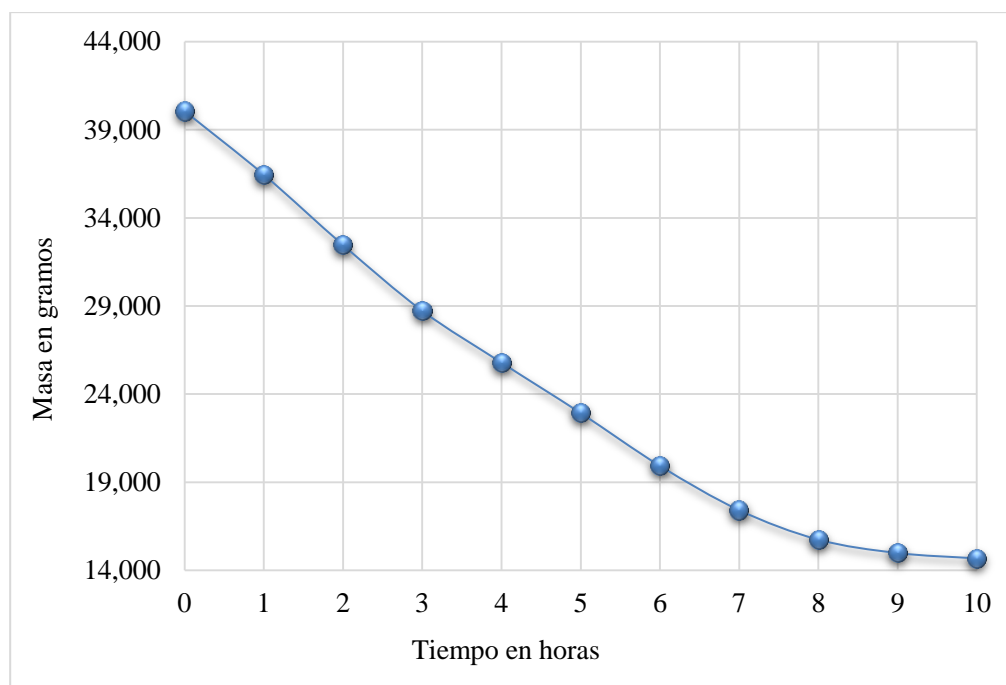


**Tabla IV-7 Variación de la masa de 40,046 gramos de Orujo de Uva**

Nº	tiempo (hrs)	Peso caja + Peso muestra seca (gr)	mi (gr)
1	0	75,948	40,046
2	1	72,349	36,447
3	2	68,356	32,454
4	3	64,626	28,724
5	4	61,687	25,785
6	5	58,825	22,923
7	6	55,831	19,929
8	7	53,318	17,416
9	8	51,644	15,742
10	9	50,884	14,982
11	10	50,577	14,675

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Gráfica IV-1 Curva de variación de la masa de 40,046 gramos de Orujo de Uva vs. Tiempo de secado a vacío T = 55°C**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Observando la Tabla IV-7 y la Gráfica IV-1 inferimos que el sólido seco del producto tiende a ser 14,675 gramos a una temperatura de 55 °C.

Para encontrar una ecuación que represente la variación de la masa respecto al tiempo se debe probar con algunos modelos matemáticos que se ajusten a la curva obtenida.

El modelo siguiente es el más cercano:

$$m = \frac{1}{At^3 + Bt^2 + Ct + D}$$

Donde:

m = Masa residual en el secado

t = Tiempo dado por pesada

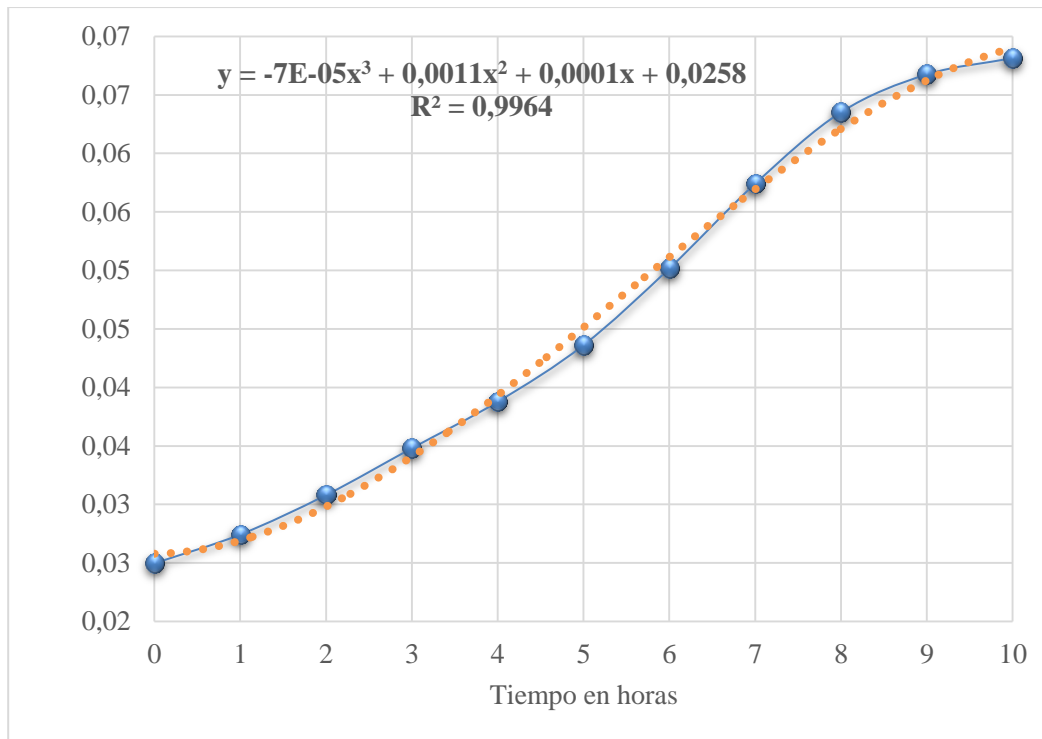
A, B, C, D = Coeficientes de ecuación

**Tabla IV-8 Tabla de Variación de Inversa de la masa**

Nº	Tiempo (hrs)	mi (gr)	1/ mi
1	0	40,046	0,025
2	1	36,447	0,027
3	2	32,454	0,031
4	3	28,724	0,035
5	4	25,785	0,039
6	5	22,923	0,044
7	6	19,929	0,050
8	7	17,416	0,057
9	8	15,742	0,064
10	9	14,982	0,067
11	10	14,675	0,068

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

**Gráfica IV-2 Curva de variación de la inversa de masa de 40,046 gramos de Orujo de Uva vs. Tiempo de secado al vacío T = 55°C**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

La ecuación resultante que se ajusta a la variación de la masa respecto al tiempo es:

$$y = -7E-05x^3 + 0,0011x^2 + 0,0001x + 0,0258$$

#### 4.4.1.4.2 Humedad

##### ✓ Determinación de Humedad en base seca (X)

Con el valor de  $S_s$  determinado en la muestra se puede calcular el contenido de humedad en base seca (X) con la fórmula presentada en la Teoría del trabajo.

$$X = \frac{m_i - S_s}{S_s}$$

Como ejemplo de cálculo para el primer valor se tiene:

$$X = \frac{40,046 \text{ g} - 14,675 \text{ g}}{14,675 \text{ g}}$$

$$X = 1,729 \text{ g H}_2\text{O/ g Ss}$$

$$X = 1,729 \text{ kg H}_2\text{O/kg Ss}$$

Para los datos restantes se tienen los valores mostrados en la Tabla IV-9

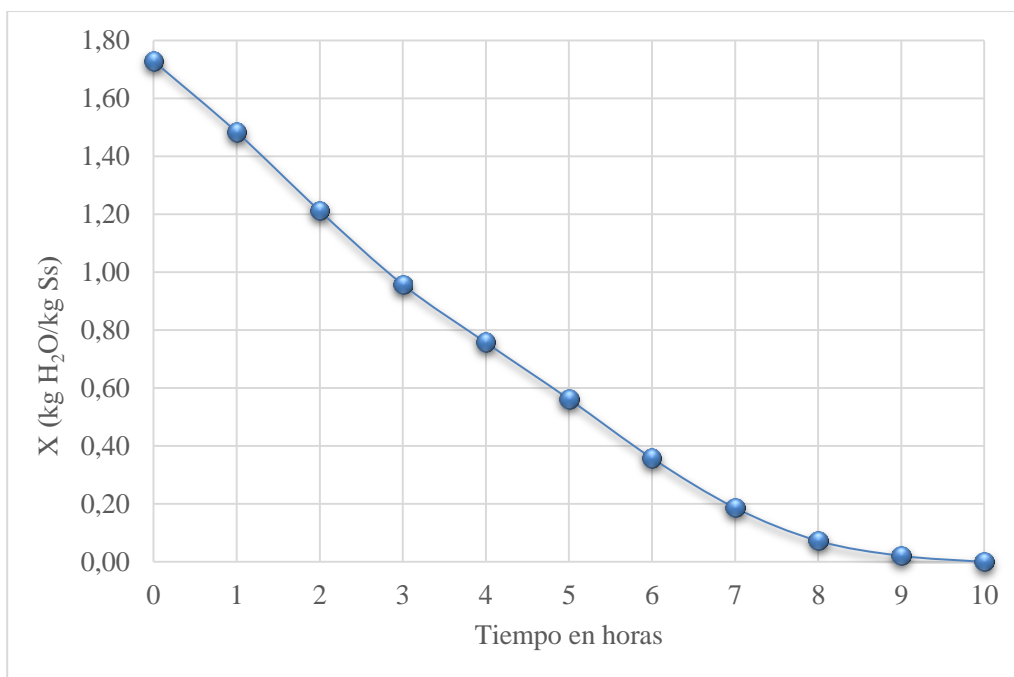
**Tabla IV-9 Variación de la humedad en Base Seca (X) de Orujo de Uva**

Nº	tiempo (hrs)	mi (gr)	X (kg H <sub>2</sub> O/kg Ss)	%X
1	0	40,046	1,729	172,9
2	1	36,447	1,484	148,4
3	2	32,454	1,212	121,2
4	3	28,724	0,957	95,70
5	4	25,785	0,757	75,7
6	5	22,923	0,562	56,2
7	6	19,929	0,358	35,8
8	7	17,416	0,187	18,7
9	8	15,742	0,073	7,3
10	9	14,982	0,021	2,1
11	10	14,675	0,000	-

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

En la Gráfica IV- 3 se muestra la representación de los datos anteriores:

**Gráfica IV-3 Contenido de humedad en base seca (X) de 40,046 gramos de orujo de uva**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

✓ **Determinación de Humedad en base húmeda (M)**

Con el valor de S<sub>s</sub> determinado en la muestra se puede calcular el contenido de humedad en base húmeda (M) con la fórmula presentada en la Teoría del Presente trabajo.

$$M = \frac{m_i - s_s}{m_i}$$

Como ejemplo de cálculo para el primer dato se tiene:

$$M = \frac{40,046 \text{ g} - 14,675 \text{ g}}{40,046 \text{ g}}$$

$$M = 0,6428 \text{ g H}_2\text{O/g sólido húmedo}$$

$$M = 0,6428 \text{ kg H}_2\text{O/kg Sólido húmedo}$$

$$\% M = 64,3$$

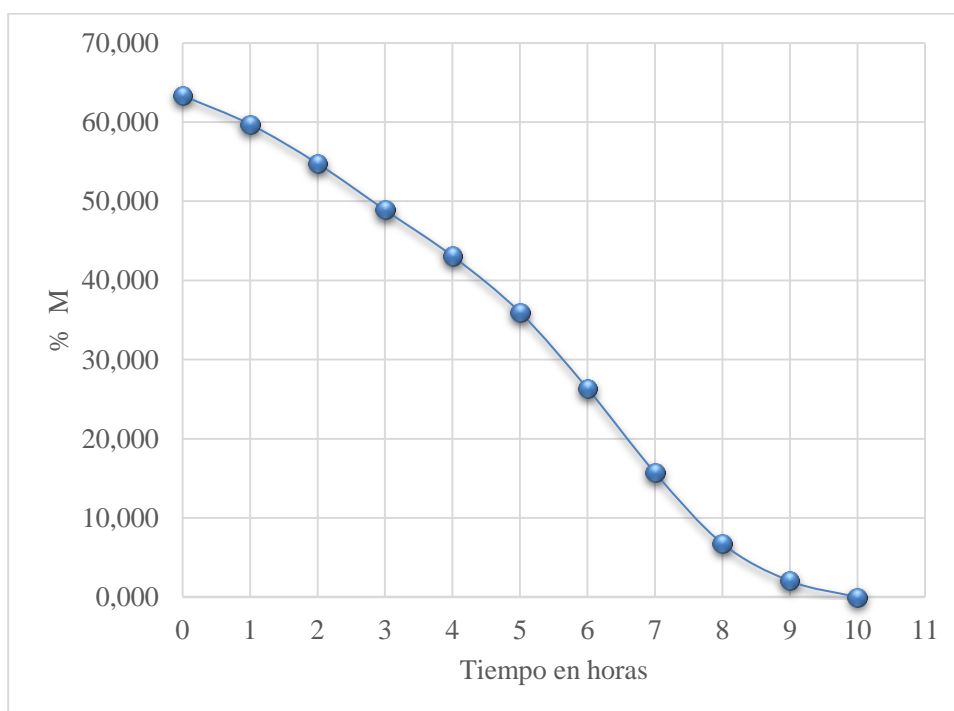
Para los datos restantes se tienen los valores mostrados en la Tabla IV-10

**Tabla IV-10 Variación de la humedad en Base Húmeda (M) de Orujo de Uva**

Nº	tiempo (hrs)	mi (g)	M (kg H <sub>2</sub> O/kg S <sub>H</sub> )	%M
1	0	40,046	0,634	63,355
2	1	36,447	0,597	59,736
3	2	32,454	0,548	54,782
4	3	28,724	0,489	48,910
5	4	25,785	0,431	43,087
6	5	22,923	0,360	35,981
7	6	19,929	0,264	26,364
8	7	17,416	0,157	15,738
9	8	15,742	0,068	6,778
10	9	14,982	0,020	2,049
11	10	14,675	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Gráfica IV-4 Contenido de humedad en base húmeda (M) de 40,046 gramos de orujo de uva**

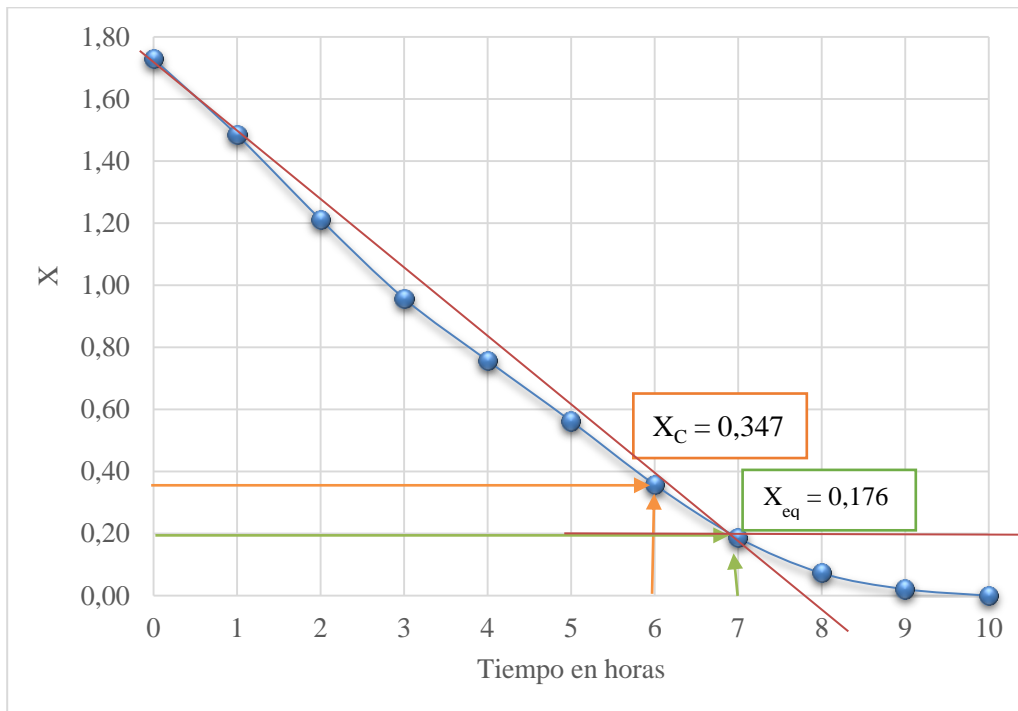


**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

✓ **Determinación de Humedad Crítica  $X_c$  y Humedad de equilibrio  $X_{eq}$**

La Humedad de equilibrio  $X_{eq}$  y Humedad Crítica  $X_c$  se determina empleando la gráfica de Humedad en Base Seca ( $X$ ) vs Tiempo Grafica IV-5.

**Gráfica IV-5 Determinación de  $X_{eq}$  y  $X_c$  en la curva de Humedad**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

De la gráfica se obtiene que  $X_c = 0,347$  y  $X_{eq} = 0,176$ .

La Humedad de equilibrio “ $X_{eq}$ ” es determinada después de dejar el sólido seco expuesto al ambiente, pasado un tiempo se pesó la muestra y se registró el dato.

La variación de masa  $m_i = 17,307g$ .

Este valor es reemplazado en la fórmula para calcular la humedad en base seca, de esta forma se obtiene la humedad de equilibrio  $X_{eq}$ .

Los cálculos para cada Ensayo se muestran en el ANEXO 3.

En esta grafica se observa que al principio la humedad del solido disminuye linealmente con el tiempo de secado porque en esta etapa es donde el sólido comienza a calentarse eliminando la humedad libre. Además, se observa el punto de inflexión representada por la intersección de las líneas rojas que también representa la  $X_{eq}$ .

#### 4.4.1.4.3 Cinética de Secado

##### ✓ Determinación de la Cinética de Secado

Para determinar la Cinética de Secado se aplica el “Método de 3 puntos” que sirve para encontrar la pendiente en cada uno de los puntos observados en los ensayos experimentales.

El modelo en el cual se relaciona la velocidad de secado con la humedad del sólido es la siguiente ecuación:

$$y = ax^n \text{ Ec. 1}$$

La ecuacion de velocidad a determinar en base a los datos de humedad vs Tiempo es:

$$- \frac{dx}{dt} = k X^n \text{ Ec. 2}$$

Con  $y_0$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  como datos experimentales y  $h = 1$  (como intervalo de tiempo) se aplica las ecuaciones:

$$y_a = \frac{-3y_0 + 4y_1 - y_2}{2h} \text{ Ec. 3}$$

$$y_b = \frac{-y_0 + y_2}{2h} \text{ Ec. 4}$$

$$y_c = \frac{y_0 - 4y_1 + 3y_2}{2h} \text{ Ec. 5}$$

Los resultados obtenidos son:



**Tabla IV-11 Resultados de Método de 3 Puntos T= 55°C**

tiempo (hrs)	X	(-dx/dt)	dX/dt	lnX	ln dX/dt
0	1,722	-0,235	0,235	-1,447	0,543
1	1,471	-0,283	0,283	-1,264	0,386
2	1,188	-0,280	0,280	-1,272	0,172
3	0,937	-0,223	0,223	-1,499	-0,065
4	0,734	-0,189	0,189	-1,666	-0,309
5	0,542	-0,196	0,196	-1,627	-0,613
6	0,347	-0,193	0,193	-1,646	-1,060
7	0,176	-0,146	0,146	-1,923	-1,734
8	0,065	-0,079	0,079	-2,541	-2,727
9	0,013	-0,028	0,028	-3,569	-4,375
10	0,000	0,008	-0,008	-	-

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

En la Tabla IV-11 se expone los resultados del logaritmo natural de la humedad en base seca y del diferencial de humedad en función del tiempo.

La ecuacion resultante después de linealizar ln X y ln dX/dt para la Velocidad de Secado es:

$$y = 0,4386x - 1,4164$$

$$a = 0,4386$$

$$b = -1,4164$$

Según el modelo matemático que representa la velocidad de secado se tiene:

$$\ln \left( -\frac{dX}{dt} \right) = n \ln X + \ln K$$

$$y = bX + a$$

Donde:

$$n = b \quad n = b = -1,4164$$

$$a = \ln k \quad K = e^a$$

$$k = e^a = e^{-1,4164} = 1,5505$$

Reemplazando los datos en la siguiente ecuación Ec. 2

$$-r_A = 1,5505 X^{-1,4164} \quad \text{Ec. 6}$$

Entonces la Ec.6 es la que representa la velocidad de secado de 40,046g de Orujo de Uva.

Con  $X_c = 0,347$  se pueden identificar los periodos de velocidad de secado y así mismo encontrar las ecuaciones que las representan.

Entonces se tiene:

- **Periodo Antecrítico**

La ecuacion resultante después de linealizar  $\ln X$  y  $\ln dX/dt$  hasta  $X_c$  como punto final para el periodo Antecrítico es:

$$y = 1,8846x - 2,6764$$

$$a = 1,8846$$

$$b = -2,6764$$

Según el modelo matemático que representa la velocidad de secado en este periodo se tiene:

$$\ln \left( -\frac{dX}{dt} \right) = n \ln X + \ln K$$

$$y = bX + a$$

Donde:

$$n = b$$

$$n = b = -2,674$$

$$a = \ln k \quad K = e^a$$

$$k = e^a = e^{1,8846} = 6,5837$$

Reemplazando los datos en la Ec.2 la ecuación de velocidad de secado en el periodo anticrítico es:

$$r_A = 6,5837 X^{-2,674}$$

- **Periodo Postcrítico**

La ecuación resultante de la linealización de  $\ln X$  y  $\ln dX/dt$  después de  $X_c$  hasta el último punto del periodo de Velocidad de Secado es:

$$y = 1,604x + 1,3493$$

$$a = -1,604$$

$$b = 1,3493$$

Según el modelo matemático que representa la velocidad de secado en este periodo se tiene:

$$\ln \left( -\frac{dX}{dt} \right) = n \ln X + \ln K$$

$$y = bX + a$$

Donde:

$$n = b \qquad n = b = 1,3493$$

$$a = \ln k \quad K = e^a$$

$$k = e^a = e^{-1,604} = 4,9728$$

Reemplazando los datos en la Ec. 2 la velocidad de secado en el periodo Postcritico es:

$$r_A = 4,9728 X^{1,3493}$$

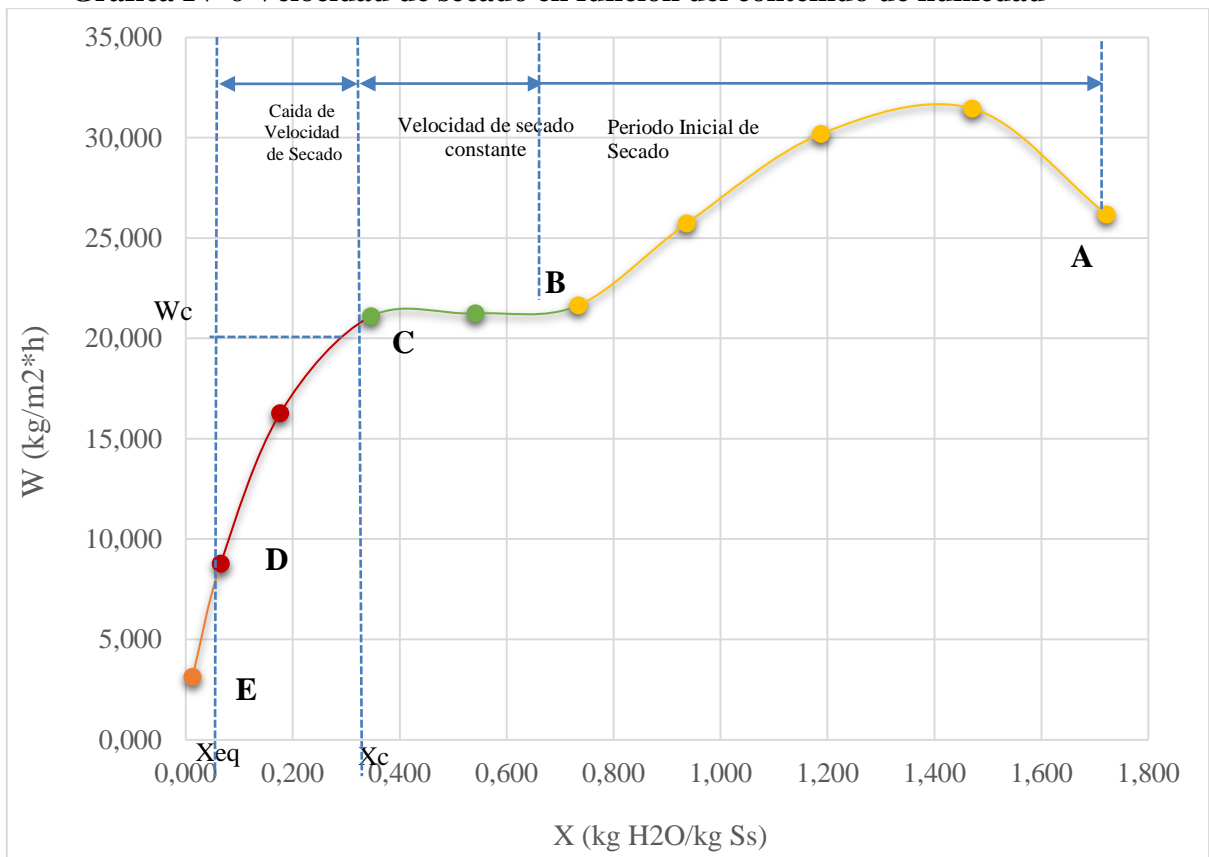
Sustituyendo los valores de  $r_A = (-dX/dt)$  en la Ecuación de velocidad de secado (W), se obtienen los siguientes resultados:

Tabla IV-12 Datos de Velocidad de secado

tiempo (hrs)	X (kg H <sub>2</sub> O/kg Ss)	dX/dt	W (kg/m <sup>2</sup> *h)
0	1,722	0,235	26,182
1	1,471	0,283	31,458
2	1,188	0,280	31,205
3	0,937	0,223	24,856
4	0,734	0,189	21,049
5	0,542	0,196	21,870
6	0,347	0,193	21,474
7	0,176	0,146	16,270
8	0,065	0,079	8,773
9	0,013	0,028	3,138
10	0,000	-	-

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Gráfica IV-6 Velocidad de secado en función del contenido de humedad



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En la Gráfica IV-6 se muestra el comportamiento de la velocidad de secado en función del contenido de humedad en base seca. Empezando en el tiempo cero el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A.

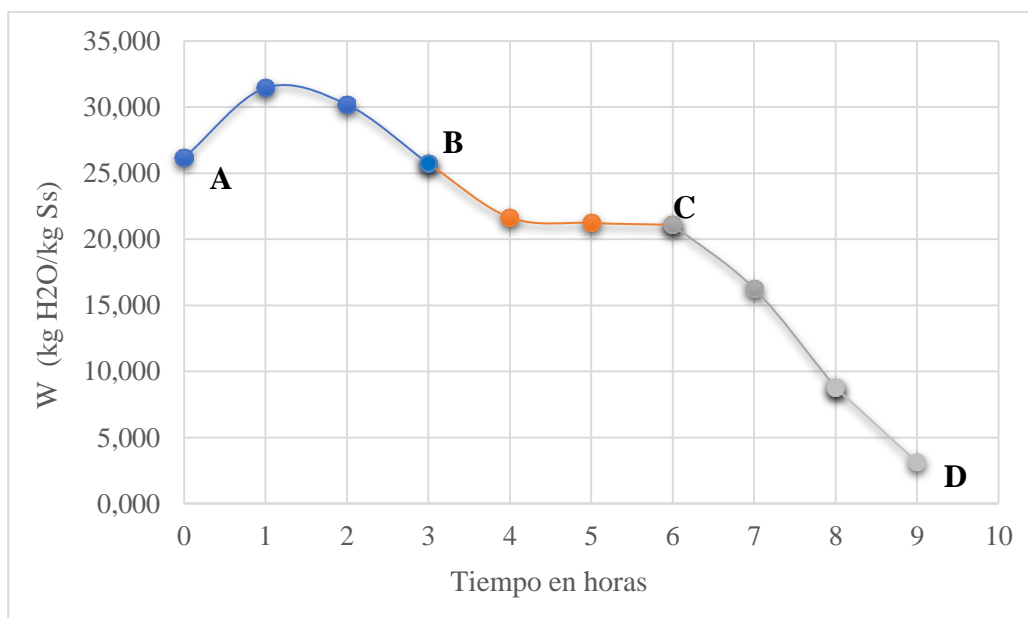
Al principio el Orujo de Uva esta a una temperatura inferior de la que tendrá al final y la velocidad de evaporación va en aumento. En este periodo inicial de A hasta B, la temperatura de la superficie va alcanzando su valor de equilibrio.

La recta entre el punto BC tiene una pendiente y velocidad constante. Durante este periodo, la superficie del sólido está muy húmeda al principio y sobre ella hay una película de agua continua. Esta capa de agua, es agua libre y actúa como si el sólido no estuviera presente.

Este periodo continúa mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora. Cuando la humedad desciende hasta el punto C, denominado la Humedad Crítica  $X_c$ , la velocidad de secado empieza a disminuir durante el periodo de velocidad decreciente con pendiente variable, hasta que la superficie queda seca en su totalidad, llegando al punto D.

El segundo periodo de velocidad decreciente empieza en el punto D, aquí la evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. La velocidad de secado tiene una pendiente variable. Es posible que la cantidad de humedad que se elimine durante este periodo sea bastante pequeña, pero aún así, el tiempo requerido puede ser largo.

**Gráfica IV-7 Velocidad de secado en función del tiempo**



**Fuente.** Elaboración Propia, 2019.

En la Gráfica IV-7 se observa el comportamiento de la velocidad de secado en función del tiempo. Al inicio la velocidad sube y luego empieza a descender hasta mantenerse constante en el periodo BC; a partir de este punto C la velocidad decae hasta el punto D.

#### 4.4.1.5 Tamizado 1

La masa seca de orujo de uva, se tamiza en la zaranda vibratoria “ORTO ALRESA” disponible en el LOU, de modo que la semilla quedó separada del hollejo. Se trabajó en 4 mallas de diferentes aberturas ordenadas de forma descendente descritas a continuación:

**Tabla IV-13 Equivalencias serie de Tamices UNE con ASTM**

Designación y abertura en mm UNE	Nº de malla ASTM
5	4
4	5
2	10
1	18

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### Imagen IV-6 Orden descendente de mallas en el tamiz vibratorio



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

Esta operación se realiza de la siguiente manera:

- La masa de orujo de uva seca es introducida en el tamiz vibratorio y con la perilla de regulación de tiempo se programa el proceso a 125 rpm durante 10 min para cada ensayo.

### Imagen IV-7 Regulación de condiciones para tamiz



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

- Pasado ese lapso de tiempo, se pesa cada tamiz con la masa de orujo retenida.
- Se observa que la semilla de uva se retiene en la malla N°10 (Norma ASTM). De esta forma la masa de hollejo de uva retenida en las otras mallas y la base es recuperada para el siguiente proceso.
- En el tamizado del orujo seco se toman datos que aplicados a la siguiente formula dan como resultado un porcentaje de retención en cada tamiz:

$$\%Retención = \frac{Masa\ Retenida}{Peso\ total} * 100$$

$$\%Pasa = 100 - \%Retención$$

Los datos registrados después de cada pesada, así como el porcentaje de retención y el porcentaje que pasa en cada tamiz se muestra en la Tabla IV-14.

**Tabla IV-14 Porcentaje de Retención en el Tamiz**

<b>N° Malla</b>	<b>Masa Retenida</b>	<b>%Retención</b>	<b>%Pasa</b>
<b>4</b>	3,119	21,254	78,746
<b>5</b>	1,693	11,537	88,463
<b>10</b>	6,647	45,295	54,705
<b>18</b>	1,200	8,177	91,823
<b>Colector</b>	2,016	13,738	86,262

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En la Tabla anterior se muestra que en tamiz con N° de malla 10, este N° de tamiz es el que retiene la mayor cantidad de semilla y por lo mismo este es el que separa la semilla del Hollejo.

✓ **Recuperación de hollejo en la separación**

El hollejo separado de la semilla se recupera sumando las masas retenidas en las mallas 4, 5 y 18 como se presenta en la Tabla IV-15.



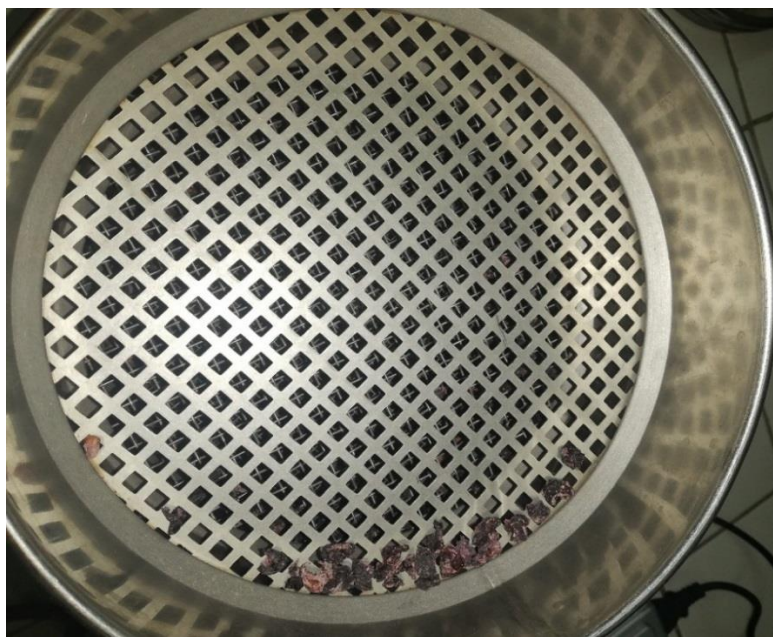
**Tabla IV-15 Recuperación de Hollejo en la Separación**

<b>N° REPLICA</b>	<b>Malla 4</b>	<b>Malla 5</b>	<b>Malla 18</b>	<b>Colector</b>	<b>Masa hollejo recuperado <math>\Sigma m</math> ret</b>
1	3,119	1,693	1,200	2,016	8,028
2	2,966	1,577	2,064	1,105	7,712
3	1,743	1,856	2,511	1,428	7,538
4	3,314	1,586	1,958	0,924	7,782
5	3,433	1,491	2,143	1,084	8,151

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En las siguientes imágenes se muestran las masas retenidas en cada tamiz:

**Imagen IV-8 Hollejo retenido en malla N°5**



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Imagen IV-9 Hollejo retenido en malla N°4**



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

**Imagen IV-10 Semilla retenida en malla N°2**



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

**Imagen IV-11 Hollejo retenido en malla N°1**



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

**Imagen IV-12 Masa de hollejo en el colector**



**Fuente:** Elaboración propia,2019

El hollejo recuperado y la semilla separada se muestran en la siguiente imagen:

### Imagen IV-13 Semilla separada

Masa de semilla separada



Masa de orujo recuperada



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

El hollejo separado es envasado en bolsas de plástico de polipropileno con un sellador y cubierto con papel aluminio; para así evitar que le llegue la luz.

### Imagen IV-14 Sellado de Hollejo seco



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

**Imagen IV-15 Hollejo envasado y recubierto con papel aluminio**



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

#### **4.4.1.6 Molienda**

Una vez obtenido el hollejo después del tamizado, se procede a moler en un molino eléctrico de martillos “Molino de Laboratorio 120” del Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo, hasta alcanzar la granulometría requerida, obteniendo de esta forma la harina.

El tamaño de partícula en este proceso está en función de la aplicación que se le va a dar al producto tal como se explica en la etapa de molienda el Capítulo anterior.

Este proceso se ejecuta de la siguiente forma:

Se acopla una bolsa de polietileno de baja densidad con cierre hermético para recibir el hollejo molido.

Se ajusta la bolsa colectora deslizando la boca de la misma sobre la salida de la cámara de molienda. Por otra parte, se coloca una tolva en el extremo del codo de alimentación para introducir la muestra.

**Imagen IV-16 Adaptación de bolsa colectora**

**Fuente:** Elaboración propia,2019.

Se conecta el equipo a la red eléctrica y se pone en funcionamiento con el botón de encendido. La muestra de hollejo seca es introducida poco a poco, y el proceso de molienda dura aproximadamente durante 1,5 minutos por muestra.

**Imagen IV-17 Introducción de Hollejo de Uva al Molino**

**Fuente:** Elaboración propia,2019.

Terminada la molienda, se retira la bolsa colectora con mucho cuidado e inmediatamente se vierte la muestra en una caja Petri previamente tarada para pesar el producto final molido y registrar el dato.

#### Imagen IV-18 Pesado de Producto final obtenido



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Terminado este proceso se realiza el tamizado final, el cual se explica en la siguiente etapa.

#### 4.4.1.7 Tamizado 2

Esta etapa se realiza para comprobar que la harina obtenida cumpla con los requerimientos de tamaño de partícula en función de su aplicación.

La harina final obtenida se tamiza en mallas N°35 y N°50 (Norma ASTM) para su aplicación en la industria alimenticia e industria nutracéutica respectivamente.

Realizada una etapa molienda, se hace pasar la harina por la malla N°35, se verifica que la totalidad del producto atraviese el tamiz.

Para que la harina final pueda pasar la malla N°50 y cumpla el tamaño de partícula requerida; se realiza otra etapa adicional de molienda al producto final obtenido de la primera etapa.



El producto final es sellado en una bolsa de polipropileno y cubierto con papel aluminio para los posteriores análisis correspondientes.

#### **Imagen IV-19 Sellado de Harina de Orujo de Uva**



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

Se realiza el mismo procedimiento para cada réplica; cada una con su respectiva bolsa colectora de harina y pesada en diferentes cajas Petri, todas estas anticipadamente rotuladas.

**Imagen IV-20 Ensayos de Harina de Orujo de Uva obtenidos y acondicionados para Análisis**



**Fuente:** Elaboración propia,2019.

Los datos registrados y resultados calculados en cada ensayo con su respectiva réplica, se muestran en el ANEXO 3.

## 4.4.2 Análisis de producto final

### 4.4.2.1 Cuantificación de Antioxidantes en ensayos

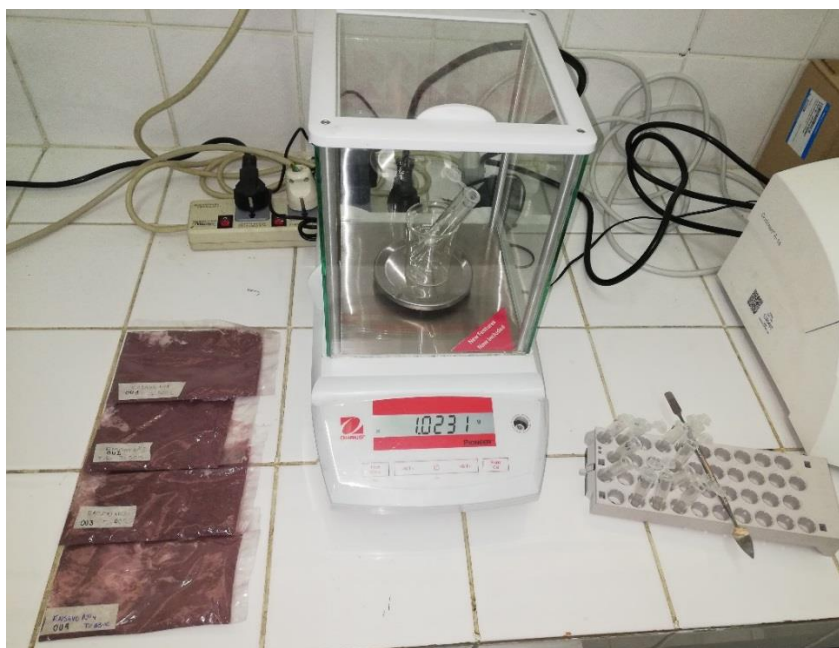
Las pruebas de actividad antioxidante se realizaron en el Instituto de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés a través de métodos estandarizados colorimétricos en un Lector de microplacas para absorbancia.

#### 4.4.2.1.1 Preparación de muestras

Todas las muestras de Harina de Orujo de Uva son extraídas previamente con metanol al 90% en base a un protocolo dado mostrado en el ANEXO 2.

A continuación, se muestran figuras de este proceso

**Imagen IV-21 Muestras en ependorf**



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Imagen IV-22 Sonicador (Extracción de muestras)**



**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

**Imagen IV-23 Centrifugadora**



**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

#### 4.4.2.1.2 Método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

El método FRAP evalúa la capacidad antioxidante de una muestra de acuerdo con su capacidad para reducir el complejo amarillo de  $Fe^{3+}$ -TPTZ (2, 4, 6-tripiridil-striazina) al complejo azul de  $Fe^{2+}$ -TPTZ. Este último complejo tiene un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590-595 nm. (Peñarrieta, 2008)

**Tabla IV-16 Curva estándar, método FRAP**

N°	Concentración de Trolox $\mu\text{m}$	Agua $\mu\text{L}$	Trolox $\mu\text{L}$	FRAP $\mu\text{L}$
1	100	90	30	900
2	250	90	30	900
3	500	90	30	900
4	750	90	30	900
5	1000	90	30	900

**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

Para el cálculo de TAC de los extractos por FRAP se usaron las ecuaciones.

$$TAC (\mu\text{mol/g}) = Abs \text{ pend} \times (S+B H) \times (H-P S) \times f. d. \times 0.001$$

$$TAC (\mu\text{mol/g}) = \% I \text{ pend} \times (S+B H) \times (H-P S) \times f. d. \times 0.001$$

Dónde:

TAC = Capacidad Antioxidante en Equivalentes de Trolox

Abs = Absorbancia de la muestra (FRAP)

Pend = Pendiente de la curva de calibración ( $\mu\text{mol/L}$ )

S = Peso de la muestra de uva inicial

B = Peso del metanol añadido (obtenido por diferencia de pesos)

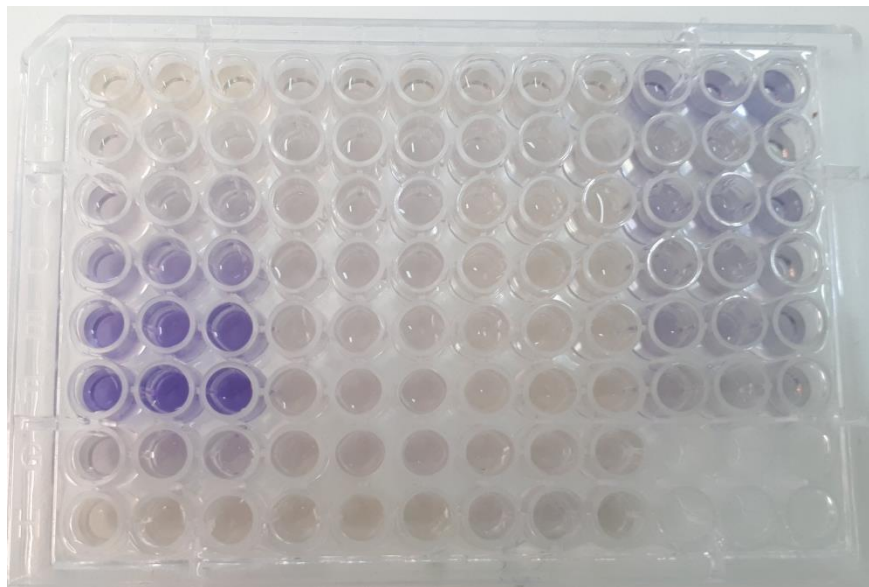
H = Peso del homogenizado en el tubo después del sonicado.

P = Peso de la pulpa seca

f.d. = Factor de dilución de la muestra

0.001 = Factor de conversión de [L] a [g]

#### **Imagen IV-24 Placa de lectura, método FRAP**



**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

#### **4.4.2.1.3 Método Fenoles Totales**

Los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu en medio básico dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm. Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico, el ácido fosfomolibdotúngstico formado, de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es la que se mide para evaluar el contenido en polifenoles. (Peñarrieta, Alvarado, Akesson, & Bergenståhl, 2008)

**Tabla IV-17 Curva estándar, Fenoles Totales**

N°	Concentración de ácido gálico ppm	Ácido gálico $\mu\text{L}$	Folin $\mu\text{L}$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ mL
1	20	50	1000	0,5
2	40	50	1000	0,5
3	60	50	1000	0,5
4	80	50	1000	0,5
5	100	50	1000	0,5

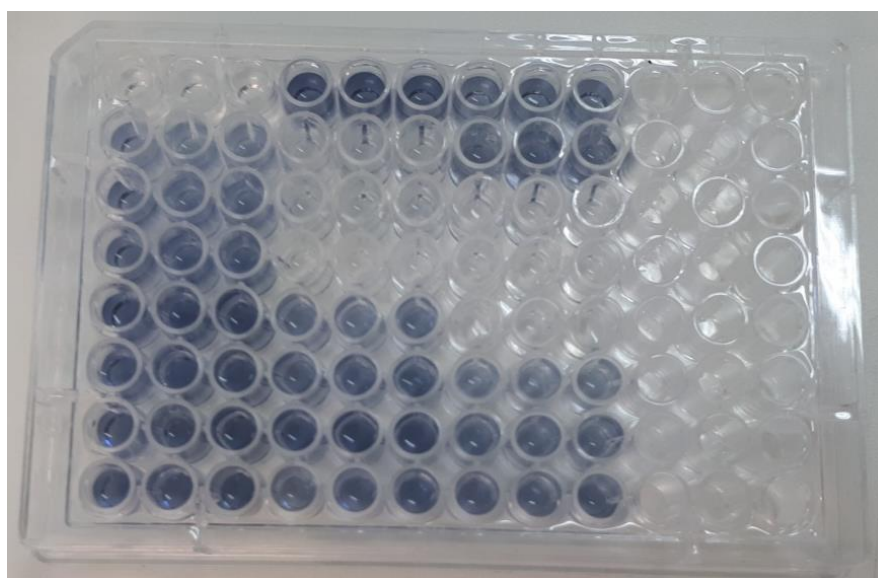
**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

Para el cálculo de TAC de Fenoles Totales:

$$GAE [\mu\text{mol}/g] = \frac{Abs}{pend} \times \left(\frac{S+B}{H}\right) \times \left(\frac{H-P}{S}\right) \times \frac{f.d.}{P.M.}$$

Fórmula para calcular GAE. Fenoles Totales Donde P.M. es el peso molecular del ácido gálico.

**Imagen IV-25 Placa de lectura, Fenoles Totales**



**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

#### 4.4.2.1.4 Método ABTS

Este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS<sup>+</sup>, debido a su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes. El radical catiónico ABTS<sup>+</sup> es un cromóforo verde azulado que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis- (3- etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. De esta manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS<sup>+</sup> está determinado en función a la concentración. (Peñarrieta, Alvarado, Akesson, & Bergenståhl, 2008)

**Tabla IV-18 Curva estándar, Método ABTS**

<b>Trolox 200 μM (μL)</b>	<b>Buffer pH 5 (μL)</b>	<b>Concentración Trolox (μM)</b>	<b>Volumen Total</b>
0	100	0	100
100	900	20	1000
250	750	50	1000
500	500	100	1000
750	250	150	1000
100	0	200	100

**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

Para el cálculo de TAC por el método ABTS, primero se debe calcular el porcentaje de Inhibición:

$$\% \text{ de Inhibición} = \frac{(Abs_{Blanco} - Abs_{Muestra})}{Abs_{Blanco}} \times 100$$

Cálculo del % de Inhibición

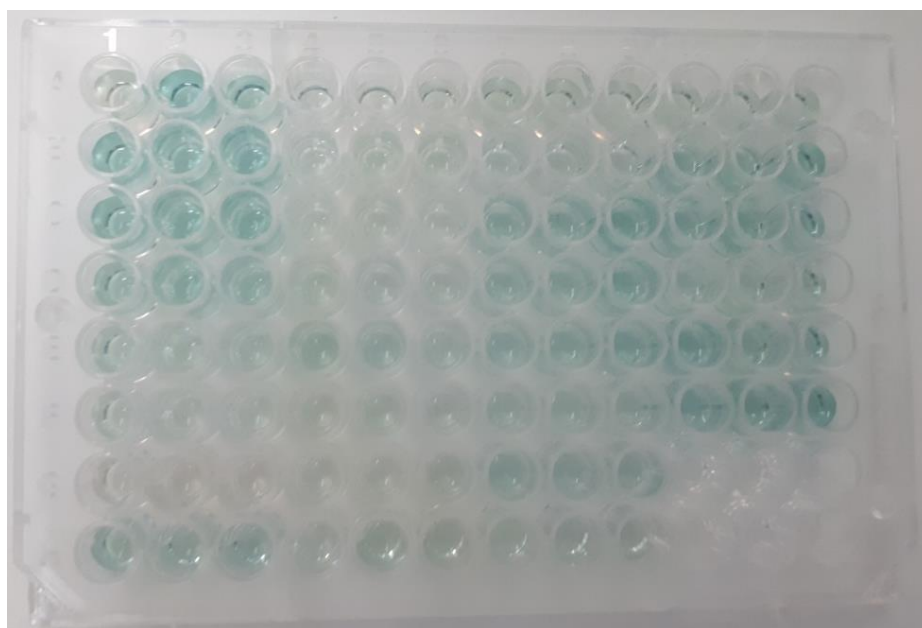


Con los datos de % de inhibición:

$$TAC (\mu mol/g) = \frac{\% I}{pend} \times \left( \frac{S + B}{H} \right) \times \left( \frac{H - P}{S} \right) \times f. d. \times 0.001$$

Cálculo de TAC, ABTS

#### Imagen IV-26 Placa de lectura, ABTS



**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

#### 4.4.2.2 Cuantificación de Resveratrol en ensayos

La técnica empleada en esta determinación es el HPLC (High Performance Liquid Chromatography), esta una técnica de cromatografía en columna que bombea una muestra o mezcla de analitos con un solvente (fase móvil) con alta presión a través de la columna que contiene la fase estacionaria. Este método tiene la capacidad de separar e identificar los compuestos presentes en una mezcla o muestra.

**Tabla IV-19 Método de análisis, HPLC**

Tiempo min.	% de Metanol
0	20
5	30
10	40
15	50
17	65
19	80
25	20

**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

El tiempo total de cada experimento es de 25 minutos.

El Resveratrol es medido por un detector de arreglo de diodos a 310nm y 530nm respectivamente.

**Imagen IV-27 Equipo, HPLC**

**Fuente:** FCNP/ CCQ,2019.

#### 4.4.2.3 Evaluación sensorial en ensayos

La evaluación sensorial se realiza para poder determinar cuál ensayo es el óptimo debido a que los productos finales obtenidos a diferentes condiciones de Temperatura en la etapa de secado; presentaron características considerables.

Estas pruebas se desarrollan con un panel de 12 jueces. El modelo de Test aplicado donde se califican los siguientes atributos de color, olor y sabor, y la ponderación de cada uno de ellos se muestra a continuación:

**Tabla IV-20 Escala de Puntuación para Evaluación Sensorial**

ATRIBUTO		PUNTUACIÓN	
<b>COLOR</b> <b>25 PUNTOS</b>	COLOR PROPIO DE VINO TINTO	SI	25
		NO	0
<b>OLOR</b> <b>25 PUNTOS</b>	OLOR PROPIO	SI	12,5
		NO	0
	RASTRO DE OLOR	SI	12,5
		NO	0
<b>SABOR</b> <b>50 PUNTOS</b>	DULCE	SI	12,5
		NO	0
	AMARGO	SI	12,5
		NO	0
	ACIDO	SI	12,5
		NO	0
	SALADO	SI	12,5
		NO	0

**Fuente:** Elaboración propia,2019.

## TEST DE PRUEBAS HEDÓNICAS PARA HARINA DE ORUJO UVA

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

### COLOR (25 PUNTOS)

#### Instrucciones

- ✓ Observe el producto que se presenta a continuación.
- ✓ Por favor marque con una X, en la casilla que esta junto a la opción que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de observar.

1. ¿Le parece que el producto conserva el color de uva de variedad tinta?

Nº ENSAYO	OPCIONES	
	SÍ	NO
ENSAYO Nº1		
ENSAYO Nº2		
ENSAYO Nº3		
ENSAYO Nº4		

### OLOR (25 PUNTOS)

#### Instrucciones

- ✓ Acérquese al producto que se presenta a continuación de modo que pueda sentir el aroma que tiene.
- ✓ Por favor marque con una X, la casilla que esta junto a la opción que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de percibir.

1. ¿Tiene olor propio de uva? (12,5 PUNTOS)

Nº ENSAYO	OPCIONES	
	SÍ	NO
ENSAYO Nº1		
ENSAYO Nº2		
ENSAYO Nº3		
ENSAYO Nº4		

2. ¿Tiene algún rastro de otros olores? (12,5 PUNTOS)

N° ENSAYO	OPCIONES	
	SÍ	NO
ENSAYO N°1		
ENSAYO N°2		
ENSAYO N°3		
ENSAYO N°4		

### SABOR (50 PUNTOS)

#### Instrucciones

- ✓ Pruebe el producto que se presenta a continuación.
- ✓ Por favor marque con una X, en la casilla que esta junto a la opción que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.

ENSAYO N°1		
OPCIONES	SÍ	NO
DULCE		
AMARGO		
ÁCIDO		
SALADO		

ENSAYO N°2		
OPCIONES	SÍ	NO
DULCE		
AMARGO		
ÁCIDO		
SALADO		

ENSAYO N°3		
OPCIONES	SÍ	NO
DULCE		
AMARGO		
ÁCIDO		
SALADO		

ENSAYO N°4		
OPCIONES	SÍ	NO
DULCE		
AMARGO		
ÁCIDO		
SALADO		

**Comentarios.**

.....

.....

.....

.....

**FIRMA**

A continuación, se muestran fotografías de la Evaluación Sensorial realizada:

**Imagen IV-28 Ensayos preparados para la Evaluación Sensorial**



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

**Imagen IV-29 Evaluación sensorial de ensayos a diferentes condiciones de Secado**



**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

#### 4.4.3 Caracterización fisicoquímica del producto final obtenido

El análisis fisicoquímico de la Harina de Orujo de Uva se realiza considerando los parámetros mostrados en la Tabla:

**Tabla IV-21 Parámetros de Análisis de Producto Final**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO</b>	<b>UNIDAD (por 100gr de orujo)</b>
Ceniza	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 313019:06	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético.	Cálculo	Kcal/100g

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

#### 4.4.4 Balance de Materia y Energía

El balance de materia y energía del proceso es el siguiente:

##### 4.4.4.1 Balance de materia

El balance de materia en el proceso de elaboración de “Harina de Orujo de Uva” muestra la cuantificación de la transformación de la materia prima en el producto final.

La simbología a usar para el cálculo del balance de materia se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla IV-22 Nomenclatura de Corrientes y Componentes para Balance de Materia**

<b>NOMENCLATURA DE CORRIENTES</b>	
MOU1	Masa de Orujo de Uva 1



NOMENCLATURA DE CORRIENTES	
MOU2	Masa de Orujo de Uva 2
MSOU	Masa Seca de Orujo de Uva
MAE	Masa de Agua Evaporada
MSEOU	Masa de Semilla de Orujo de Uva
MPERH	Masa de Pérdidas de Hollejo
MHOS	Masa de Hollejo Seco
MHOM	Masa de Hollejo Molido
MPERHM	Masa de Pérdidas de Hollejo Molido
MHOU	Masa de Harina de Orujo de Uva

NOMENCLATURA PARA COMPONENTES:	
$X_{H_2O}$	Fracción de Agua que entra al secador
$X_{SEM}$	Fracción de Semilla que entra al secador
$X_{HOLL}$	Fracción de Hollejo que entra al secador
$Z_{SEM}$	Fracción de Semilla que sale del secador
$Z_{HOLL}$	Fracción de Hollejo que sale del secador
$Y_{H_2O}$	Fracción de Agua que sale del secador
$B_{HOLL}$	Fracción de Hollejo que sale del tamizador
$A_{SEM}$	Fracción de Semilla que sale del tamizador
$C_{HOLL}$	Fracción de hollejo que sale del tamizador
$D_{HOLL}$	Fracción de hollejo que sale de la molienda
$E_{HOLL}$	Fracción de hollejo que sale con pérdidas de la molienda

**Fuente:**  
Elaboración propia, 2019. De acuerdo a los datos obtenidos

idos experimentalmente se analiza el balance de materia partiendo de la etapa de molienda hasta llegar a la primera etapa del proceso. Se describe el balance materia en cada etapa considerando que durante el proceso se registraron los siguientes datos:

$$\text{MOU1} = 40,034 \text{ g}$$

$$\text{MOU2} = 40,034 \text{ g}$$

$$\text{MSOU} = 14,298 \text{ g}$$

$$\text{MAE} = ?$$

$$\text{MSEOU} = 6,198 \text{ g}$$

$$\text{MPERH} = ?$$

$$\text{MHOS} = 7,074 \text{ g}$$

$$\text{MHOM} = 5,931 \text{ g}$$

$$\text{MPERHM} = ?$$

#### 4.4.4.1.1 Envasado

Esta etapa como última del proceso de la elaboración no presenta cálculos a desarrollar puesto que el producto molido es directamente envasado.



#### ✓ Balance Global

Conociendo el valor de  $\text{MHOU} = 5,931 \text{ g}$

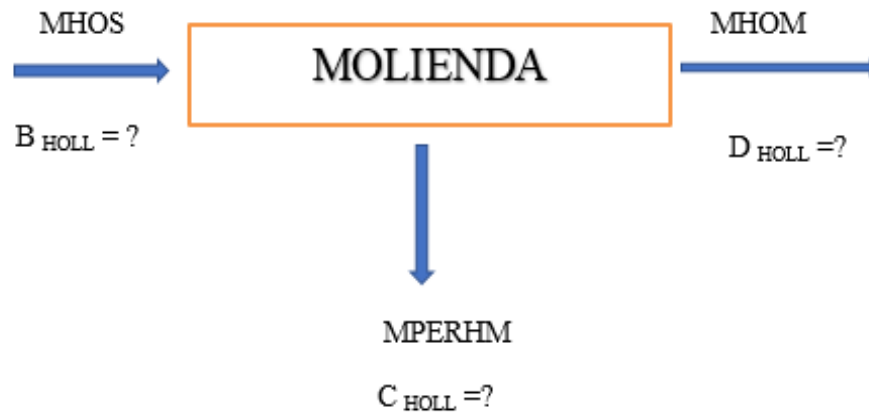
Se tiene:

$$\text{MOHM} = \text{MHOU}$$

$$\text{MOHM} = 5,931 \text{ g}$$

#### 4.4.4.1.2 Molienda

La transformación del hollejo a grano fino presenta pérdidas considerables; por lo que se realiza los cálculos correspondientes.



✓ **Balance Global**

Con  $M_{OHM} = 5,931$  g y  $M_{HOS} = 7,074$  g experimentalmente obtenido se calcula la Masa de Pérdidas de Hollejo Molido.

$$\begin{aligned}
 M_{HOS} &= M_{HOM} + M_{PERHM} \\
 M_{PERHM} &= M_{HOS} - M_{HOM} \\
 M_{PERHM} &= 7,074 \text{ g} - 5,931 \text{ g} \\
 \mathbf{M_{PERHM}} &= \mathbf{1,143 \text{ g}}
 \end{aligned}$$

✓ **Balance por Componente**

*Para Hollejo:*

$$M_{HOS} * B_{holle} = M_{PERHM} * E_{holle} + M_{HOM} * D_{holle}$$

Considerando que en esta etapa se trabaja con Hollejo puro se puede decir que:

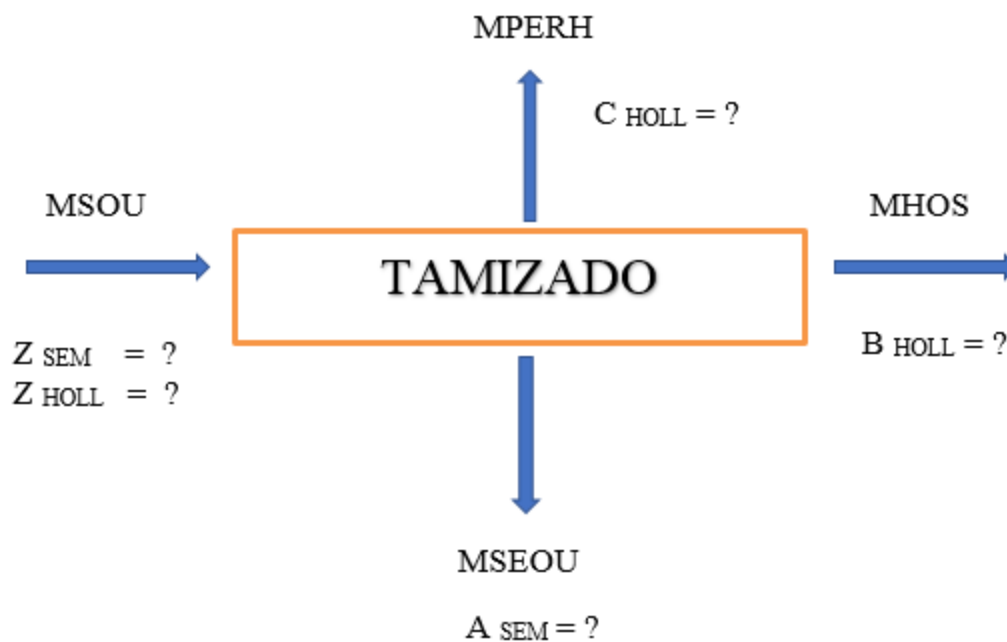
$$B_{holl} = E_{holl} = D_{holl} = 1$$

En efecto:

$$\begin{aligned}
 M_{HOS} &= M_{HOM} + M_{PERHM} \\
 7,074 \text{ g} &= 5,931 \text{ g} + 1,143 \text{ g} \\
 7,074 \text{ g} &= 7,074 \text{ g}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.4.1.3 Tamizado

En el tamizado se da un proceso de separación fundamental para la elaboración de Harina de Orujo de Uva; por lo mismo en esta etapa se calcula la fracción de semilla y hollejo que entra al tamizador.



#### ✓ Balance Global

$$\text{MSOU} = \text{MPERH} + \text{MSEOU} + \text{MHOS}$$

$$\text{MPERH} = \text{MSOU} - \text{MSEOU} - \text{MHOS}$$

Con los datos experimentalmente obtenidos

$$\text{MSOU} = 14,298 \text{ g}$$

$$\text{MSEOU} = 6,832 \text{ g}$$

$$\text{MHOS} = 7,074$$

Se calcula la Masa de Pérdidas de Hollejo que sale del tamizador:

$$\text{MPERH} = 14,298 \text{ g} - 7,074 \text{ g} - 6,832 \text{ g}$$

$$\text{MPERH} = 0,392 \text{ g}$$

✓ **Balance por Componente**

*Para Semilla:*

$$MSOU * Z_{SEM} = MSEOUE * A_{SEM}$$

Considerando que la corriente de MSEOUE es pura; se puede decir que  $A_{SEM} = 1$

Entonces:

$$Z_{SEM} = \frac{MSEOUE * A_{SEM}}{MSOU}$$

$$Z_{SEM} = \frac{6,832 \text{ g} * 1}{14,298 \text{ g}} = 0,477$$

$$\mathbf{Z_{SEM} = 0,477}$$

*Para Hollejo:*

$$MSOU * Z_{HOLL} = MHOS * B_{HOLL} + MPEH * C_{HOLL}$$

Considerando que la corriente de MHOS y MPEH tiene solo Hollejo; se puede decir que  $B_{HOLL} = 1$  y  $C_{HOLL} = 1$ .

Conociendo también el valor calculado de MPEH = 0,392 g en el Balance General

Se tiene:

$$Z_{HOLL} = \frac{MHOS * B_{HOLL} + MPEH * C_{HOLL}}{MSOU}$$

$$Z_{HOLL} = \frac{7,074 \text{ g} * 1 + 0,392 \text{ g} * 1}{14,298 \text{ g}} = 0,5221$$

$$\mathbf{Z_{HOLL} = 0,522}$$

Sabiendo que  $Z_{SEM} + Z_{HOLL} = 1$  y a manera de comprobar los resultados calculados se tiene:

$$0,477 + 0,522 = 0,999$$

Este cálculo afirma que las fracciones determinadas de componentes que entran al tamizador son exactas.

#### 4.4.4.1.4 Secado

En el secado al vacío se estudian 3 componentes dentro la corriente ya que en esta etapa se trabaja con orujo de uva húmedo.



#### ✓ Balance Global

$$\text{MOU2} = \text{MSOU} + \text{MAE}$$

$$\text{MAE} = \text{MOU2} - \text{MSOU}$$

Tomando en cuenta que en el Análisis de balance en la Recepción y Acondicionamiento; la masa de la materia prima se mantiene constante se deduce que:

$$\text{MOU1} = \text{MOU2}$$

$$\text{MOU2} = 40,034 \text{ gr}$$

Asimismo, se conoce que  $\text{MSOU} = 14,298 \text{ g}$

Entonces:

$$\text{MAE} = 40,034 \text{ g} - 14,298 \text{ g}$$

$$\text{MAE} = \mathbf{25,736 \text{ g}}$$

✓ **Balance por Componente**

*Para Semilla:*

$$\text{MOU2} * X_{\text{SEM}} = \text{MSOU} * Z_{\text{SEM}}$$

Empleando el valor calculado de  $Z_{\text{SEM}} = 0,4778$  en la etapa anterior, se desarrolla la ecuación para determinar  $X_{\text{SEM}}$  que entra al secador.

Entonces:

$$X_{\text{SEM}} = \frac{\text{MSOU} * Z_{\text{SEM}}}{\text{MOU2}}$$

$$X_{\text{SEM}} = \frac{14,298 \text{ g} * 0,4778}{40,034 \text{ g}} = 0,171$$

$$\mathbf{X_{SEM} = 0,170}$$

*Para Hollejo:*

$$\text{MOU2} * X_{\text{HOLL}} = \text{MSOU} * Z_{\text{HOLL}}$$

Empleando el valor calculado de  $Z_{\text{HOLL}} = 0,522$  en la etapa anterior, se desarrolla la ecuación para determinar  $X_{\text{HOLL}}$  que entra al secador.

Entonces:

$$X_{\text{HOLL}} = \frac{\text{MSOU} * Z_{\text{HOLL}}}{\text{MOU2}}$$

$$X_{\text{HOLL}} = \frac{14,298 \text{ g} * 0,5221}{40,034 \text{ g}} = 0,186$$

$$\mathbf{X_{HOLL} = 0,186}$$

*Para Agua:*

$$\text{MOU2} * X_{\text{H2O}} = \text{MAE} * Y_{\text{H2O}} + \text{MSOU} * Z_{\text{H2O}}$$

Sabiendo que la Masa de Agua Evaporada tiene  $Y_{\text{H2O}} = 1$  y considerando que la corriente de salida de Masa Seca de Orujo de Uva sale del secador con un porcentaje de humedad se tiene:

$Z_{\text{H2O}} = 0,058$  (Determinada como la Humedad de Equilibrio)

Entonces se desarrolla la ecuación para determinar la fracción de agua que entra con el Orujo de uva:

$$X_{H_2O} = \frac{MAE \cdot Y_{H_2O} \cdot MSOU \cdot Z_{H_2O}}{MOU2}$$

$$X_{H_2O} = \frac{25,736 \text{ g} \cdot 1 + 14,298 \text{ g} \cdot 0,058}{40,034 \text{ g}} = 0,663$$

$$X_{H_2O} = 0,663$$

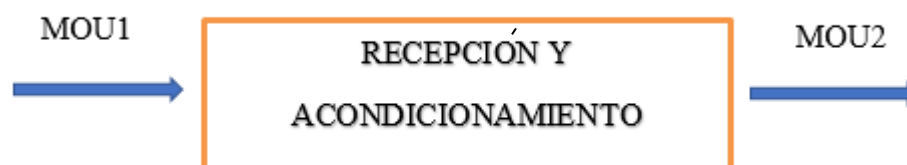
Sabiendo que  $X_{SEM} + X_{HOLL} + X_{H_2O} = 1$  y a manera de comprobar los resultados calculados se tiene:

$$0,170 + 0,186 + 0,663 = 1$$

Este cálculo afirma que las fracciones determinadas de los 3 componentes que entran al tamizador son exactas.

#### 4.4.4.1.5 Recepción y Acondicionamiento

En esta etapa no existe un proceso de transformación de la materia por lo que tampoco existen pérdidas.



#### ✓ Balance Global

$$MOU1 = MOU2$$

$$MOU2 = 40,034 \text{ gr}$$

$$\text{Perdidas} = 0$$

#### 4.4.4.2 Balance de Energía

La simbología a usar para el cálculo del balance de materia se muestra en la siguiente tabla:



**Tabla IV-23 Nomenclatura de Corrientes para Balance de Energía**

<b>NOMENCLATURA DE CORRIENTES</b>	
MOU2	Masa de Orujo de Uva 2
MSOU	Masa Seca de Orujo de Uva
MAE	Masa de Agua Evaporada
$Q_{cedido}$	Calor cedido
$Q_{ganado}$	Calor ganado

**Fuente:** Elaboración propia,2019.

**Tabla IV-24 Nomenclatura de variables para Balance de Energía**

<b>NOMENCLATURA DE VARIABLES</b>	
P sist	Presión del sistema
P atm	Presión atmosférica en Tarija
P red	Presión de vacío
$C_{p_{OU}}$	Capacidad calorífica del Orujo de Uva
$t_s$	Temperatura de secado
$t_{ambiente}$	Temperatura del ambiente
$C_{p_{agua}}$	Capacidad calorífica del agua
$t_{eb\ agua}$	Temperatura de ebullición del agua

**Fuente:** Elaboración propia,2019.

#### 4.4.4.2.1 Secado

El balance de energía se realiza en el Horno de Secado al vacío; donde se presenta transferencia de calor, la misma comprende el calor sensible que eleva la temperatura del orujo de uva a la temperatura de secado y el calor latente que produce el cambio

de fase del agua líquida a vapor. Se describe el balance de energía en esta etapa considerando los datos:

$$\text{MOU2} = 40,034 \text{ gr}$$

$$\text{MSOU} = 14,298 \text{ gr}$$

$$\text{MAE} = 25,736 \text{ g}$$

✓ **Balance Global**

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}}$$

$$Q_{\text{sensible}} = \text{MSOU} * C_{p_{\text{OU}}} (t_{\text{secado}} - t_{\text{ambiente}}) +$$

$$\text{MAE} * C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} (t_{\text{ebH}_2\text{O}} - t_{\text{ambiente}}) \quad Q_{\text{latente}} = \text{MAE} * \lambda_{\text{H}_2\text{O}}$$

Donde:

$$C_{p_{\text{OU}}} = 1,38 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} = 4,187 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}} \text{ a } 65^\circ\text{C} \text{ (De tablas termodinámicas, Capacidad calorífica del agua en función de la temperatura.)}$$

$$t_{\text{secado}} = 65^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambiente}} = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ebH}_2\text{O}} = ?$$

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = ?$$

Para el cálculo del calor sensible y latente, se halla el valor de  $\lambda_{\text{H}_2\text{O}}$  y  $t_{\text{ebH}_2\text{O}}$  de tablas termodinámicas con la presión de vacío a la que se realiza el secado de la materia prima.

El equipo reduce la presión del sistema a 0,8 bar y la Presión Atmosférica es 1,013 bar.

Aplicando la Ecuación de Antoine para determinar la Presión del sistema con la Temperatura igual a 65°C se tiene:

$$P^{\circ} = 10^{A - \frac{B}{T+C}}$$

Entonces:

Con la  $P_{\text{sist}} = 0,249$  bar

$$Q_{\text{sensible}} = 0,014298 \text{ kg} * 1,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} (65^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) +$$

$$0,025736 \text{ kg} * 4,187 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (65^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{\text{sensible}} = \mathbf{5,7369 \text{ kJ}}$$

Con la  $t_{\text{ebH}_2\text{O}} = 65^{\circ}\text{C}$  se lee  $\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 559,5$  kcal/kg luego de una interpolación de datos en Tablas de vapor de agua.

$$Q_{\text{latente}} = \text{MAE} * \lambda_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$Q_{\text{latente}} = 0,025736 \text{ kg} * 559,5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$Q_{\text{latente}} = 14,3992 \text{ kcal} = 60,2462 \text{ KJ}$$

$$Q_{\text{latente}} = \mathbf{60,2462 \text{ kJ}}$$

Reemplazando datos en la Ecuación Global de Balance de Energía se tiene:

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}}$$

$$Q_{\text{cedido}} = 5,3630 \text{ kJ} + 60,2462 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}} = \mathbf{65,6092 \text{ kJ}}$$

Por otro lado, el cálculo de energía consumida en función de la potencia de cada equipo empleado durante la ejecución de la fase experimental se desarrolla posteriormente.

Sabiendo que la potencia eléctrica es la cantidad de energía desarrollada o consumida por un aparato en la unidad de tiempo se define su expresión matemática:

$$P = I * V * \sqrt{3}$$

Donde:

P = potencia eléctrica (W)

I = intensidad de corriente (A)

V = diferencia de potencial (V)

Según la definición de potencia se obtiene una nueva fórmula para calcular la energía eléctrica:

$$E = P \cdot t$$

Donde:

E = Energía eléctrica (kWh)

P = Potencia (Kw)

t =Tiempo (h)

✓ El secador se opera bajo las siguientes condiciones para el ensayo en análisis:

Tiempo (t) = 9 h

Temperatura = 65 °C

Potencia = 1,4 kW

Entonces:

$$E_{\text{SEC}} = P_{\text{SEC}} \cdot t_{\text{OPSEC}}$$

$$E_{\text{SEC}} = 1,4 \text{ kW} \cdot 9 \text{ h}$$

$$E_{\text{SEC}} = \mathbf{12,6 \text{ kWh} = 45360 \text{ kJ}}$$

La energía consumida por el Secador al vacío para la evaporación del agua es de 12,6 kWh.

✓ Las condiciones para la operación de tamizado son:

$$\text{Tiempo (t)} = 10 \text{ min} = 0,166 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 0,92 \text{ kW}$$

Entonces:

$$E_{\text{TAM}} = P_{\text{TAM}} \cdot t_{\text{OPTAM}}$$

$$E_{\text{TAM}} = 0,92 \text{ kW} \cdot 0,166 \text{ h}$$

$$E_{\text{TAM}} = \mathbf{0,153 \text{ kWh} = 550,8 \text{ kJ}}$$

La energía consumida para la separación de la masa de semilla de la masa de hollejo es de 0,153 kWh.

✓ Las condiciones para la operación del molino son:

$$\text{Tiempo (t)} = 1,5 \text{ min} = 0,25 \text{ h}$$

$$\text{Potencia} = 11 \text{ kW}$$

Entonces:

$$E_{\text{MOL}} = P_{\text{MOL}} \cdot t_{\text{OPMOL}}$$

$$E_{\text{MOL}} = 11 \text{ kW} \cdot 0,25$$

$$E_{MOL} = 2,75 \text{ kWh} = 45360 \text{ kJ}$$

La energía consumida para la molienda de la masa de hollejo es de 2,75 kWh.

En la Tabla IV-25 se muestra un resumen de la energía consumida en cada etapa del proceso.

**Tabla IV-25 Energía consumida en el proceso**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO (hr)</b>	<b>ENERGÍA (kWh)</b>
<b>SECADOR</b>	9	12,6
<b>TAMIZADO</b>	0,166	0,153
<b>MOLIENDA</b>	0,25	2,75

#### 4.4.5 Determinación de Rendimiento de Proceso

Para la determinación del rendimiento se tiene la ecuación siguiente:

$$\%R_{PR} = \frac{MHOU}{MSOU} * 100$$

Donde:

$\%R_{PR}$  = Rendimiento del Proceso

MHOU = Masa de Harina de Orujo de Uva

MSOU = Masa Seca de Orujo de Uva

El cálculo del rendimiento se realiza en base seca, los datos a reemplazar en la ecuación son:

MHOU= 5,931 g

MSOU = 14,298 g

$$\%R_{PR} = \frac{5,931 \text{ g}}{14,298 \text{ g}} * 100$$

$$\%R_{PR} = 41,481$$

El rendimiento calculado en base seca del proceso es 41,48 %.

**CAPITULO V**  
**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**



## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

#### 5.1 Resultados de la Investigación del Proceso

Los resultados obtenidos durante el proceso de Elaboración de Harina de Orujo de Uva según cada etapa se describen a continuación:

##### 5.1.1 Resultados de Análisis de la Materia Prima

Los resultados obtenidos del Análisis para la caracterización de la materia prima en el CEANID se muestran en el ANEXO 6.

**Tabla V-1 Caracterización de la materia prima “Orujo de Uva”**

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD (por 100gr de orujo)	RESULTADOS
Ceniza	NB 39034:10	%	3,06
Fibra	Gravimétrico	%	3,64
Grasa	NB 313019:06	%	2,08
Hidratos de Carbono	Cálculo	%	23,61
Humedad	NB 313010:05	%	62,38
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	5,23
Valor energético.	Cálculo	Kcal/100g	134,08

**Fuente:** Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID,2019.

### 5.1.2 Resultados obtenidos en la etapa de Secado

En la etapa de secado se presentan los siguientes resultados promedio obtenidos en cada ensayo con sus réplicas correspondientes de acuerdo al diseño factorial, en el ANEXO 3 se muestran las tablas y gráficas de cada ensayo

#### 5.1.2.1 Resultados en la Variación de la masa de Orujo de Uva

En la Tabla V-2 se puede observar la variación de la masa de Orujo de Uva a diferentes condiciones de Temperatura:

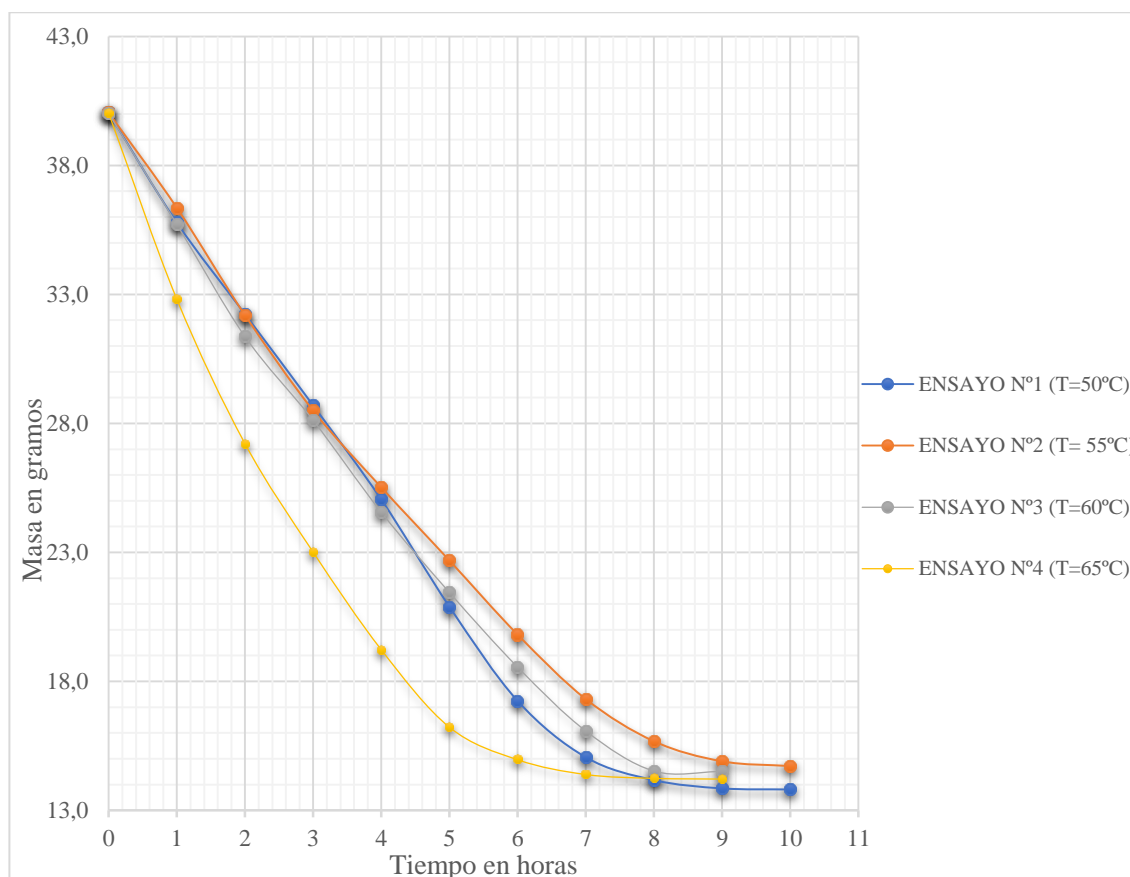
**Tabla V-2 Variación de Masa de Orujo de Uva en la Etapa de Secado en Ensayos**

tiempo (hrs)	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
	N°1	N°2	N°3	N°4
	(T=50°C)	(T=55°C)	(T=60°C)	(T=65°C)
	mi (gr)	mi (gr)	mi (gr)	mi (gr)
0	40,050	40,046	40,024	40,032
1	35,783	36,357	35,717	32,812
2	32,236	32,196	31,366	27,213
3	28,696	28,499	28,121	23,008
4	25,049	25,520	24,554	19,223
5	20,891	22,683	21,444	16,221
6	17,242	19,812	18,552	14,962
7	15,059	17,313	16,076	14,390
8	14,171	15,678	14,523	14,241
9	13,852	14,902	14,510	14,214
10	13,810	14,717	-	-

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

La Grafica V-1 muestra la pérdida de masa de Orujo de Uva en función del tiempo de cada ensayo.

**Gráfica V-1 Curvas de Variación de Pérdida de Masa en Ensayos**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

De la Tabla V-2 y la Gráfica V-1 se puede decir que en el Ensayo N°1 y en el Ensayo N°2 la masa de orujo de uva llega a ser constante en 9 horas; en cambio en el Ensayo N°3 y en el Ensayo N°4 la masa de orujo de uva es constante a las 10 horas de su medición.

Como se menciona anteriormente, para hallar una ecuación que represente esta variación de la masa, se trabaja con la inversa de la misma, es decir  $\left(\frac{1}{m}\right)$ ; de esta forma en la Tabla V-3 se muestran las ecuaciones de ajuste de curva que representan la pérdida de masa en función al tiempo para cada ensayo.

**Tabla V-3 Ecuaciones de Ajuste para la Variación de masa en Ensayos**

<b>N° ENSAYO</b>	<b>Ecuacion de Ajuste</b>
<b>1 (T=50°)</b>	$y = -0,0001x^3 + 0,002x^2 - 0,002x + 0,0264$
<b>2 (T=55°C)</b>	$y = -7E-05x^3 + 0,0011x^2 + 0,0002x + 0,0258$
<b>3 (T =60°C)</b>	$y = -8E-05x^3 + 0,0013x^2 + 5E-05x + 0,0259$
<b>4 (T=65°C)</b>	$y = -0,0001x^3 + 0,0012x^2 + 0,004x + 0,025$

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Se observa que todas las curvas de la inversa de la masa se ajustan a una ecuación polinómica de tercer grado.

#### **5.1.2.2 Resultados en la Variación de Humedad en Base Seca**

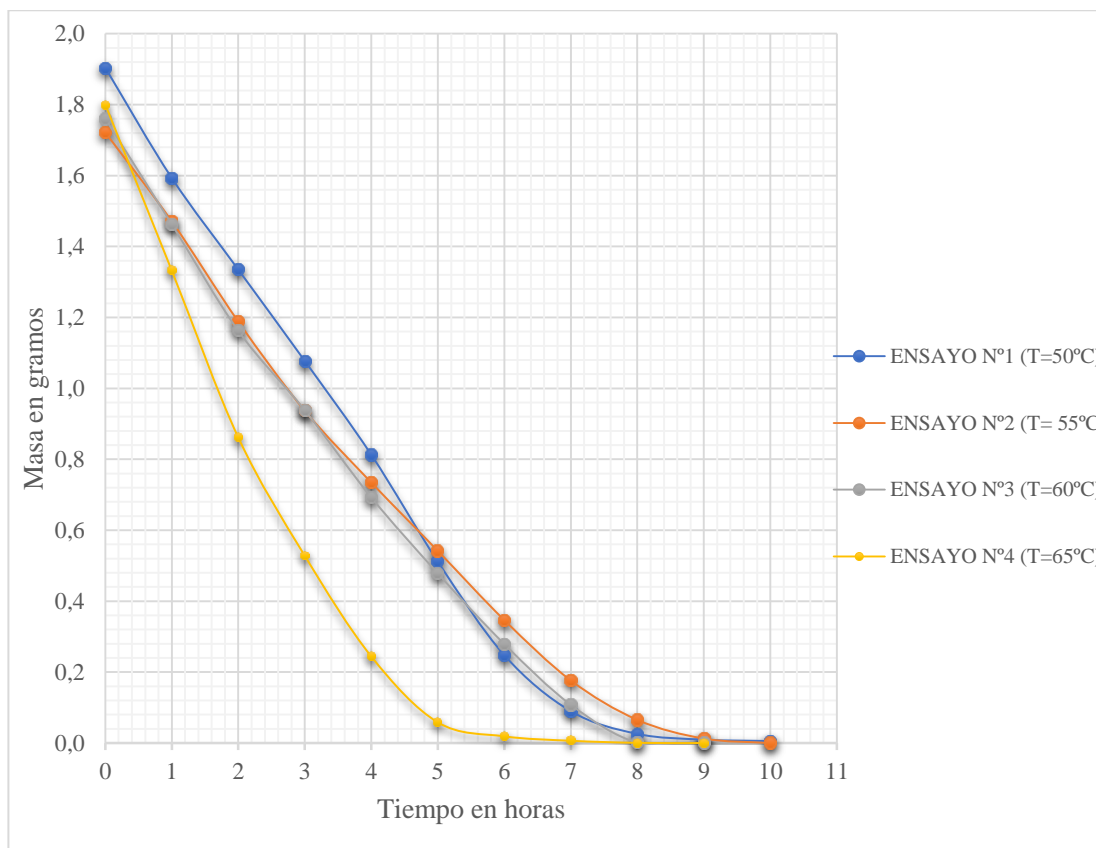
En la Tabla V-4 se muestra la variación de la humedad de orujo de uva a diferentes condiciones de temperatura:

**Tabla V-4 Variación de Humedad en Base Seca de Orujo de Uva en la Etapa de Secado en Ensayos**

<b>tiempo (hrs)</b>	<b>ENSAYO N°1 (T=50°C)</b>	<b>ENSAYO N°2 (T=55°C)</b>	<b>ENSAYO N°3 (T=60°C)</b>	<b>ENSAYO N°4 (T=65°C)</b>
	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
	<b>(kg H2O/kg Ss)</b>	<b>(kg H2O/kg Ss)</b>	<b>(kg H2O/kg Ss)</b>	<b>(kg H2O/kg Ss)</b>
0	1,903	1,722	1,760	1,800
1	1,593	1,471	1,463	1,332
2	1,335	1,188	1,162	0,861
3	1,077	0,937	0,938	0,528
4	0,813	0,734	0,693	0,244
5	0,512	0,542	0,478	0,058
6	0,248	0,347	0,279	0,019
7	0,090	0,176	0,108	0,006
8	0,026	0,065	0,001	0,001
9	0,010	0,013	0,000	0,000
10	0,006	0,000		

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Gráfica V-2 Curvas de Variación de Humedad en Base Seca en Ensayos**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

En la Tabla V-5 se observa la Humedad Crítica y Humedad de Equilibrio de cada ensayo:

**Tabla V-5 Humedad Crítica y Humedad de Equilibrio en Ensayos**

N° ENSAYO	Xc	Xeq
1	0,512	0,253
2	0,347	0,176
3	0,478	0,272
4	0,352	0,147

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

### 5.1.3 Resultados obtenidos en la Cinética de Secado

Las ecuaciones obtenidas basado en el modelo  $(-r_A) = -\frac{dX}{dt} = k X^n$  para la cinética de secado de cada ensayo se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla V-6 Ecuaciones de Velocidad para Ensayos**

N° ENSAYO	Ecuación de Velocidad	Ecuación de Velocidad Periodo Antecrítico	Ecuación de Velocidad Periodo Postcrítico
1	$(-r_A) = 2,3537X^{-1,1968}$	$(-r_A) = 1,0632X^{-1,2867}$	$(-r_A) = 4,6098X^{1,0912}$
2	$(-r_A) = 1,5505X^{-1,4164}$	$(-r_A) = 6,5837X^{2,6764}$	$(-r_A) = 4,9728X^{1,3493}$
3	$(-r_A) = 1,2223X^{-1,3727}$	$(-r_A) = 1,3651X^{-1,3654}$	$(-r_A) = 1,2062X^{-1,4317}$
4	$(-r_A) = 1,9736X^{0,6799}$	$(-r_A) = 1,6500X^{-0,9536}$	$(-r_A) = 2,384X^{-0,3005}$

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

### 5.1.4 Resultados obtenidos en la etapa de Tamizado

En la Tabla V-7 se presenta la cantidad de masa de semilla, masa de hollejo separadas y pérdidas en cada ensayo.

**Tabla V-7 Separación de Hollejo de Semilla**

N° ENSAYO	Masa inicial	Masa semilla	Masa experimental hollejo recuperado	Pérdidas
1	13,810	5,577	8,003	0,230
2	14,717	6,875	7,776	0,066
3	14,510	6,584	7,741	0,184
4	14,214	6,650	6,894	14,214

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

### 5.1.5 Resultados obtenidos en la etapa de Molienda

En la Tabla que se muestra a continuación, se observa la masa inicial con que se realiza el proceso, la masa de harina obtenida y las pérdidas dadas.

**Tabla V-8 Pérdidas en la Etapa de Molienda en Ensayos**

<b>Nº ENSAYO</b>	<b>Masa inicial</b>	<b>Masa de molienda</b>	<b>Pérdidas</b>
<b>1</b>	8,003	7,557	0,446
<b>2</b>	7,776	7,515	0,260
<b>3</b>	7,741	6,423	1,318
<b>4</b>	6,894	6,532	0,362

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

### 5.1.6 Resultados de Balance de Materia y Energía

En las Tablas V-9 y V-10 se muestran los resultados obtenidos en el Balance de Materia y Energía respectivamente.

**Tabla V-9 Resultados de Balance de Materia**

<b>PROCESO</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>MASA (g)</b>
<b>RECEPCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO</b>	MOU1	Masa de Orujo de Uva 1	40,034
	MOU2	Masa de Orujo de Uva 2	40,034
<b>SECADO</b>	MSOU	Masa Seca de Orujo de Uva	14,298
	MAE	Masa de Agua Evaporada	25,736
<b>TAMIZADO</b>	MSEOU	Masa de Semilla de Orujo de Uva	6,198
	MPERH	Masa de Perdidas de Hollejo	0,392
	MHOS	Masa de Hollejo Seco	7,074
<b>MOLIENDA</b>	MHOM	Masa de Hollejo Molido	5,931
	MPERHM	Masa de Perdidas de Hollejo Molido	1,143
	MHOU	Masa de Harina de Orujo de Uva	5,931

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

**Tabla V-10 Resultados de Balance de Energía**

PROCESO	CORRIENTE	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES
<b>SECADO</b>	MOU2	Masa de Orujo de Uva 2	40,034 g
	MSOU	Masa Seca de Orujo de Uva	14,298 g
	MAE	Masa de Agua Evaporada	25,736 g
	Q sensible	Calor Sensible	5,363 kJ
	Q latente	Calor Latente	60,458 kJ
	Q cedido	Calor cedido	65,8218 kJ

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

### 5.1.7 Resultados de Análisis de Producto Final

Los resultados obtenidos del Análisis para la caracterización del producto final en el CEANID se muestran en el ANEXO 6.

**Tabla V-11 Caracterización del producto final “Harina de Orujo de Uva”**

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD (por 100gr de orujo)	RESULTADOS
Ceniza	NB 39034:10	%	6,90
Fibra	Gravimétrico	%	11,85
Grasa	NB 313019:06	%	2,28
Hidratos de Carbono	Cálculo	%	55,06
Humedad	NB 313010:05	%	10,52
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	13,39
Valor energético.	Cálculo	Kcal/100g	294,32
Acidez (Ac. Tartárico)	NB 36002:2002	%	2,03

Fuente: Elaboración propia en base a Resultados obtenidos en el CEANID, 2019.

#### 5.1.7.1.1 Resultados de cuantificación de antioxidantes

Los resultados promedio obtenidos de la cuantificación a través de los métodos para la determinación de antioxidantes se presentan a continuación:



**Tabla V-12 Resultados de Antioxidantes para Ensayos**

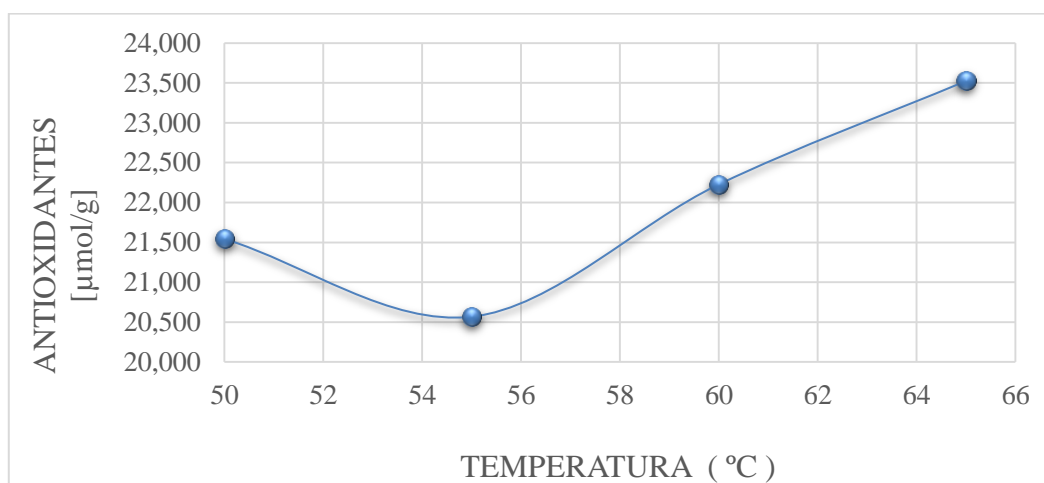
N° ENSAYO	MUESTRA	FRAP	FENOLES	ABTS
		TAC [ $\mu\text{mol/g}$ ]	TPH [ $\mu\text{mol/g}$ ]	TAC [ $\mu\text{mol/g}$ ]
1	OU1	33,683	1,985	21,544
2	OU2	31,782	1,753	20,566
3	OU3	36,026	2,094	22,226
4	OU4	35,504	2,280	23,522

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Los resultados para cada muestra con su réplica se muestran en el ANEXO 4.

La variación de Antioxidantes determinada por el Método ABTS (que será el que se estudiará en el Análisis estadístico) en función a la Temperatura se muestra en la gráfica V-3.

**Gráfica V-3 Variación de Antioxidantes (Método ABTS) en función de la Temperatura**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

En la gráfica se puede observar que el punto de decaimiento es a 55°C. A esta temperatura de secado se obtiene una menor cantidad de antioxidantes.

Después de este punto los antioxidantes elevan su valor a temperaturas mayores, a 65°C existe 23,522 [ $\mu\text{mol/g}$ ] de Harina de Orujo de Uva.

#### 5.1.7.1.2 Resultados de cuantificación de Resveratrol

Los resultados obtenidos por método HPLC son:

**Tabla V-13 Resultados de Resveratrol para Ensayos**

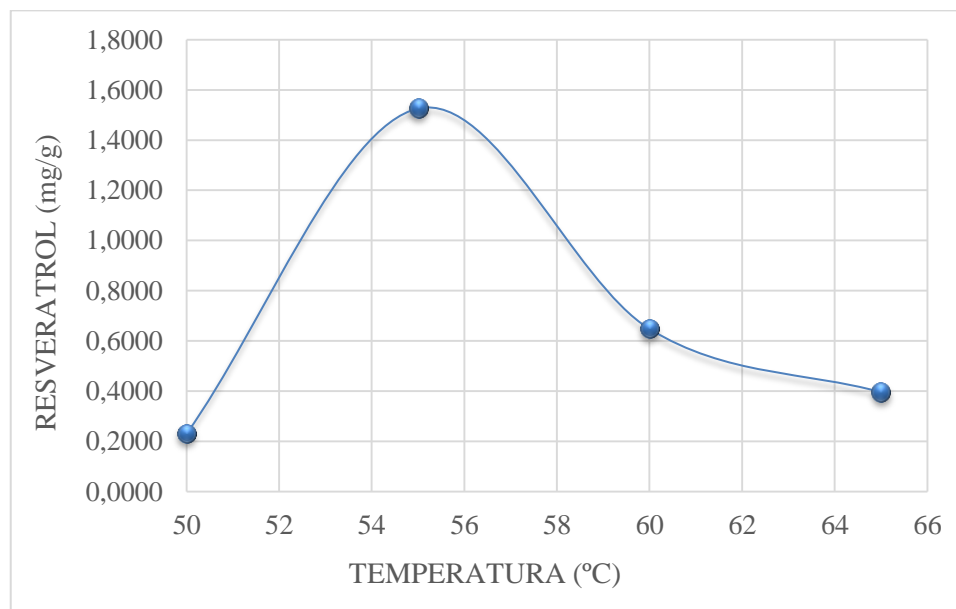
Nº ENSAYO	TEMPERATURA (°C)	RESVERATROL (mg/g)
1	50	0,2316
2	55	1,5257
3	60	0,6478
4	65	0,3963

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Los cromatogramas y la determinación de cada muestra se presentan en el Anexo 4.

La variación de Resveratrol en función a la Temperatura se muestra en la gráfica V-4.

**Gráfica V-4 Variación de Resveratrol en función de la Temperatura**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

De la gráfica se puede decir que a 50°C de temperatura de secado se obtiene la menor cantidad de Resveratrol y que a partir de los 55°C (que es el punto donde se obtiene mayor cantidad) el resveratrol también empieza a decaer.

### 5.1.7.1.3 Resultados de Evaluación Sensorial

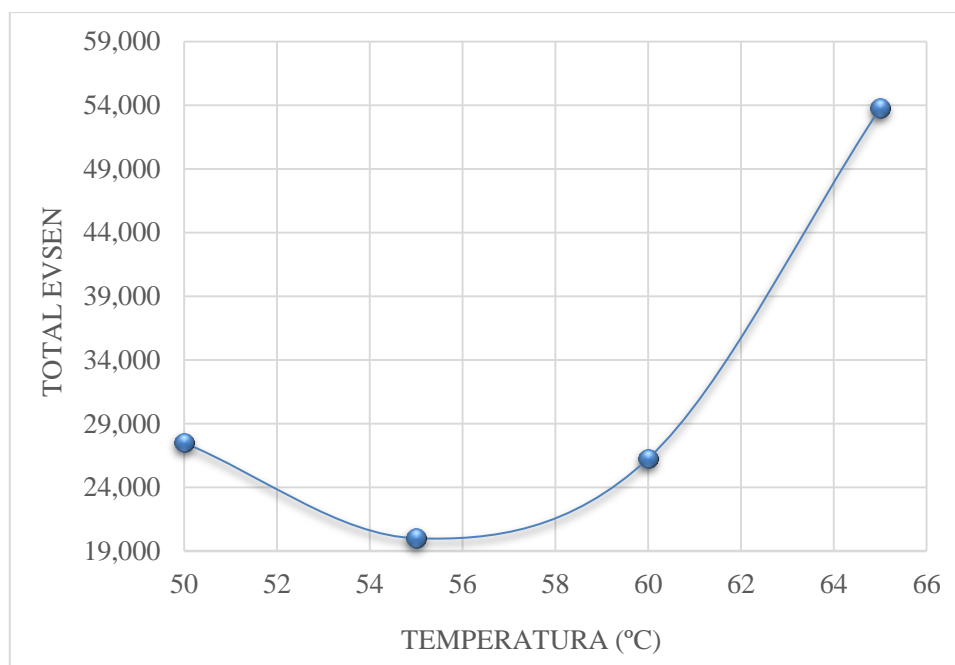
Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial y la gráfica que los representan partiendo de un panel de 10 jueces; se muestran a continuación:

**Tabla V-14 Resultados de la Evaluación Sensorial**

Nº ENSAYO	TEMPERATURA (°C)	COLOR	OLOR	SABOR	TOTAL
1	50	2,5	6,25	18,75	<b>27,500</b>
2	55	0	3,75	16,25	<b>20,000</b>
3	60	2,5	6,25	17,5	<b>26,250</b>
4	65	25	8,75	20	<b>53,750</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

**Gráfica V-5 Variación de Puntaje Total de la Evaluación Sensorial en función de la Temperatura**



Fuente: Elaboración Propia, 2019.

De la Gráfica V-5 se puede deducir que el Ensayo N°4 es el que tiene mayor aceptabilidad en función a los atributos organolépticos como color, olor y sabor que tiene el producto final.

La determinación de cada dato mostrado en la Tabla V-14 se muestra en el ANEXO 4.

## **5.2 Análisis Estadístico de los resultados**

El análisis de los resultados obtenidos se hace una necesidad al momento de la interpretación de los resultados experimentales obtenidos, puesto que con él podemos evaluar la validez de éstos, además, nos proporciona una estimación de los errores cometidos, o la precisión con que se han realizado.

Un experimento diseñado estadísticamente nos da aproximaciones de los principales efectos (influencia de las variables sobre las respuestas de los experimentos); si es necesario, informa la posible interacción de los principales efectos. (Campero, 2005).

Para el diseño factorial del diseño experimental se considera una variable, la temperatura a 4 niveles con 5 repeticiones;

La Tabla V-15 muestra los resultados obtenidos de cada respuesta variable en función de la temperatura.

**Tabla V-15 Resultados de respuestas variable en función de la temperatura**

<b>N° ENSAYO</b>	<b>N° RÉPLICA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>ANTIOXIDANTES (µmol/g)</b>	<b>RESVERATROL (mg/g)</b>	<b>EVALUACION SENSORIAL</b>
1	1	50	21,544	0,232	27,5
	2	50	22,139	0,232	27,5
	3	50	19,912	0,232	27,5
	4	50	22,580	0,232	27,5
	5	50	21,544	0,232	27,5
2	6	55	20,566	1,526	20
	7	55	17,628	1,526	20
	8	55	23,054	1,526	20
	9	55	21,016	1,526	20
	10	55	20,566	1,526	20
3	11	60	22,226	0,648	26,25
	12	60	23,925	0,648	26,25
	13	60	19,891	0,648	26,25
	14	60	22,861	0,648	26,25
	15	60	22,226	0,648	26,25
4	16	65	23,522	0,396	53,75
	17	65	23,893	0,396	53,75
	18	65	23,015	0,396	53,75
	19	65	23,658	0,396	53,75
	20	65	23,522	0,396	53,75

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Con la Tabla V-15 se realizó un análisis de máximos y mínimos de todos los resultados obtenidos en las variables respuesta, para que de esta manera se pueda deducir una escala de puntuación que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla V-16 Análisis de Resultados Obtenidos**

VALORES	ANT	RESV	EVSEN
Máximo	23,925	1,526	53,75
Mínimo	17,628	0,232	20
Escalas de puntuación	0 a 25	0 a 2	0 a 100

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

En la Tabla V-16 se muestra el promedio de las réplicas de cada ensayo para las respuestas variables.

**Tabla V-17 Tabla de Promedio de Replicas para cada ensayo**

Nº ENSAYO	TEMPERATURA (°C)	ANTIOXIDANTES (µmol/g)	RESVERATROL (mg/g)	EVALUACIÓN SENSORIAL
1	50	21,544	0,232	27,5
2	55	20,566	1,526	20
3	60	22,226	0,648	26,25
4	65	23,522	0,396	53,75

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Para obtener el ensayo óptimo se realiza una combinación de valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos y organolépticos de la “Harina de Orujo de Uva”, ponderando así cada uno con una asignación de puntaje que se presenta en la siguiente Tabla:

**Tabla V-18 Asignación de puntuación a atributos**

ESCALA DE PUNTUACIÓN	
Antioxidantes	15
Resveratrol	80
Evaluación sensorial	5
<b>Total</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019

En la Tabla anterior se muestra una asignación de puntuaciones a cada variable respuesta. Los antioxidantes tienen 15 puntos de asignación puesto que, si bien éste va a caracterizar el producto final, es también una propiedad que se la puede encontrar en otro tipo de alimentos. El resveratrol tiene un puntaje de 80, que es la asignación más alta, debido a que esta es la propiedad más importante que se quiere rescatar con el trabajo de Investigación. El Resveratrol es la principal característica que tiene la “Harina de Orujo de Uva”.

Finalmente, los atributos analizados organolépticamente tienen una puntuación de 5 pues según las aplicaciones que se le dará a la harina, esta será consumida dentro de masas de repostería o dentro de cápsulas para nutraceútica, de tal forma que el olor, color y sabor no serán apreciados directamente.

En la Tabla V-18 se presentan los resultados de Ponderación de Variables Respuesta con la asignación de puntaje

**Tabla V-19 Resultados de ponderación de variables respuesta**

N° DE ENSAYO	TEMPERATURA	ANTIOXIDANTES	RESVERATROL	EVALUACIÓN SENSORIAL
		0,15	0,8	0,05
1	50	3,232	0,185	1,375
2	55	3,085	1,221	1
3	60	3,334	0,518	1,3125
4	65	3,528	0,317	2,6875

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Para seleccionar el ensayo óptimo considerando el análisis de los resultados obtenidos en base a una escala de puntuación dentro el rango de valores de cada variable respuesta y una asignación de puntaje a cada variable respuesta promedio final; se define un factor de equidad entre datos de modo que se pueda realizar una comparación adecuada entre ensayos.

Este factor es determinado para cada variable respuesta en función de la escala de puntuación para que se pueda obtener 3 escalas a un solo nivel de comparación:

La Tabla V-20 presentada a continuación muestra dichos factores.

**Tabla V-20 Factor de Equidad entre datos**

<b>RESPUESTA VARIABLE</b>	<b>FACTOR</b>
Antioxidantes	4
Resveratrol	50
Evaluación sensorial	1

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Cada factor es determinado respecto a una escala de 0 a 100 tomando en cuenta la escala de puntuación de la Tabla V-16.

Multiplicando este factor por los promedios obtenidos de cada variable respuesta se tienen los resultados presentados en la siguiente Tabla:

**Tabla V-21 Equidad de datos en variables respuesta**

<b>N° DE ENSAYO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>ANTIOXIDANTES</b>	<b>RESVERATROL</b>	<b>EVALUACIÓN SENSORIAL</b>
1	50	12,926	9,265	1,375
2	55	12,340	61,029	1,000
3	60	13,335	25,912	1,313
4	65	14,113	15,853	2,688

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

Entonces la Valoración total es:

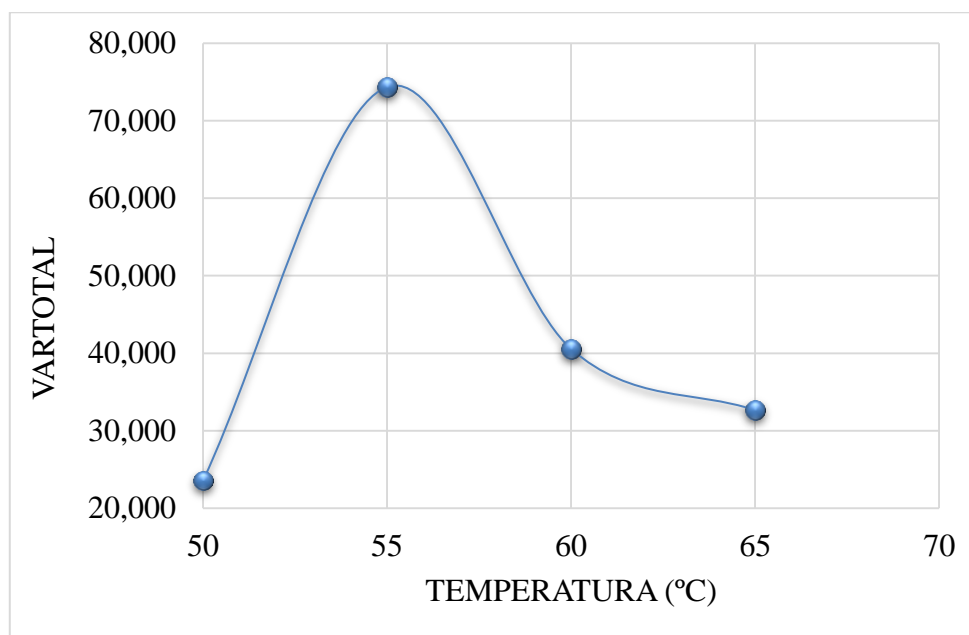
**Tabla V-22 Valoración Total de variables respuesta**

<b>N° DE ENSAYO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>VARIACIÓN TOTAL</b>
1	50	23,566
2	55	74,369
3	60	40,559
4	65	32,654

**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.



**Gráfica V-6 Variación total de atributos vs temperatura**



**Fuente:** Elaboración Propia, 2019.

De la tabla anterior se determina que el mejor ensayo es el N°2 con mayor puntaje obtenido, en la gráfica V-6 se puede observar este valor como el más alto de la campana.

Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el programa SPSS STATISTICS 18.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

A través del Análisis de Varianza Univariante se determina la influencia de la Temperatura en las variables respuestas; Antioxidantes, Resveratrol y Evaluación Sensorial.

La Tabla V-23 muestra el Análisis de Varianza y la Significancia de la Temperatura en los Antioxidantes:

**Tabla V-23 Pruebas de los efectos inter- sujetos para Antioxidantes**

Variable dependiente: ANTIOXIDANTES

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	23,134 <sup>a</sup>	3	7,711	4,364	0,020
Intersección	9648,697	1	9648,697	5460,792	0,000
TEMPERATURA	23,134	3	7,711	4,364	0,020
Error	28,270	16	1,767		
Total	9700,102	20			
Total, corregida	51,405	19			

a. R cuadrado = 0,450 (R cuadrado corregida = 0,347)

De la Tabla de Análisis de Varianza, se observa que el factor Temperatura influye sobre los Antioxidantes, puesto que la significancia es menor a 0,05 considerando una confiabilidad del 95%.

La Tabla V-24 muestra los resultados del análisis de Anova de un factor; debido a que se tiene una respuesta de Resveratrol para cada ensayo.

**Tabla V-24 ANOVA de un factor para Resveratrol**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	4,981	3	1,660	1,611E3 3	0,000
Intra-grupos	0,000	16	0,000		
Total	4,981	19			

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla anterior; se observa que existe influencia de la Temperatura en el Resveratrol, debido a que la Significancia es menor a 0,05 considerando una Confiabilidad del 95%.

La Tabla V-25 muestra los resultados del análisis de Anova de un factor; debido a que se tiene una respuesta de Evaluación Sensorial para cada ensayo.

**Tabla V-25 ANOVA de un factor para Evaluación Sensorial**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2693,359	3	897,786	.	0,000
Intra-grupos	0,000	16	0,000		
Total	2693,359	19			

De la Tabla de Análisis de Varianza, se observa que el factor Temperatura influye sobre la Evaluación Sensorial, puesto que la Significancia es menor a 0,05 considerando una confiabilidad del 95%.

Tomando en cuenta que el factor Temperatura es significativo en antioxidantes, Resveratrol y Evaluación Sensorial, se tiene el siguiente modelo matemático que se ajusta a esta variación; esta es una ecuación de tercer orden:

$$y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$$

Realizando la regresión se tiene:

**Tabla V-26 ANOVA b**

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	1474,511	3	491,504	.	0,000
Residual	,000	0			
Total	1474,511	3			

a. Predictors: (Constant), T3, T2, TEMP

b. Dependent Variable: VARTOTAL

Los coeficientes hallados para la ecuación son:

**Tabla V-27 Coeficientes de Ecuación**

Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B
-------	-----------------------------	---------------------------	---	------	---------------------------------

	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1 (Constant)	53,088	,000		.	.	53,088	53,088
TEMP	33,210	,000	2,735	.	.	33,210	33,210
T2	-4,120	,000	-,322	.	.	-4,120	-4,120
T3	-7,808	,000	-2,319	.	.	-7,808	-7,808

a. Dependent Variable: VARTOTAL

El modelo matemático que representa la variación total de atributos en función de la Temperatura es:

$$\text{Var Total} = -7,808 T^3 - 4,120T^2 + 33,210T + 53,088$$

Donde:

Var Total = Variación total de la combinación de valores de Antioxidantes, Resveratrol y Evaluación sensorial.

T = Temperatura, °C.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Investigación “Elaboración de Harina para consumo humano, a partir de Orujo de uva del Departamento de Tarija” se lograron alcanzar los objetivos planteados.

En consecuencia, se tiene:

- Las características fisicoquímicas de la materia prima Orujo de Uva; se resumen a continuación: Humedad 62,38%, Ceniza 3,06 %, Fibra 3,64%, Grasa 2,08%, Hidrato de Carbono 23,61%, Proteína total 5,23%, Valor energético 134 kcal/100g.
- En la ejecución de la Fase Experimental del proceso tecnológico de elaboración de Harina de Orujo de Uva para consumo humano se determina el mejor ensayo con relación a las variables respuestas obtenidas del producto. Mediante los cálculos matemáticos de la Tabla ANOVA para la operación de secado se concluye que la Temperatura es significativa frente a las variables dependientes de la misma.
- Con el fin de seleccionar el mejor ensayo y obtener un producto de calidad caracterizado principalmente por el Resveratrol y Antioxidantes; se determina que de todos los ensayos desarrollados a 50°C, 55°C, 60°C y 65°C en la etapa del secado dentro del proceso, el Ensayo N°2 es el óptimo en condiciones para “Elaboración de Harina de Orujo de Uva”, es decir: a una temperatura de secado de Orujo de Uva” al vacío igual a 55°C se obtiene un producto final con 0,00152mg de Resveratrol/g de Harina de Orujo de Uva y con 20,566  $\mu$ mol TAC/g de Harina de Orujo de Uva.
- Las características fisicoquímicas del producto obtenido experimentalmente: Harina de Orujo de uva del Departamento de Tarija, para consumo humano se resumen a continuación: Humedad 10,52%, Ceniza 6,09%, Fibra 11,85%, Grasa

2,28%, Hidrato de Carbono 55,06%, Proteína total 13,39%, Valor energético 294,32 kcal/100g, Acidez (Ac. Tartárico) 2,03%.

- La “Harina de Orujo de Uva” para consumo humano en condiciones óptimas de elaboración; 55°C de Temperatura de secado tiene un 13,39% de proteína, determinada bajo la NB/ISO 8968-1:08 en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo. Este porcentaje de proteína supera el dato de referencia que se tiene por bibliografía; 11,70 gramos de proteína por 100 gramos de Harina de Orujo de Uva. Por lo tanto, el producto final obtenido a partir de orujo de uva del Departamento de Tarija aporta mayor cantidad de proteína.
- De cálculos realizados se determina que el Rendimiento conseguido en el proceso tecnológico experimental de “Elaboración de Harina de Orujo de Uva para consumo humano” es 41,48% (base seca).

## **6.2 Recomendaciones**

- El secado al vacío es una técnica de deshidratación que permite mantener las propiedades de la materia prima, sin embargo, con el objetivo de obtener producto seco con más calidad se recomienda optimizar el proceso de secado con otras técnicas de deshidratación a temperaturas que permitan obtener una buena actividad Antioxidante y Resveratrol a la vez, tomando en cuenta la desnaturalización de las proteínas.
- Debido a la presentación del color, olor y sabor de la Harina de Orujo de Uva se recomienda explotarla para la elaboración de alimentos funcionales por el alto contenido de valores nutricionales alimentarias.
- Se recomienda pasar este estudio a la correspondiente Planta Piloto para la obtención de un producto rico en Resveratrol y Antioxidantes a partir de un residuo del proceso de elaboración del Vino.

