

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Optimización de la estabilidad tartárica (*thk*) de vinos tintos (*malbec*), a través de diseño de superficie de respuesta

Presentado por:

José Armando Serna Bravo

Para optar por el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD TARTÁRICA (THK) DE VINOS TINTOS  
(MALBEC), A TRAVÉS DE DISEÑO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA”

Presentado por: bach. **Jose Armando Serna Bravo** para optar por el título profesional de:  
Ingeniero Agroindustrial

Sustentado y aprobado el: 01 octubre del 2020 ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

*Ing. Lourdes Salcedo Sucasaca*

**Primer Miembro:**

*Dr. Joffre Huamán Núñez*

**Segundo Miembro:**

*Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca*

**Asesor:**

*Ing. Luis Ricardo Paredes Quiroz*

## **Agradecimientos**

*“Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes”*

*Isaac Newton (1643-1727)*

*Al Señor de los Temblores Santo Patrono del Cusco y a la Virgen de la Merced que me permitieron dar un giro de 180° en mi vida y cumplir mi sueño de ser Ingeniero.*

*A mi amada alma mater la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y a todos mis docentes que contribuyeron a conseguir mi sueño de ser Ingeniero el cual llevare en alto y con obligación de ser siempre el mejor y llevare con orgullo el nombre de ser Unambino de corazón*

*Muy especialmente a mi asesor al Ingeniero Ricardo Paredes Quiroz quien fue un apoyo constante en la realización de esta tesis el cual tomo la batuta de este proyecto de investigación en un momento muy complicado de mi vida.*

*A la Empresa Cusqueña Bodegas Emperador S.A.C. y especialmente al Gerente General Ing. Gerald Ordoñez Valle y toda su familia quienes me brindaron sus instalaciones amablemente para poder realizar esta tesis.*

***José Armando Serna Bravo***



## **Dedicatorias**

*Al Ing. David Fernando Palomino Quispe quien fue mi primer asesor de tesis quien nos dejó trágicamente, el cual me ayudo en las primeras etapas de la realización de la presente tesis gracias por todo lo que hizo por mí que dios lo tenga en su gloria y descanse en paz querido profesor.*

*A mi amada madre Amanda Bravo Alcocer que pese a las dificultades me sacó adelante para ver realizado mis sueños sobre sus propias necesidades, gracias por ser mi madre.*



Optimización de la estabilidad tartárica (*thk*) de vinos tintos (*malbec*), a través de diseño superficie de respuesta

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema .....	4
1.2. Enunciado del Problema .....	6
1.2.1. Problema Central .....	6
1.2.2. Problemas específicos .....	6
1.2.3. Justificación de la investigación .....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	9
2.1. Objetivos de la investigación .....	9
2.2.1. Objetivo general .....	9
2.2.2. Objetivos específicos .....	9
2.2. Hipótesis de la investigación .....	9
2.2.1. Hipótesis general .....	9
2.2.2. Hipótesis específicas .....	9
2.3. Operacionalización de variables .....	9
2.3.1. Variable dependiente .....	9
2.3.2. Variables independientes .....	10
<b>CAPÍTULO III</b> .....	11
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	11
3.1. Antecedentes .....	11



3.2. Marco teórico.....	12
3.2.1. Elaboración de Vinos .....	12
3.2.1.1. La fiesta de la Vendimia.....	12
3.2.1.2. Estrujado y despalillado .....	14
3.2.1.3. Maceración en frío de vinos .....	15
3.2.1.4. Ecurrido y prensado .....	15
3.2.1.5. Fermentación Maloláctica en vinos tintos .....	15
3.2.1.6. Trasiego en la elaboración de vinos tintos .....	16
3.2.1.7. Clarificación de vinos.....	17
3.2.1.8. Estabilización del vino .....	18
3.2.1.9. Crianza en bodegas.....	19
3.2.1.10. Filtración de vinos .....	20
3.2.1.11. Embotellado de vinos .....	20
3.2.2. La estabilización tartárica del vino.....	21
3.2.3. Estabilización tartárica por frío .....	21
3.2.3.1. Estabilización de larga duración.....	21
3.2.3.2. Estabilización de corta duración.....	22
3.2.3.3. Tratamiento con frío en continuo .....	22
3.2.4. Precipitaciones metálicas.....	22
3.2.5. Precipitaciones tartáricas .....	23
3.2.6. El pH en los vinos tintos.....	24
3.2.7. Bitartrato de potasio (THK).....	25
3.2.8. Tartrato cálcico (CaT) .....	25
3.2.9. Factores que influyen en la precipitación del ácido tartárico .....	26
3.2.10. Métodos de superficie para la optimización de procesos .....	27
3.2.12. Modelamiento de procesos en la ingeniería .....	27



3.2.13. Promedio de temperaturas de la ciudad del Cusco en el 2019. ....	28
3.3. Marco conceptual .....	29
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>30</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>30</b>
4.1. Tipo y nivel de la investigación.....	30
4.1.1. Tipo de investigación .....	30
4.1.2. Nivel de la investigación .....	30
4.2. Diseño de la investigación.....	31
4.2.1. Definición de variables .....	33
4.3. Población y muestra.....	33
4.4. Procedimiento para la toma de muestras .....	33
4.5. Procedimiento de la investigación.....	33
4.6. Técnica e instrumentos .....	36
4.6.1. Técnica.....	36
4.6.2. Instrumentos y materiales .....	37
4.7. Análisis estadístico .....	38
4.7.1. Plan de tratamiento de los datos .....	38
4.7.2. Técnicas estadísticas utilizadas .....	38
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>39</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>39</b>
5.1. Modelamiento y optimización en la estabilización tartárica de vinos tintos.....	39
5.1.1. Resultados obtenidos en la estabilización tartárica bloque 1 .....	39
5.1.1.1. Análisis de significancia bloque 1 .....	40
5.1.1.2. Modelamiento del bloque 1 .....	41
5.1.1.3. Optimización del bloque 1.....	41
5.1.2. Resultados obtenidos en la estabilización tartárica bloque 2 .....	43





4.1.2.1. Análisis de significancia bloque 2 .....	43
5.1.2.3. Optimización del bloque 2.....	45
5.1.3. Resultados obtenidos en la estabilización tartárica bloque 3 .....	46
5.1.3.1. Análisis de significancia bloque 3 .....	47
5.1.3.2. Modelamiento del bloque 3 .....	48
5.1.3.3. Optimización del bloque 3.....	49
5.2. Superficie de respuesta en Excel del modelo obtenido más eficiente .....	50
5.3. Prueba de Hipótesis .....	53
5.3.1. Hipótesis estadísticas.....	53
5.3.1.1. Prueba de hipótesis para el factor tiempo.....	53
5.3.1.2. Prueba de hipótesis para el factor Temperatura.....	54
5.4. Confiabilidad de los datos .....	55
5.5. Discusión de resultados .....	56
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
6.1. Conclusiones.....	60
6.2. Recomendaciones .....	60
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables .....	10
<b>Tabla 2</b> — Temperaturas promedio del Cusco .....	28
<b>Tabla 3</b> — Diseño experimental de la investigación .....	32
<b>Tabla 4</b> — Resultados Bloque 1 .....	39
<b>Tabla 5</b> — Significancia de las variables bloque 1.....	40
<b>Tabla 6</b> — Resumen del modelo del bloque 1.....	41
<b>Tabla 7</b> — Resultados bloque 2.....	43
<b>Tabla 8</b> — Tabla de significancia bloque 2 .....	44
<b>Tabla 9</b> — Resumen del modelo bloque 2 .....	45
<b>Tabla 10</b> — Resultados bloque 3.....	47
<b>Tabla 11</b> — Significancia del bloque 3 .....	48
<b>Tabla 12</b> — Resumen del modelo bloque 3.....	49
<b>Tabla 13</b> — Simulación del modelo en Excel .....	52
<b>Tabla 14</b> — Prueba t para tiempo y precipitaciones.....	53
<b>Tabla 15</b> — Prueba t para temperatura y precipitaciones.....	54
<b>Tabla 16</b> — Resumen de los resultados.....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Precipitaciones tartáricas en botellas de vinos tintos .....	5
<b>Figura 2</b> — Festival de la vendimia en la ciudad de Ica 2018 .....	13
<b>Figura 3</b> — Precipitaciones Metálicas.....	23
<b>Figura 4</b> — Precipitaciones tartáricas.....	24
<b>Figura 5</b> — Bitartrato de Potasio.....	25
<b>Figura 6</b> — Cristales de tartrato cálcico .....	26
<b>Figura 7</b> — Diseño de superficie de respuesta .....	27
<b>Figura 8</b> — Temperatura promedio del Cusco 2019 .....	28
<b>Figura 9</b> — codificado de probeta de 100 ml de capacidad con 20 ml de muestra.....	34
<b>Figura 10</b> — Temperatura y tiempo de tratamiento .....	35
<b>Figura 11</b> — filtrado y secado del precipitado .....	35
<b>Figura 12</b> — pesado del filtrado.....	36
<b>Figura 13</b> — Diseño técnico de la investigación.....	37
<b>Figura 14</b> — Optimización del bloque 1 .....	41
<b>Figura 15</b> — Superficie de respuesta Bloque 1 .....	42
<b>Figura 16</b> — Contorno del bloque 1.....	42
<b>Figura 17</b> — Optimización del bloque 2 .....	45
<b>Figura 18</b> — Superficie de respuesta bloque 2.....	46
<b>Figura 19</b> — Contorno bloque 2.....	46
<b>Figura 20</b> — Optimización del bloque 3 .....	49
<b>Figura 21</b> — Superficie de respuesta bloque 3.....	50
<b>Figura 22</b> — Contorno del bloque 3.....	50
<b>Figura 23</b> — Superficie de respuesta en Excel.....	51
<b>Figura 24</b> — Grafica de probabilidad de los tres bloques.....	55



<b>Figura 25</b> — Diagrama de flujo de elaboración de vinos tintos.....	69
<b>Figura 26</b> — Superficie de respuesta en Minitab 18 bloque 1 .....	69
<b>Figura 27</b> — Parámetros para superficie de respuesta del bloque 1 en Minitab 18.....	70
<b>Figura 28</b> — Superficie de Respuesta bloque 1 en Minitab 18.....	70
<b>Figura 29</b> — Regresión multivariada Bloque 1 Minitab 18.....	71
<b>Figura 30</b> — Modelamiento de los datos Bloque 1 .....	71
<b>Figura 31</b> — Optimización del proceso bloque 1.....	72
<b>Figura 32</b> — Grafica de optimización del bloque 1 .....	72
<b>Figura 33</b> — Optimización y edición del grafico del bloque 1 .....	73
<b>Figura 34</b> — Simulación del modelo en Excel.....	73
<b>Figura 35</b> — Muestras codificadas.....	74
<b>Figura 36</b> — Tarado de la balanza analítica.....	74
<b>Figura 37</b> — vertido de las muestras.....	75
<b>Figura 38</b> — Pesado de las muestras.....	75
<b>Figura 39</b> — Residuos de la estabilización tartárica .....	76
<b>Figura 40</b> — Filtración después del proceso de estabilización tartárica .....	76
<b>Figura 41</b> — Envasado del vino tinto Malbec.....	77
<b>Figura 42</b> — Control de calidad del embotellado .....	77
<b>Figura 43</b> — embalado de cajas de vinos.....	78
<b>Figura 44</b> — almacenado de los vinos .....	78
<b>Figura 45</b> — Información del SENAMHI para el Cusco 2019 .....	79
<b>Figura 46</b> — Pruebas de hipótesis en SPSS 25 .....	79
<b>Figura 47</b> — Resultados Pruebas de hipótesis en SPSS 25.....	80



## INTRODUCCIÓN

En la elaboración de vinos tintos se presenta muchos problemas técnicos que afectan en la calidad organoléptica del producto final y que si no fueron realizados correctamente pueden influenciar en la apreciación visual del producto final por parte del consumidor , uno de estos problemas es la estabilización tartárica de vinos tintos, los cuales si no fueron estabilizados correctamente pueden generar rechazo del consumidor al momento de adquirir el producto, puesto que estos ácidos (ácido tartárico, bitartrato de potasio) propios del vino se pueden presentar como precipitados en el fondo de la botella del vino.

Para evitar este problema de apreciación por parte de los consumidores existen varias técnicas para estabilizar estas sales antes mencionadas como el tratamiento en frio que técnicamente se llama estabilización tartárica de vinos refiriéndose a los iones de potasio y calcio propiamente dicho los cuales sufren una baja en su solubilidad debido a temperaturas cercanas a 0°C por varios días, dependiendo la variedad de uva como la variedad Malbec deben ser sometidas a tratamientos en frio para estabilizar el mosto del vino tinto correctamente.

El presente trabajo de investigación busca optimizar este proceso en post de mejorar la presentación de vinos tintos mediante la metodología de superficie de respuesta que permitirá obtener parámetros óptimos en temperatura y tiempo para estabilizar los iones de calcio y de potasio.

La tesis se desarrolló en la bodega de una empresa cusqueña “Bodegas Emperador” la cual produce vinos y espumantes y tiene buena acogida a nivel regional y se puede encontrarse sus productos en cualquier súper mercado local y regional, la recolección de las muestras fue en los meses de marzo a junio donde las temperaturas del Cusco bajan a 0°C para el presente caso llego a **-1.6°C** y el tiempo de tratamiento fue de **12 semanas**, aprovechando estas condiciones ambientales la empresa no tiene por qué invertir en sistemas de acondicionamiento los cuales incrementarían sus costos de producción y el precio se elevaría haciéndolo menos competitivo frente a otras marcas como los de la costa en especial los de la ciudad de Ica, para la presente tesis se pretende optimizar el tratamiento por frio y así reducir los tiempos de producción que signifiquen ahorro a la empresa Bodegas Emperador S.A.



## RESUMEN

El objetivo general de la tesis fue determinar los parámetros óptimos en la estabilización tartárica de vinos tintos, como objetivos específicos se tienen establecer los parámetros óptimos de temperatura de tratamiento y tiempo adecuado que permita precipitar las sales del bitartrato de potasio (THK) y el tartrato cálcico (CaT) y otras sales que están en menor cantidad en el vino.

La metodología que se utilizó es del método hipotético deductivo, fue el de diseño factorial con 3 repeticiones y la técnica es la superficie de respuesta que permitirá modelar el proceso de estabilización tartárica y determinar los puntos óptimos de tratamiento que permitirán una mejor precipitación de las sales del vino.

El modelo determinado del proceso de estabilización tartárica hallado fue:

$$\text{Precipitaciones mg} = -18.48 + 10.83 \text{ Semanas} + 10.20 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} - 0.437 \text{ Semanas}^2 + 0.55 \text{ Temperatura promedio}^2 \text{ } ^\circ\text{C} - 1.086 \text{ Semanas} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \pm 0.0193.$$

Los coeficientes de determinación hallados fueron: factor tiempo 0.9229, factor temperatura 0.661, los parámetros óptimos determinados para la estabilización fueron: la temperatura **-1.36** °C, el tiempo de tratamiento **9** semanas.

*Palabras clave: Optimización, Estabilización tartárica, vinos tintos, superficie de respuesta.*



## ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the optimal parameters for tartaric stabilization of red wines. Specific objectives are to establish the optimal parameters for temperature treatment and the proper time for salts precipitation in wine as potassium bitartrate (THK), calcium tartrate (CaT), and others in fewer proportions.

The hypothetical deductive methodology was used, three repetitions factorial design was applied using the response surface technique for modeling the tartaric stabilization process and establish the optimal treatment point for the best salts precipitation of wine

The best salts precipitation si es que estás dando la mejor de la mejor precipitación de sales

The defined model for the tartaric stabilization process was:

Precipitation mg =  $-18.48 + 10.83 \text{ Weeks} + 10.20 \text{ Average temperature } ^\circ \text{C} - 0.437 \text{ Weeks}^2 + 0.55 \text{ Average temperature}^2 \text{ } ^\circ \text{C} - 1.086 \text{ Weeks} * \text{ Average temperature } ^\circ \text{C} \pm 0.0193$ .

The determination coefficient factors were: time 0.9229, temperature 0.661, whereas, the optimal parameters for stabilization were: temperature  $-1.36 \text{ } ^\circ \text{C}$ , treatment time 9 weeks.

The determination coefficients were: time factor 0.9229, temperature factor 0.661, whereas, the optimal parameters for stabilization were: temperature  $-1.36 \text{ } ^\circ \text{C}$ , treatment time 9 weeks.

**Key words:** *Optimization, tartaric stabilization, red wines, response surface, modeling.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

En la elaboración de vinos se cuenta con muchos procesos tanto fisicoquímicos como bioquímicos, etapas que van desde la siembra, pasando por la vendimia y terminando en el embotellado final, todos estos procesos deben contar con estrictas medidas de calidad y parámetros establecidos que aseguren al consumidor que está adquiriendo un producto de calidad, la presentación del producto final es muy importante porque como es de conocimiento común todo entra primero por los ojos, la verdad es que no necesariamente el producto sea de mala calidad, sino que tuvo un proceso de estabilización tartárica deficiente manifestándose en pequeñas partículas en la base de la botella este efecto se produce cuando los vinos tintos que no fueron estabilizados correctamente y al estar almacenados por largos periodos y temperaturas cercanas a cero presentan partículas en el fondo, para evitar este efecto negativo la industria vinícola ha desarrollado muchas técnicas naturales, como someter al mosto del vino a temperaturas cercanas a 0° C por determinados periodos, llamando a este proceso “estabilización tartárica” propiamente dicho, en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos se debe tomar presente dos factores muy importantes que son el tiempo de tratamiento y la temperatura, estos factores contribuyen a la precipitación de ácidos orgánicos como el bitartrato de potasio, propios de la uva, los vinos tintos como la variedad Malbec sino tuvieron un buen tratamiento de estabilización tartárica presentan precipitados que se observan como pequeños cristales de color guinda oscuro en el fondo de las botellas del vino, estos cristales o precipitados se forman cuando el vino se almacena por largos periodos en las bodegas, este fenómeno se presenta más en vinos tintos que en los blancos por tener mayor concentración del ácido tartárico que se encuentra más en los vinos tintos. La precipitación del bitartrato de potasio se debe a la presencia en el vino del ácido tartárico, el más abundante de los ácidos orgánicos de las uvas, y de cationes como el potasio y el calcio, estos compuestos se encuentran frecuentemente de forma natural por encima de sus concentraciones de saturación y se mantienen disueltos debido a la presencia en el vino de coloides naturales como polisacáridos o taninos. Un descenso de la temperatura del vino puede romper el equilibrio causando la formación de cristales de bitartrato que al alcanzar un tamaño suficiente para que precipitan en el fondo del depósito, en este proceso se produce un ligero aumento del pH y disminuye la acidez total, si la precipitación se produce después





del embotellado, los cristales permanecen en el fondo de la botella y son percibidos negativamente por el consumidor, aunque no modifiquen las cualidades organolépticas del vino (Hernández 2018).



**Figura 1 – Precipitaciones tartáricas en botellas de vinos tintos**

Extraído de Triulzi E. 2018 “Precipitaciones e botellas de vinos tintos”

La estabilización tartárica por frío mediante técnicas clásicas estimula también la acentuación de taninos en vinos tintos cuando sometidos a temperaturas cercanas a su punto de congelación, la estabilización tartárica es un proceso que debe aplicarse correctamente en la elaboración de vinos tintos puesto que puede repercutir en el proceso de compra por parte del consumidor al momento de elegir una marca específica para evitar este problema los productores destinan muchos recursos económicos en el tratamiento de estabilización tartárica ambientando sus bodegas con sistemas de frío para evitar que el ácido tartárico precipite cuando este almacenado por mucho tiempo, con el nombre de quiebras se denominan a una amplia serie de alteraciones en los vinos para evitar que se desestabilicen posteriormente, algunas de origen puramente físico y otras de origen químico que tienen en común el poder producir cambios sensibles del color, opalescencias, enturbiamientos, formación de depósitos de distintos colores y aspectos que, en resumen, quiebran la apariencia del vino (Molinero, 2015), actualmente existen técnicas muy avanzadas como el intercambio catiónico, electrodiálisis, tratamiento con micro membranas, etc. los cuales tienen buenos resultados para estabilizar correctamente los vinos tintos, el problema radica cuando se elabora vino en zonas donde la naturaleza brinda las condiciones necesarias para poder someter a tratamientos en frío al mosto del vino por determinados periodos, pero las condiciones climáticas de la naturaleza como la temperatura no son estables y varía durante el día, estas variaciones pueden repercutir en

la estabilización del vino es por este motivo que los productores se ven obligados a ampliar el tiempo de tratamiento a semanas aprovechando los meses más fríos en el año, como es el caso de la empresa Bodegas Emperador que elabora vinos en la ciudad del Cusco, para optimizar este proceso en esta situación particular no se cuenta con bibliografía o investigaciones sobre estabilización tartárica en zonas donde no debería elaborarse vino tornándose más complejo el problema, para resolver este problema necesitamos aplicar un diseño experimental y una metodología que sea capaz de representar el proceso y pueda optimizarlo según las condiciones sui generis que se tiene, para resolver este problema se plantea aplicar un diseño experimental de superficie de respuesta y así determinar los parámetros óptimos, posteriormente se aplicara una triangulación metodológica que respalde los parámetros establecidos en el modelo optimizado para la estabilización tartárica de vinos tintos que validen los resultados obtenidos pues como se mencionó no se cuenta con referencias directas sobre la tesis para poder ser contrastado directamente.

## 1.2. Enunciado del Problema

En la optimización del proceso de estabilización tartárica de vinos tintos el tiempo y la temperatura son factores que intervienen en el proceso de precipitación del ácido tartárico, ácido cálcico, etc. propios de la uva y son variables que se deben optimizar a través del diseño de superficie de respuesta que permitirá encontrar cuales son los parámetros óptimos para la estabilización tartárica.

### 1.2.1. Problema Central

¿Es posible optimizar los factores mediante el diseño de superficie de respuesta del proceso de estabilización tartárica de vinos tintos?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible optimizar el tiempo en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos Malbec mediante el diseño de superficie de respuesta que asegure y optimice los parámetros?
- ¿Es posible optimizar la temperatura en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos Malbec mediante el diseño de superficie de respuesta que asegure y optimice los parámetros?

- ¿Es factible modelar el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos Malbec mediante el diseño de superficie de respuesta que asegure y optimice los parámetros?

### 1.2.3. Justificación de la investigación

La tesis pretende aportar conocimientos técnicos en la estabilización tartárica de vinos tintos mediante un modelo matemático y parámetros óptimos y así evitar que los vinos al momento de ser almacenados a temperaturas cercanas a cero presenten impurezas o precipitados en el fondo de las botellas.

Esto implica que la investigación se orienta a optimizar los tiempos de tratamiento y de temperatura en post de una mejora en la producción y que el trabajo realizado por los productores no se vea limitada por este efecto de cristalización de los ácidos del THK que se produce por largos periodos de almacenamiento a bajas temperaturas en los almacenes de las diferentes bodegas que expenden el producto.

El presente trabajo de investigación tiene un aporte teórico técnico a la ingeniería agroindustrial puesto que servirá de base a futuras investigaciones en los cuales se optimicen procesos en la estabilización tartárica por frío a condiciones naturales en el Perú.

Dado el interés industrial y económico que representa para los productores de vinos en el Perú la investigación cobra interés e importancia pues propone un modelo matemático el cual puede ser adaptado según las necesidades y características de los productores y así contribuir al desarrollo de la industria vinícola del Perú.

La investigación se desarrolló en la empresa vinícola Bodegas Emperador S.A. de la ciudad del Cusco la cual si bien tiene sus parámetros de estabilización tartárica definidas este proceso aún no se encontraba optimizado ya que la empresa aprovecha las temperaturas bajas del Cusco para dar el tratamiento, para evitar que se desestabilicen los vinos la empresa emplea 12 semanas de tratamiento que funciona perfectamente bien pero al ser analizado estadísticamente resultó que puede ser realizado en 9 semanas teniendo los mismos resultados lo cual significa que la empresa puede reducir sus costos de mano de obra por tres semanas sin alterar el producto y ahorrando en costos, es

por este motivo que la misma empresa estuvo interesada en el desarrollo de la tesis desde el primer momento contribuyendo en todo lo que se necesitó para su ejecución.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1. Objetivos de la investigación

##### 2.2.1. Objetivo general

Optimizar los factores que intervienen en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos a través del diseño de superficie de respuesta.

##### 2.2.2. Objetivos específicos

- Optimizar el tiempo en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos a través del diseño de superficie de respuesta.
- Optimizar la temperatura en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos a través el diseño de superficie de respuesta.
- Modelar el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos variedad Malbec tintos a través de regresiones múltiples.

#### 2.2. Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1. Hipótesis general

Los parámetros de estabilización (temperatura y tiempo) influyen significativamente en la precipitación de sales de vinos tintos.

##### 2.2.2. Hipótesis específicas

- El tiempo de estabilización influye significativamente en la precipitación de sales de vinos tintos.
- La temperatura de estabilización influye significativamente en la precipitación de sales vinos tintos.

#### 2.3. Operacionalización de variables

##### 2.3.1. Variable dependiente

La variable dependiente es de tipo cuantitativa continua conformada por los precipitados de vino tintos



### 2.3.2. Variables independientes

La variable independiente es de tipo cuantitativa continúa siendo estas temperaturas ( $T_n$ ) y tiempo ( $t_n$ ) las cuales serán manipuladas por el investigador siendo una variable activa.

**Tabla 1 – Operacionalización de variables**

Variables	Nombre de variables	Indicadores	índices
Variables independientes	tiempo de tratamiento	T(tiempo)	semanas
	temperatura de estabilización	T(temperatura)	°C
Variable dependiente	precipitados en la estabilización Tartárica	Mg(precipitados)	miligramos

\*Se evaluará los precipitados en la estabilización tartárica

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1. Antecedentes

- a) En el trabajo de (Fuentes, 2013) titulado “*Análisis del sector vitivinícola exportación de vino dulce a china (bodegas quitapenas*” hace referencia a los tratamientos por frío en la cual es muy importante controlar la temperatura que no debe sobrepasar los 16 °C esto se controla a través de una camisa o serpentín que lleva agua fría por (8 - 9 °C). para vinos semisecos 18 días.
- b) En el trabajo de investigación de (Hidalgo y Flanzky, 2003) titulado “*Revisión sobre técnicas actuales de estabilidad tartárica en los vinos*” indica que para tratamientos largos por frío es necesario refrigerar el vino a la temperatura de tratamiento la cual debe ser cercana a la temperatura de congelación, dentro de una cámara frigorífica acondicionada que mantenga dicha temperatura y dejándolo durante un tiempo variable de 7 a 12 días para vinos blancos y de algunas semanas para los vinos tintos en la cual se produce la precipitación de los tartratos propios de la uva.
- c) En el trabajo de tesis de (Corti, 2015) titulado “*Estabilización tartárica en vinos: comparación entre electrodiálisis y tratamiento de frío por contacto*” indica que “si se va realizar la precipitación de los tartratos de los vinos, se puede usar la estabilización por frío la cual consiste en enfriar el vino para influir en la solubilidad por el método de contacto directo, el cual favorece a la precipitación de los tartratos y bitartratos de potasio aplicando temperaturas entre 0 a -4 °C.”
- d) En el trabajo de investigación de (Togores, 2010) titulado “*Estabilización Tartárica y colorantes en vinos*” hace referencia que el tratamiento por frío es un proceso de estabilización que se realiza en un depósito isoterma donde se enfría a temperaturas bajas cercanas a su punto de congelación entre -4 y -6 °C.
- e) En el artículo científico de (Montagnani, 2019) titulado “*Método analítico para un uso óptimo y eficaz de manoproteínas para la estabilización*” hace referencia que para “la prueba de estabilidad por frío, la congelación del vino es una prueba tradicional que tiende a influir en la inestabilidad del vino, ya que toda la estructura coloidal se congela y no puede interactuar de ninguna forma para producir efectos no deseados de los tartratos de potasio en los vinos.

- f) En el trabajo de investigación de (Veloz, 2015) titulado *“Evaluación del tratamiento por frío y el tratamiento por electrodiálisis en la estabilización tartárica del Vino”* hace referencia que el vino se estabilizó a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  por: 8, 15, 22 días según el análisis de ANOVA existe una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos del vino estabilizado por frío con un nivel de significancia del 95% entre cada tratamiento realizado.
- g) Existen varias técnicas y procedimientos para estabilizar el ácido tartárico y el bitartrato de potasio, aunque ninguna de las técnicas es del todo satisfactoria para los productores, estas técnicas se basan en tres estrategias la inducción por cristalización, la adición de inhibidores y la eliminación del exceso de iones, el tratamiento por frío corresponde a la primera categoría y es el más practicado por los productores de vino teniendo temperaturas por debajo del punto de congelación, la segunda opción es la adición de ácido metatartrico (MTA) y carboximetilcelulosa (CMC), la tercera opción es el tratamiento con resinas catiónicas para retirar los iones de potasio y calcio, todas estas opciones presentan limitaciones desde el punto de vista sensorial con un costo adicional del producto. (Guasch, 2015)
- h) En la refrigeración de los vinos jóvenes el objetivo es reproducir las condiciones de almacenamiento donde las temperaturas bajan durante el invierno y pueden llegar a precipitar las sales tartáricas propios de la uva denominadas comúnmente crémor tártaro cuya sedimentación se ve reflejada mediante coloides (precipitados) en el fondo de las botellas. (Puig y Vayreda, 2016)

## 3.2. Marco teórico

### 3.2.1. Elaboración de Vinos

#### 3.2.1.1. La fiesta de la Vendimia

La Vendimia, o festival de la cosecha se lleva a cabo en la ciudad de Ica durante las primeras semanas de marzo desde el año de 1958, ciudad en la cual se produce los mejores vinos de calidad de Perú y los mejores piscos del mundo se encuentran en la ciudad Ica con buena aceptación. el aguardiente de uva peruana denominado “pisco”, es originario de esta región, la vendimia que es una fiesta dedicada a la uva la cual es una fruta que crece en los áridos desiertos de la ciudad Ica, gracias a su alta calidad permite producir los vinos más valiosos del Perú, transformando a la





ciudad de Ica en una región productora de vinos por excelencia con reconocimiento mundial. (Redbus.com, 2018)



**Figura 2 — Festival de la vendimia en la ciudad de Ica 2018**

Extraído de Diario el comercio festival de la vendimia 2018

La práctica de la vendimia data de la Antigua Roma, no podemos hablar de vendimia y su fiesta sin citar las “Vinalias” celebraciones de la población romana en honor al dios Júpiter y la diosa Venus, los antiguos romanos organizaban estas fiestas para pedir protección para sus huertas, las fiestas de la vendimia normalmente terminaban en auténticas bacanales llenos de júbilo, que fueron representadas en piezas de cerámicas decorativas de la época, donde la importancia del vino se ve reflejada también en el culto al “dios del vino y la vendimia”, llamado “Dionisio en la época griega”, y Baco en la época romana.

Como dato curioso los antiguos romanos primero vendimiaban la parte que daba al sol, siendo la mayor parte de los participantes hermosas mujeres, haciendo el ritual con tijeras o con sus propias manos en algunos casos.

En la Edad Media, con la llegada del cristianismo, el vino adoptó un carácter sagrado y litúrgico, ya que para los cristianos representa la sangre de Jesucristo. Se conoce poco acerca de las fiestas de la vendimia, la mayoría de los cultivos se ubicaban cerca o en el entorno de los monasterios, en la época del renacimiento se heredó algunas prácticas

propias de la era clásica, así mismo volvieron los antiguos ritos paganos en torno al vino retomando en medida algunas prácticas y fiestas antiguas de entonces.

Con el transcurso de los años ya en la era moderna las fiestas y celebraciones de la vendimia fueron consolidándose y creando una auténtica tradición en los productores en la Europa occidental principalmente en el país de Francia, se tenía la certeza de que sus tierras poseían viñedos desde la época de los antiguos celtas, grandes expertos en viticultura de su época. (Bodegas Comenge, 2015)

### **3.2.1.2. Estrujado y despalillado**

El despalillado es un procedimiento que consiste en separar las bayas de sus raspones, el estrujado consiste en estrujar las bayas para extraer más fácilmente el mosto y facilitar la disolución de los compuestos contenidos en el hollejo, antiguamente este proceso se realizaba a mano, pero hoy en día se realiza mecánicamente mediante máquinas modernas denominadas despalilladora-estrujadora que realizan esta labor.

Las máquinas más modernas están diseñadas para evitar un daño en lo posible a las uvas en la fiesta de la vendimia.

El despalillado y el estrujado son procedimientos muy comunes en la vinificación siendo muy practicado en el prensado directo que realizan los productores de vinos, en algunas condiciones pueden ser necesarios su aplicación, pero el despalillado y estrujado de uvas tintas es una práctica muy generalizada en la mayoría de bodegas de vinos, esta práctica permite evitar la maceración del raspón y por tanto la extracción de compuestos herbáceos que alteran las propiedades organolépticas del vino.

El reglaje de las maquinas es esencial para la calidad del trabajo que realizan, la alimentación a la despalilladora debe ser regular y continua para conseguir esto es necesario que los dispositivos y equipos de seguridad estén adaptados con un variador de velocidad.

La velocidad de rotación de los equipos de bastidores debe estar adaptada y acondicionada al rendimiento del equipo, si es demasiado lento las



bayas se quedarán sobre los raspones y serán desalojadas junto con ellos; si es demasiado rápido provoca el aplastamiento de las bayas con la presencia de restos vegetales en el depósito. (Bodegas Mariscal, 2019)

### **3.2.1.3. Maceración en frío de vinos**

La maceración en frío y maceración pre fermentativa es un procedimiento aplicado durante la producción de vinos la cual consiste en un procedimiento que permite obtener un mayor contenido de sustancias aromáticas y pigmentos a partir del empleo del agua procedente de la propia vid de uva como único medio de solubilización sin que haya una intervención del alcohol, para garantizar que no se exceda y se incrementen tonos astringentes que cambiarían sus propiedades, este proceso se realiza tanto para la obtención de vinos tintos como para los blancos, luego de este proceso resultan los vinos más frutales y tienen aromas muy complejos y variados, así como también coloraciones más intensas. (Gonzales, 2010)

### **3.2.1.4. Ecurrido y prensado**

Este procedimiento consiste en separar el mosto liberado durante el estrujado por medio del uso de un escurridor inclinado provisto de un vibrador acoplado a una prensa continua que facilita el proceso. (Beltrán, 2019)

### **3.2.1.5. Fermentación Maloláctica en vinos tintos**

La fermentación maloláctica (FML) del vino es producida por las bacterias lácticas como el *Leuconostoc*, *Pediococcus* y *Lactobacillus* sp, que mediante una vía catabólica convierten el ácido L (-) málico en ácido L (+) láctico con producción  $\text{CO}_2$  como productos principales de este proceso, para que se dé la reacción bioquímica es necesario la presencia de la enzima malato-carboxilasa (enzima maloláctica), nicotin-amida-adenina dinucleótido ( $\text{NAD}^+$ ) y  $\text{Mn}^{+2}$ , la FML puede alterar e influenciar en la calidad del vino debido a que origina descenso de la acidez total en los vinos, en la estabilización biológica ante nuevos ataques y presencias de bacterias lácticas puede producir un incremento en la complejidad del aroma y sabor, causado por la desaparición de algunos componentes y la

síntesis microbiana de nuevas sustancias que pueden alterar sus propiedades. (Boulton, 1995)

Durante la FML la población microbiana de bacterias lácticas puede llegar a  $10^7$  - $10^8$  células/ml, además de producir ácido láctico, aportan con compuestos aromáticos tales como acetaldehído, ácido acético, etanol, diacetilo, acetoína, y 2-3 butilen-glicol, los que influyen en la composición organoléptica del vino. (U.V.C, 2001)

Los vinos procedentes de regiones frías tienen un alto contenido de ácido y pueden beneficiarse con una desacidificación mediante la FML, sin embargo, los vinos de las regiones más cálidas como de California, Sudáfrica, Australia y Mendoza (Argentina), tienen una menor acidez y pueden desmejorar su calidad por acción de la FML, una reducción de acidez en los vinos en estos casos resulta en un vino chato, insípido, con una tendencia al desarrollo de patógenos bacterianos en su composición, en los vinos que tienen un pH alto las características organolépticas en especial el color pueden ser afectadas negativamente por la FML, como efecto de la FML desciende considerablemente la intensidad y la calidad del color en los vinos tintos. (Zoecklein, 1994)

#### **3.2.1.6. Trasiego en la elaboración de vinos tintos**

El Trasiego es un procedimiento que consiste en separar del vino aquellas materias sólidas contenidas en el fondo de los recipientes durante el proceso de la fermentación y durante las diferentes etapas de la crianza de los vinos tintos como blancos, el vino resultante del proceso de la fermentación suele estar entre 70-75% del peso inicial de las uvas, los hollejos se prensan suavemente para obtener restos de vino que contengan, de los cuales se utilizan para hacer orujo u obtener alcohol.

En los vinos nuevos se produce una clarificación espontánea, y "las madres" (lías, fangos) se depositan en el fondo de los recipientes, es muy aconsejable que estos sedimentos no estén mucho tiempo junto al vino y de esta forma para ir disminuyendo la turbidez de los vinos.

Mediante el procedimiento del trasiego se pasa el vino de un depósito a otro, o de una bodega a otra, se puede realizar mediante la aplicación de una bomba o por su propio peso en todo caso.



Por esta razón se debe hacer el trasiego con frecuencia el vino se debe traspasar a cubas limpias y desinfectadas, este proceso airea el vino y esto es muy conveniente a un principio para ayudar al buen acabado de la fermentación y la estabilización del vino, puesto que permite la evaporación de sustancias volátiles resultantes de la fermentación y de gas carbónico en el proceso.

El trasiego también se usa para la homogeneización de vinos entre diferentes cubas para conseguir uniformidad en los productos finales.

### 3.2.1.7. Clarificación de vinos

Luego del proceso fermentativo los vinos se muestran turbios por tener en suspensión diversas materias naturales como levaduras muertas, bacterias, etc. que se depositaran al fondo del envase o depósito si el vino está tranquilo y no se remueve, sin embargo, la caída de estas sustancias no disueltas depende también de su tamaño, las más gruesas caen pronto, mientras que las menores caen muy tarde y muy difícilmente por su tamaño pequeño.

En la clarificación espontánea llamada también clarificación estática supone esperar un tiempo a las materias para que se depositen en el fondo, al realizar el trasiego se pasa tan sólo el 95% limpio, separándolo del sedimento que hay en las cubas.

Las materias vegetales propias de las uvas que tienden a precipitar una vez que la actividad fermentante cesa son:

Materia vegetal de 1.00 tamaño en mm, tarda un día tiempo que tarda en depositarse, materia vegetal de 0.20 tamaño en mm, tarda una semana tiempo que tarda en depositarse, materia de levadura muerta de 0.005 tamaño en mm, tarda dos meses tiempo que tarda en depositarse, materia bacteriológica muertas de 0.0008 de tamaño en mm, tarda seis meses tiempo que tarda en depositarse.

Con mucha paciencia y esperando varios meses el vino se presentará limpio y brillante, pero en la práctica y cambios atmosféricos de presión pueden facilitar que la materia sedimentada vuelva a ascender y enturbiar nuevamente al vino, sobre todo en época con bajas en la presión, por esta

razón, los trasiegos se hacen en época de alta presión, cuando los sedimentos están asentados.

En algunos casos se recurre a forzar la caída y sedimentación de las materias en suspensión para ello se "engordan" tales materias mediante un clarificante que se coagula en el vino, engordando las partículas y acelerando su precipitación y descenso.

Los clarificantes son sustancias que con el contacto con el vino y por su contenido de alcohol o bien por su acidez o por sus taninos floculan es decir se cuajan y aceleran su caída de las partículas del vino.

- Pueden utilizarse varios tipos como:
- De origen animal como las albúminas
- De origen marino como los alginatos
- De origen mineral como la bentonita
- De origen químico como el anhídrido silícico (Bodegas Urvina, 2011)

#### **3.2.1.8. Estabilización del vino**

Cuando un vino es filtrado e incluso clarificado es susceptible de enturbiarse, en algunos casos de producir depósitos, como por ejemplo de ciertos metales propios de la uva, es importante que la limpieza del vino sea constante, es necesario obtener una estabilidad óptica del vino, la formación de partículas que enturbian puede tener diversos orígenes, una de ellos puede ser causada por una infección microbiana de levaduras o bacterias, por formación de precipitaciones químicas es decir insolubilización de sustancias contenidas en abundancia, al estabilizar un vino no es fijarlo en el estado en que se encuentra es bloquear su evolución es impedir precipitaciones en las desviaciones de su conservación, no es cuestión de impedir su envejecimiento, el objetivo es de conferirle un color y limpieza estable conseguir que aguante las condiciones límites en su conservación ya sea por la aireación, exposición a la luz, temperaturas bajas o elevadas, cuando el vino está estabilizado se consigue la mejor evolución gustativa del vino, la estabilización del vino es un concepto enológico contrapuesto por su carácter preventivo a la antigua enología correctiva clásica. (Gon, 2016)

### 3.2.1.9. Crianza en bodegas

La crianza de vinos es un proceso de envejecimiento y maduración de un vino para obtener los mejores aromas y matices propios del vino, ya sea en barricas, en depósitos o en la propia botella.

Como ya se sabe, el vino evoluciona con el tiempo y es fundamental aprovechar la transformación para producir una mejora continua durante el ciclo de vida de crianza del vino, estos cambios se producen principalmente por reacciones químicas, oxidativas, físicas, biológicas que se dan en el vino durante la elaboración del vino, las distintas condiciones geográficas de la región de cultivo de la uva, así como los pertinentes trabajos de viticultura, tienen una gran incidencia en el proceso de producción del vino, por tal motivo, la crianza de un vino se verá influenciada por los siguientes factores:

- Suelo y clima de la zona de origen del cultivo de la vid.
- Mantenimiento de los viñedos constantemente.
- El proceso de la vendimia propiamente dicho.
- Condiciones de almacenamiento a bajas temperaturas.

Estas características favorables de un vino para ser envejecido dependerán en gran medida de cada una de las fases en su producción desde el viñedo hasta su almacenamiento en botella y en las bodegas.

Normalmente se diferencian por el tipo de material utilizado para el envejecimiento y por presencia de oxígeno durante el proceso, los materiales más comunes son de madera, el acero inoxidable, el cristal y en función de la oxidación según el objetivo principal de la crianza de vinos.

En cuanto a la presencia de oxígeno durante la crianza del vino podemos distinguir entre crianza oxidativa, reductiva y mixta como principales procesos con los que se cuenta.

La crianza oxidativa de vinos se diferencia por las condiciones de oxidación a las que se somete, normalmente este tipo de crianza se realiza en barricas o depósitos de madera resultando vinos astringentes e intensos, con una notable presencia de taninos.

Ante la ausencia de oxígeno durante la maduración de vinos en la cual permite conservar y proteger sus aromas y matices, este tipo de crianza se realiza principalmente en la botella en posición horizontal y los vinos resultantes se caracterizan por una mayor suavidad y menor presencia de taninos en su composición.

La crianza mixta la cual es la más extendida entre productores se lleva a cabo combinando los dos sistemas mencionados anteriormente, primero el vino es sometido a una crianza oxidativa en madera posteriormente a un periodo más largo de crianza reductiva en botella, es en esta última fase en la que el vino alcanzará su óptima maduración y propiedades características. (Laus, 2018)

#### **3.2.1.10. Filtración de vinos**

Este es un proceso que consiste en que el líquido obtenido tras la vinificación pase por una capa filtrante en donde se retienen las partículas sólidas y las impurezas provenientes de la uva de la vendimia y de los procesos anteriores, esta primera filtración se encarga de eliminar partículas grandes y las sustancias finas que puedan estar presentes en el vino.

Los procesos de filtración en los vinos de mayor calidad son más rígidos e incluso pueden eliminar los compuestos o componentes que ayudan al envejecimiento del vino, los procesos de filtración se realizan de tres formas, en primer lugar, la filtración por tierras, este tipo de sistema usa arena fósil, la cual retiene las impurezas del vino, en segundo lugar está el sistema de filtración por placas, este método emplea placas prefabricadas con distintos grados de porosidad, los cuales sirven como material filtrante para retener impurezas no deseadas, por último la filtración por membrana se realiza antes del embotellado, de esta forma se garantiza la estabilización. (Vinetur, 2019)

#### **3.2.1.11. Embotellado de vinos**

El embotellado de vinos es introducir el vino en una botella generalmente de vidrio, aunque se puede encontrar botellas de plástico, de cerámica, de barro, de tetra brik y bag in box, si no se realiza un filtrado adecuado las partículas más gruesas se presentan en el



recipiente del vino, por este motivo las botellas nos avisan de las presencias de estos precipitados, que no son nada perjudiciales para su composición organoléptica. (Catatu, 2017))

### **3.2.2. La estabilización tartárica del vino**

Después del proceso de fermentación alcohólica el vino tiene una sobresaturación de bitartrato potásico, esta sal tiene la propiedad de formar pequeños cristales que, con las bajas temperaturas ambientales en un lapso de tiempo aumentan de tamaño y van sedimentándose en el fondo del recipiente, tiene el mismo principio que la clarificación, para el proceso primero se enfría el vino a 4 grados bajo cero, se pasa a un recipiente isotérmico y se deja unos días a esta temperatura, controlando la conductividad, este procedimiento es directamente proporcional a la concentración de sales, puesto que a medida que el bitartrato de potasio va depositándose en el fondo de la botella, la conductividad va disminuyendo, cuando llega a un nivel determinado, se puede filtrar y preparar para el embotellado, en el caso de vinos de gran reserva no se enfrían pues se embotellan a partir del segundo o tercer año, cuando el bitartrato ha precipitado en gran cantidad y puede ser filtrado. (Blancoexitimo, 2012)

### **3.2.3. Estabilización tartárica por frío**

El tratamiento por frío, requiere una alta inversión en depósitos isoterms acondicionados de equipos de frío, con alto consumo eléctrico, de una duración de 5 a 10 días en promedio y en el caso de realizar siembra conlleva un coste en producto y procesado, se requiere una filtración posterior, los sistemas aplicados en este proceso son una recreación de los procesos naturales de estabilización por frío, los vinos deben llevarse a un punto cercano a su congelación.

#### **3.2.3.1. Estabilización de larga duración**

Este tratamiento consiste en refrigerar el vino a temperaturas de tratamiento cercana a la temperatura de congelación, en un depósito isotérmico, dentro de una cámara frigorífica que mantenga dicha temperatura de tratamiento y dejándolo durante un tiempo de 7 a 12 días aproximadamente para vinos blancos y de algunas semanas para los vinos

tintos en el transcurso de los cuales se produce una insolubilización espontánea de los tartratos propios del vino.

### **3.2.3.2. Estabilización de corta duración**

Este tratamiento tiene por objetivo reducir el tiempo de estabilización a unas 4 a 6 horas e incluso algo menos en vinos blancos utilizando temperaturas del orden de 0°C, para lo cual se utilizan depósitos isotérmicos de fondo cónico (cristalizadores) y se adhieren con tartratos molidos de un tamaño menor a 50 µm de tamaño.

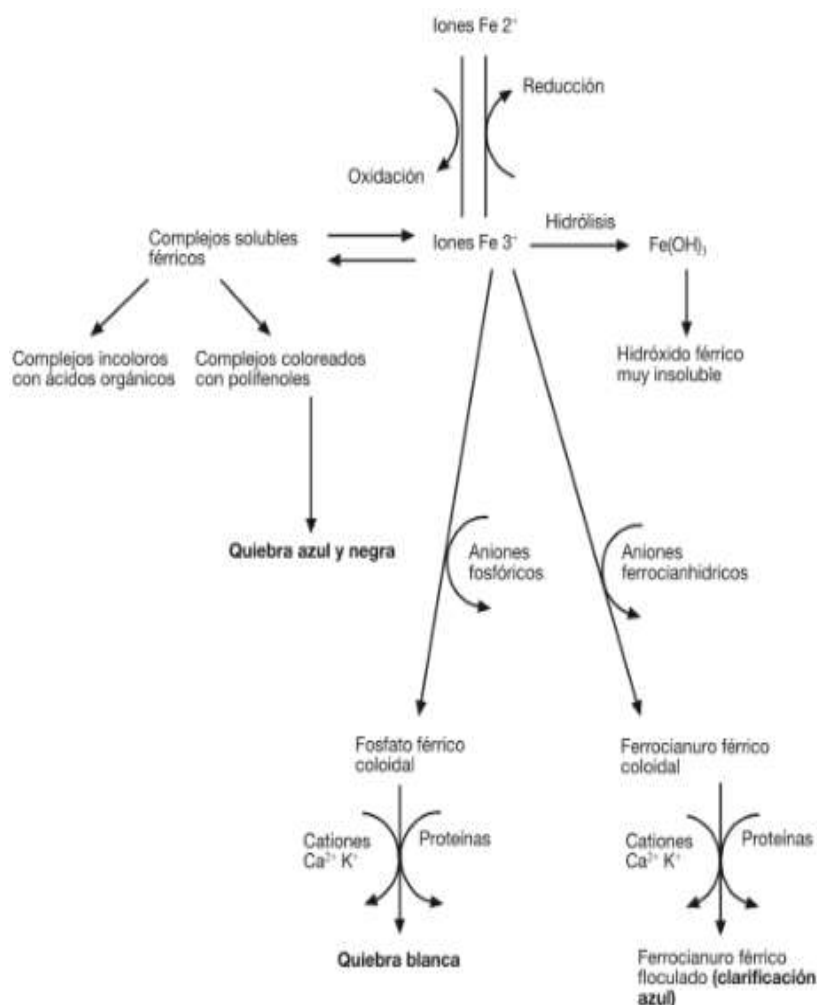
### **3.2.3.3. Tratamiento con frío en continuo**

Este tipo de tratamiento es útil para bodegas que manipulan grandes cantidades de vino, las cuales requieren una inversión muy elevada en instalaciones complejas, tiene un elevado coste energético y no se obtienen los resultados esperados, existe un aumento de pH y una disminución de acidez, para lo cual se requiere la adición de THK y una filtración posterior, se debe realizar una siembra de cristales de tartratos finamente molidos, una vez que ha precipitado los ácidos de la uva, el THK debe eliminarse por filtración para eliminar los cristales precipitados, una alternativa de mejora de este procedimiento es la adición al vino de grandes cantidades de cristales para que el tratamiento a baja temperatura resulte más eficiente y dure menos tiempo del previsto. (Sanz, 2012)

### **3.2.4. Precipitaciones metálicas**

Las precipitaciones de los metales propios de la vid de la uva se pueden producir por la influencia de tres causas, la primera según la concentración de metales orgánicos en los vinos, la segunda causa depende de las condiciones de oxidación o reducción de los vinos tratados, la tercera causa se da por la presencia de otras sustancias o condiciones que presentan los vinos y que pueden actuar provocando o impidiendo la insolubilidad y su consecuente precipitación de estos metales. (Hidalgo, 2018)





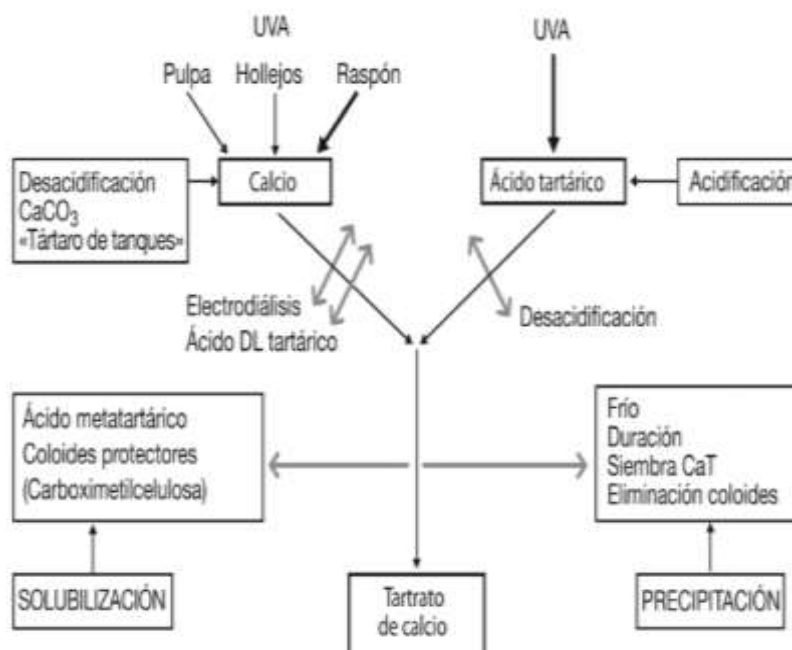
**Figura 3 — Precipitaciones Metálicas**

Extraído de Ribéreau-Gayon, J. 1933 “Precipitaciones metálicas en los vinos aireados”

### 3.2.5. Precipitaciones tartáricas

El ácido tartárico es uno de ácidos más abundantes que se encuentra presente en los vinos, puede ser insolubilizado parcialmente por la acción de los cationes de potasio y calcio formando así las siguientes sales bitartrato potásico o tartrato ácido de potasio (THK), tartrato neutro de potasio (TK<sub>2</sub>), tartrato neutro de calcio (TCa), tartrato doble de potasio y de calcio (T<sub>2</sub>K<sub>2</sub>Ca), y la sal mixta de malotartrato de calcio (MTCa<sub>2</sub>), a valores normales de PH en los vinos se encuentra el bitartrato potásico y el tartrato cálcico pues las últimas únicamente se forman cuando el PH es superior al valor de PH de 4.5, el ácido tartárico presente en el vino y a 20 °C de temperatura posee una solubilidad de 4.9 gramos/litro mientras que en las mismas

condiciones el bitartrato potásico es de 5.7 gramos/litro y el tartrato neutro de calcio es de 0.53 gramos/litro. (Hidalgo, 2018)



**Figura 4 – Precipitaciones tartáricas**

Extraído de Blouin J. y Peynaud E. 2018 “Esquema de precipitaciones del tartrato cálcico” pg. 1554

### 3.2.6. El pH en los vinos tintos

El pH presente en las uvas contienen concentraciones significativas de ácidos orgánicos, los ácidos orgánicos mayoritarios son el ácido tartárico, málico y cítrico, de estos tres, los ácidos tartárico y málico representan alrededor del 90% de los constituyentes ácidos del zumo del vino (Amerine and Joslyn 1950), en la maduración el contenido de tartrato y malato del zumo desciende acompañado por un ligero aumento en el pH, debido a la variación en la capacidad tampón, no hay una relación directamente proporcional entre la acidez titulable y el pH, sin embargo mayores niveles de acidez en el zumo de la fruta se asocian a menudo con menores valores de pH y viceversa.

En consecuencia, los ácidos de la fruta tienen una incidencia significativa sobre el pH del zumo de las uvas, también es sumamente importante el sabor, color y estabilidad microbiana del zumo de las uvas, los ácidos orgánicos del vino provienen principalmente de las uvas, sin embargo, muchos otros ácidos se forman

en el proceso la fermentación, los ácidos principales producidos durante y después de la fermentación alcohólica son el ácido acético, ácido láctico y ácido succínico.

La mayoría de los vinos producidos comercialmente contienen niveles de acidez en el rango de 0,6 a 0,9 % en promedio, el contenido de acidez del mosto se determina mediante la valoración de una muestra, con una base como solución de hidróxido sódico hasta un punto final indicado por la fenolftaleína. (Tenorio, 2014)

### 3.2.7. Bitartrato de potasio (THK)

El Bitartrato potásico también conocido como crémor tártaro, tiene la fórmula  $KC_4H_5O_6$ . es un subproducto de la producción del vino, es una sal ácida del potasio del ácido tartárico, un ácido carboxílico, el bitartrato de potasio se cristaliza en las barricas de vinos durante la fermentación del zumo de uvas y puede precipitarse en las botellas de vino, esta forma cruda conocida también como capa de tártaro es almacenada y purificada para producir un polvo blanco e inodoro utilizado con gran frecuencia en varias actividades culinarias. (Harris, 2006)

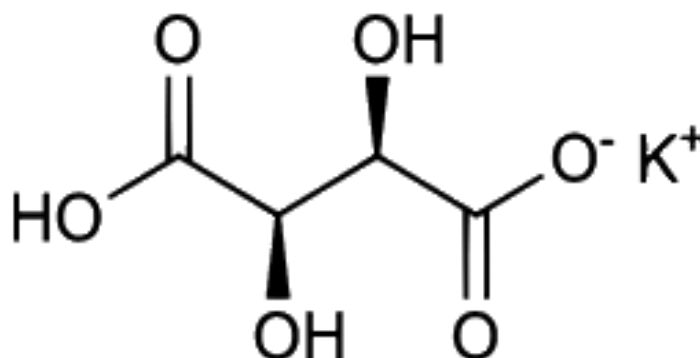


Figura 5 — Bitartrato de Potasio

Extraído de Recuperado de Anulab.com 2019. Bitartrato de potasio

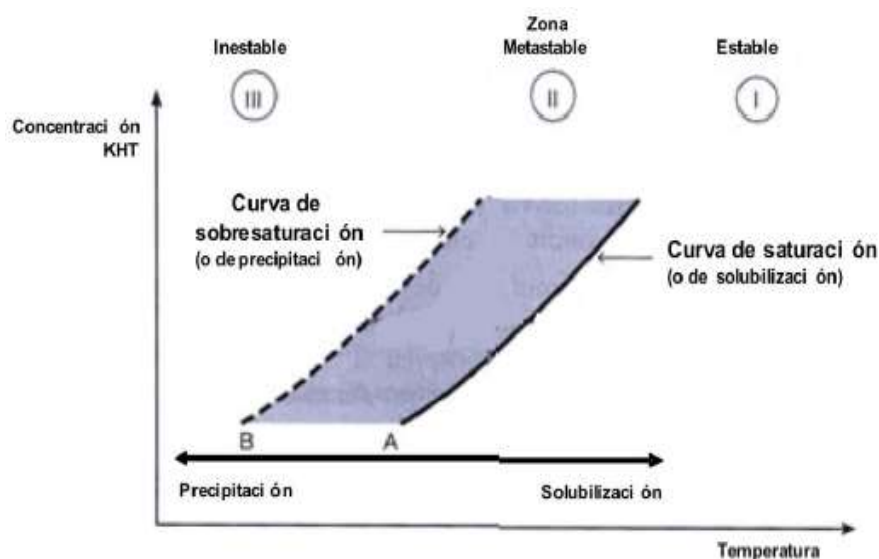
### 3.2.8. Tartrato cálcico (CaT)

El tartrato de calcio es un producto secundario de la industria del vino, obtenido de los residuos de la fermentación, se utiliza como conservante de alimentos con el código: E 354, como el ácido tartárico, el tartrato de calcio tiene dos carbonos asimétricos por lo cual tiene dos isómeros quirales y un isómero no-quiral.

La mayoría de los tartratos de calcio son de origen biológico es de isomería quiral levorotatorio.

### 3.2.9. Factores que influyen en la precipitación del ácido tartárico

Las temperaturas bajas cercanas a los 0°C favorece a la nucleación o cristalización, el aumento del tamaño de los cristales y la precipitación de los mismos precipitados, el someter el vino a bajas temperaturas es un tratamiento preventivo para eliminar los cristales antes del embotellado, de este modo, se impedirá que se formen en el fondo de las botellas de vino, a mayor grado alcohólico disminuye el producto de solubilidad de los cristales formados y por consiguiente, potencia la precipitación.



**Figura 6 Cristales de tartrato cálcico**

Extraído de Calvert, E, “Curva de Solubilidad “, 2000

**Zona I:** El vino es estable, independientemente de la temperatura y de la concentración de THK. No hay riesgo de precipitación y el vino es capaz de disolver las sales de THK.

**Zona II:** Entre las curvas A y B hay riesgo de precipitación: es la zona metastable. Si hay microcristales, su tamaño aumentará. Hablamos de sobresaturación. La curva A se conoce bien, pero la B depende fuertemente de la carga coloidal del vino.

**Zona III:** Por encima de la curva B habrá siempre precipitación de THK. Definición: Para un valor dado de THK, la temperatura de saturación es aquella a partir de la cual el vino es capaz de disolver el THK.

### 3.2.10. Métodos de superficie para la optimización de procesos

La metodología de superficies de respuesta o MSR es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para el modelado y análisis de problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de varias variables y en donde el objetivo principal es optimizar esta respuesta mediante la forma  $Y=F(x, y)$ . donde Y es la variable dependiente y las variables independientes son x, y. (Montgomery, 2004)

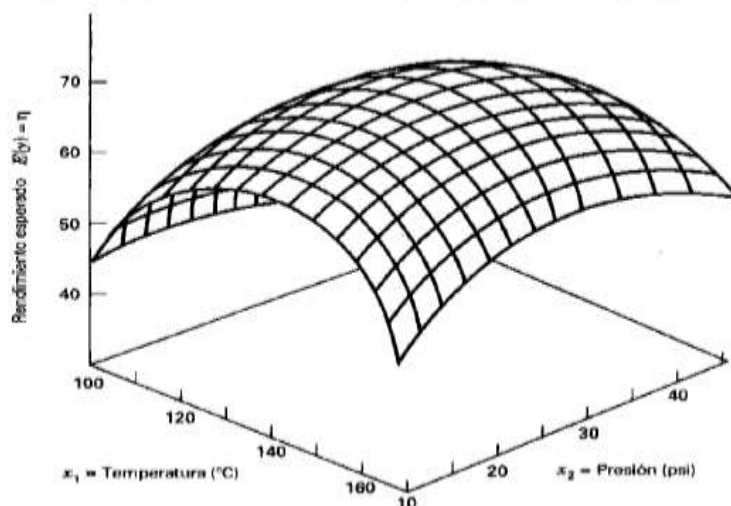


Figura 7 — Diseño de superficie de respuesta

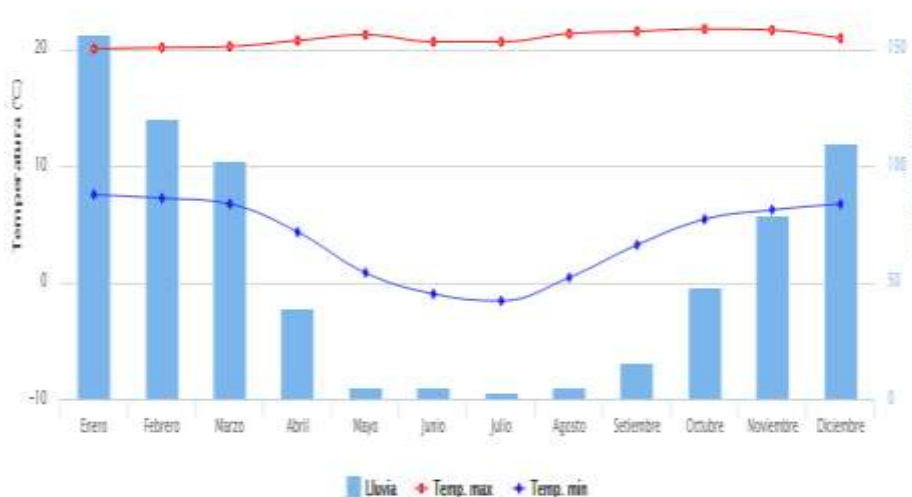
Extraído de Montgomery D. 2004. “Diseño y análisis de experimentos” Pg. 427

### 3.2.12. Modelamiento de procesos en la ingeniería

El modelado de procesos es una actividad habitual del ingeniero, en particular para los modelos de procesos químicos y es necesario para la descripción del comportamiento del proceso que se desea modelar, en función del proceso que se desea modelar, existen modelos estáticos y modelos dinámicos, los modelos estáticos suelen ser más sencillos que los procesos dinámicos, los modelos dinámicos contienen términos diferenciales en su modelo para definir el dinamismo del proceso. (Torregrosa, 2019)

### 3.2.13. Promedio de temperaturas de la ciudad del Cusco en el 2019.

Para la ciudad del Cusco el mes con temperatura más alta fue el mes octubre ( $21.7^{\circ}\text{C}$ ); la temperatura más baja se dio en el mes de julio ( $-1.6^{\circ}\text{C}$ ).



**Figura 8 — Temperatura promedio del Cusco 2019**

Extraído de SENAMHI 2019 “Temperatura promedio del Cusco en el 2019” obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=pronostico-detalle>

A continuación, se presenta la tabla N 1 donde se observa las temperaturas máximas y mínimas que tuvo la ciudad del Cusco en el 2019

**Tabla 2 — Temperaturas promedio del Cusco**

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Precipitación (Lluvia) Ml.
Enero	20	7.5	156
Febrero	20.1	7.2	120
Marzo	20.2	6.7	102
Abril	20.7	4.3	39
Mayo	21.2	0.8	5
Junio	20.6	-1	5
Julio	20.6	-1.6	3



Agosto	21.3	0.4	5
Setiembre	21.5	3.2	16
Octubre	21.7	5.4	48
Noviembre	21.6	6.2	79
Diciembre	20.9	6.7	110

Extraído de SENAMHI 2019 “Temperatura promedio del Cusco en el 2019” obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=pronostico-detalle>

### 3.3. Marco conceptual

- a) **Acido Tartárico:** Es el ácido específico de la uva y del vino, la acidez del vino depende mucho de su riqueza en ácido tartárico por ser el mayor liberador de iones, aproximadamente del 25 al 30% de los ácidos totales del vino. (Lavinoteca, 2019)
- b) **Bitartrato de Potasio:** comúnmente llamado bitartrato de potasio favorece la cristalización de las sales del ácido tartárico a la hora del tratamiento del vino por frío. Se trata de la sal monopotásica anhidra del ácido L (+) tartárico  $C_4H_5O_6K$ .
- Tiene forma de cristales blancos o de polvo granulado blanco de sabor ligeramente ácido. (Diccionariodelvino, 2018)
- c) **Crémor tártaro:** El Crémor Tártaro, conocido así mismo como bitartrato potásico es de apariencia blanca y fina, el producto es de origen natural y se fabrica a partir del ácido cristalino natural depositado en las paredes de los depósitos de las bodegas.

Estabilización tartárica clásica o de larga duración.

El método consiste en refrigerar el vino a la temperatura de tratamiento, cercana a la temperatura de congelación, introduciéndolo a continuación en un depósito isotérmico y dejándolo durante un tiempo variable de 7 a 12 días para los vinos blancos y de algunas semanas para los vinos tintos. (Tartaric, 2019)

**Superficie de respuesta:** Un diseño de superficie de respuesta es un conjunto de técnicas avanzadas de diseños de experimentos que ayudan a entender mejor y optimizar la respuesta, la metodología del diseño de superficie de respuesta suele utilizarse para refinar los modelos después de determinar los factores importantes utilizando los diseños factoriales, especialmente si se sospecha que existe curvatura no lineal en la superficie de respuesta. (Campusvirtual, 2018)

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1. Tipo y nivel de la investigación

##### 4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es cuantitativa, para Carrasco (2010) “Esta investigación se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad.” (Carrasco, 2010)

“La investigación aplicada llamada también constructiva o utilitaria, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven”. (Sánchez, 2018)

Según (Latorre, 1996, pg. 43) clasifica la investigación en:

- Según su finalidad: la presente investigación sería aplicada.
- Según su alcance temporal: la presente investigación sería transversal.
- Según su profundidad: la presente investigación sería experimental.
- Según su carácter de medida: Cuantitativa
- Según su marco en que tiene lugar: la presente investigación sería de laboratorio (Cordova, 2003)

En términos generales los planteamientos cuantitativos del problema pueden dirigirse a varios propósitos y siempre existe la intención de estimar magnitudes o cantidades y generalmente de probar hipótesis y teoría. (Hernández Sampieri, 2019)

##### 4.1.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es correlacional pues en la investigación que se realiza luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que han determinado que tenga tales y cuales características, es decir, conociendo los factores que han dado origen al problema, entonces ya se le puede dar un tratamiento metodológico. (Carrasco, 2010)



Según (Palomino J. et al. 2015) el nivel de investigación sería explicativa puesto que son estudios que buscan una explicación científica que a su vez permita la predicción. Tiene por finalidad explicar el comportamiento de una variable en función de otra es decir explica la relación causa-efecto entre variables, emplea las medidas estadísticas multivariadas. (Palomino, 2015)

#### **4.2. Diseño de la investigación**

El diseño que se utilizó para la presente investigación fue el diseño de superficie de respuesta puesto que se optimizara un proceso, formado por 1 bloques y 3 repeticiones respectivamente, cada bloque tiene 12 muestras lo cual hace un total de 36 muestras en total que deberán ser optimizadas y comparadas para determinar el mejor modelo.

Se le denomina superficie de respuesta a explorar la relación entre varias variables independientes y una o más variables dependientes (variable de respuesta), este método fue introducido por G.E.P. Box y K.B. Wilson en 1951 y tiene como idea principal usar un juego de experimentos diseñados con el fin de obtener una respuesta óptima. (Cáceres, 2009)



Tabla 3— Diseño experimental de la investigación

Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3		
Precipitaciones	nanas	Temperatura	Precipitaciones	Semanas	temperatura	Precipitaciones	Semanas	Temperatura
	13-20 mayo			20 mayo			13-20 mayo	
	27-02 junio			02 junio			27-02 junio	
	03-09 junio			09 junio			03-09 junio	
	10-16 junio			16 junio			10-16 junio	
	17-23 junio			23 junio			17-23 junio	
	24-30 junio			30 junio			24-30 junio	
	01-07 julio			07 julio			01-07 julio	
	08-14 julio			14 julio			08-14 julio	
	15-21 julio			21 julio			15-21 julio	
	22-28 julio			28 julio			22-28 julio	
	29- 04 agosto			04 agosto			29- 04 agosto	
	05-11 agosto			11 agosto			05-11 agosto	

#### 4.2.1. Definición de variables

En el proceso de estabilización tartárica intervienen los factores tiempo que está dado por días y temperatura de tratamiento cercanas y bajo 0°C, estos factores permiten que las sales del vino precipiten THK, CaT, entre otras sales en menor proporción.

La principal inestabilidad física de vinos embotellados sigue siendo la precipitación de las sales tartáricas: bitartrato de potásico y tartrato de cálcico, es necesario evitar estas precipitaciones en los vinos embotellados, porque indica un mal control de la calidad. (Boulton, 2002)

#### 4.3. Población y muestra

Para el análisis de datos se tomará como población al total de la producción del 2019 de la empresa Bodegas Emperador de la ciudad del Cusco, para la población se tomó **720 mililitros** de mosto de vinos que fueron proporcionado por la empresa.

La muestra está compuesta por muestras de **20 mL** para un total de 36 muestras las cuales se escogieron al azar de los depósitos donde se realiza la estabilización tartárica.

#### 4.4. Procedimiento para la toma de muestras

Para la toma de muestras de 20 ml de vino se procedió a recolectar de los 6 contenedores de 10 mil litros de capacidad de vinos tintos 6 muestras de cada uno de los contenedores.

#### 4.5. Procedimiento de la investigación

Las muestras fueron tomadas en la segunda semana de mayo las cuales fueron tomadas de los seis depósitos de 10 mil litros de la bodega de la empresa Emperador, siendo un total de 12 muestras.

Las muestras fueron secadas después de ser filtradas y una vez codificadas se procedió a secarlas al medio ambiente por 2 meses hasta fines de noviembre del 2019.

Las muestras fueron tomadas de la Bodega Emperador que se encuentra en la ciudad del Cusco, para ser pesadas se tuvo que viajar a la ciudad de Abancay en los laboratorios de la Escuela de Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Las 12 muestras una vez secadas en el área de control de calidad de la empresa Bodegas Emperador se codificaron según las fechas en las cuales fueron filtradas para luego ser



pesadas en una balanza analítica que se encuentra en los laboratorios de E.A.P.I.A. de la UNAMBA.

Para el procedimiento de la tesis se identificaron las siguientes etapas:

**Primera etapa:**

Acondicionamiento de la muestra que consta de probetas con 20 mL con mosto de vino tinto Malbec proveniente de la bodega de la empresa Bodegas Emperador de la ciudad del Cusco.

**Segunda etapa:**

Luego de haber codificado cada matraz se procederá a someterla a temperatura y tiempo de tratamiento a condiciones ambientales que tiene las bodegas.

**Tercera etapa:**

Después de estar a una temperatura y tiempo de tratamiento se procederá a filtrar los resultados.

**Cuarta etapa:**

Luego de que las muestras fueron filtrados se procedió a pesar en la balanza analítica del laboratorio de “Análisis sensorial” del tercer piso de la E.A.P.I.A. de la UNAMBA.

Primera etapa: codificado de probeta de 100 ml de capacidad con 20 ml de muestra



**Figura 9 — codificado de probeta de 100 ml de capacidad con 20 ml de muestra**

Segunda etapa: Temperatura y tiempo de tratamiento



**Figura 10** — Temperatura y tiempo de tratamiento



Tercera etapa: filtrado y secado del precipitado



**Figura 11** — filtrado y secado del precipitado

Cuarta etapa: pesado del filtrado

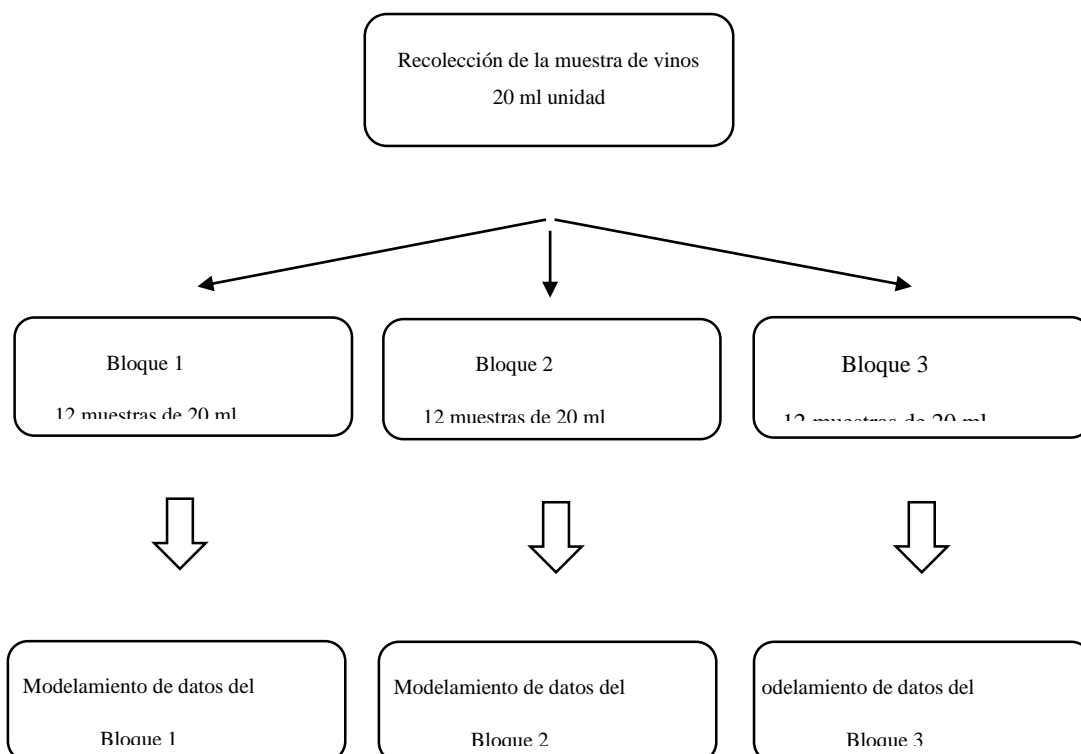


Figura 12 — pesado del filtrado

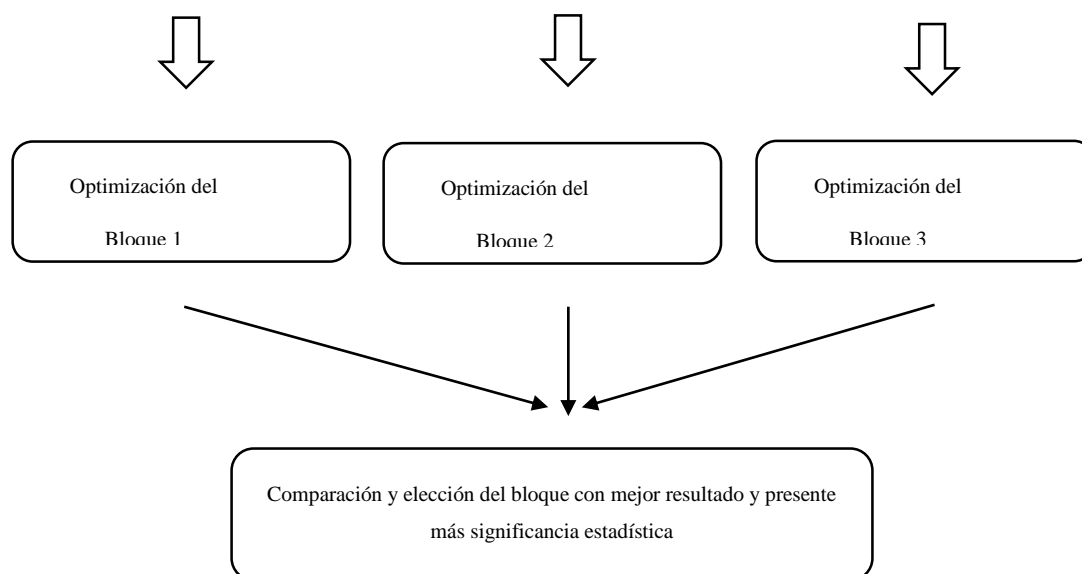
#### 4.6. Técnica e instrumentos

##### 4.6.1. Técnica

A continuación, se presenta el diseño técnico de la investigación:







**Figura 13— Diseño técnico de la investigación**

#### 4.6.2. Instrumentos y materiales

##### a). Materia prima

La materia prima para la investigación es el mosto del vino tinto variedad *Malbec* sumando un total de 3.6 litros proporcionado por la “Empresa Bodegas Emperador” del lote de producción del 2019.

##### b). Materiales

- Probetas de vidrio de 100 ml marca Klas.
- Luna de reloj Superior Marienfeld Código: MTSU0041.
- Jarra de plástico marca Basa de 500 ml para verter el mosto del vino tinto variedad Malbec.
- Papel filtro Grado 602 h:  $< 2 \mu\text{m}$  marca Munktell papel de filtro denso para recoger partículas muy pequeñas y extraer precipitados finos.
- Mesa de trabajo de acero inoxidable de 2 m x 1.5 m del laboratorio.
- Guantes quirúrgicos de látex marca Servilimag un par.
- Mandil de laboratorio

##### c). Equipos

- Balanza analítica del laboratorio de ingeniería Agroindustrial marca Sartorius precisión 0.00001 mg.

## 4.7. Análisis estadístico

### 4.7.1. Plan de tratamiento de los datos

El diseño experimental del proceso de optimización de estabilización tartárica en vinos tintos se efectuó con dos variables que son el tiempo de tratamiento a temperaturas bajas y el tiempo al que fue sometido el vino para la estabilización tartárica.

### 4.7.2. Técnicas estadísticas utilizadas

Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico Minitab 18 principalmente, se utilizó el Excel como herramienta de apoyo.

Se tiene 12 observaciones que son las semanas de tratamiento y temperaturas las cuales fueron modeladas y optimizadas, este procedimiento se realizara tres veces para comparar los resultados y que el modelo obtenido sea confiable.



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1. Modelamiento y optimización en la estabilización tartárica de vinos tintos

##### 5.1.1. Resultados obtenidos en la estabilización tartárica bloque 1

Los valores estadísticos que se utilizó para el análisis de los tres bloques fue del 95% de confiabilidad y 1 grado de libertad, para el primer bloque los resultados se muestran a continuación en la tabla 4:

**Tabla 4 — Resultados Bloque 1**

<b>Bloque 1</b>			
<b>V. Respuesta</b>	<b>Variable 1</b>		<b>Variable 2</b>
<b>Precipitaciones mg</b>	<b>Semanas</b>	<b>Fecha</b>	<b>Temperatura promedio °C</b>
0.9	1	13-20 mayo	1
1.5	2	27-02 junio	-0.5
2.8	3	03-09 junio	-1
5.5	4	10-16 junio	-1
22.5	5	17-23 junio	-1
29.8	6	24-30 junio	-1
34.7	7	01-07 julio	-1.5
39.2	8	08-14 julio	-1.6
44.4	9	15-21 julio	-1.6
46.6	10	22-28 julio	-1
46.8	11	29- 04 agosto	0
46.8	12	05-11 agosto	1

### 5.1.1.1. Análisis de significancia bloque 1

El análisis de resultados para el bloque 1 se exportó al software estadístico Minitab 18 en el cual se muestran los siguientes resultados:

**Tabla 5 — Significancia de las variables bloque 1**

	Valor p
Modelo	0.000
Lineal	0.000
Semanas	0.000
Temperatura promedio °C	0.410
Cuadrado	0.284
Semanas*Semanas	0.139
Temperatura promedio °C*Temperatura promedio °C	0.774
Interacción de 2 factores	0.027
Semanas*Temperatura promedio °C	<b>0.027</b>
Error	
Total	

Dado que el valor de p es menor que 0.05 de la interacción de las 2 variables se concluye que estas variables son significativas en el modelo lineal.

### 5.1.1.2. Modelamiento del bloque 1

El modelo que se obtuvo se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Precipitaciones} &= -18.48 + 10.83 \text{ Semanas} + 10.20 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\ &\text{mg} \quad - 0.437 \text{ Semanas} * \text{Semanas} \\ &\quad + 0.55 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\ &\quad - 1.086 \text{ Semanas} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

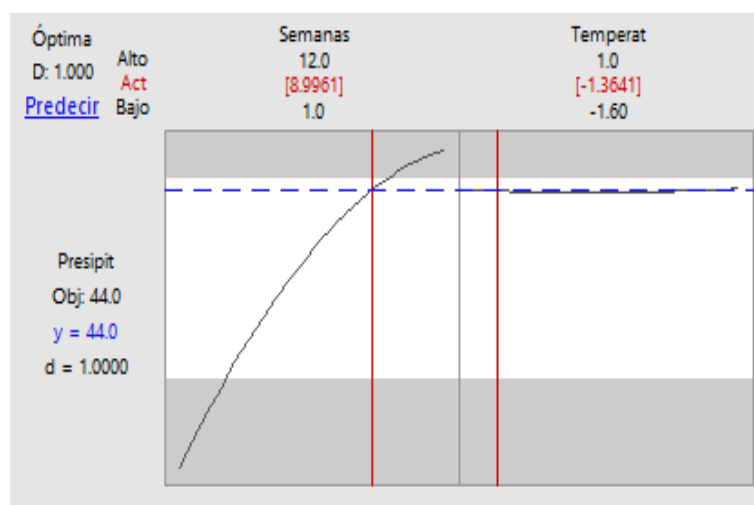
**Tabla 6— Resumen del modelo del bloque 1**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3.62463	98.07%	96.46%	43.20%

El modelo obtenido tiene una confiabilidad de predicción del **98.07%** de confiabilidad del modelo obtenido.

### 5.1.1.3. Optimización del bloque 1

Para la optimización se utilizará como punto de estabilización 44 mg obteniendo el siguiente resultado:



**Figura 14 — Optimización del bloque 1**

Según la figura 20 para obtener una precipitación de 44 mg se necesita una temperatura de  $-1.3641^{\circ}\text{C}$  y 8.9961 semanas recortando el proceso en 3 semanas aproximadamente.

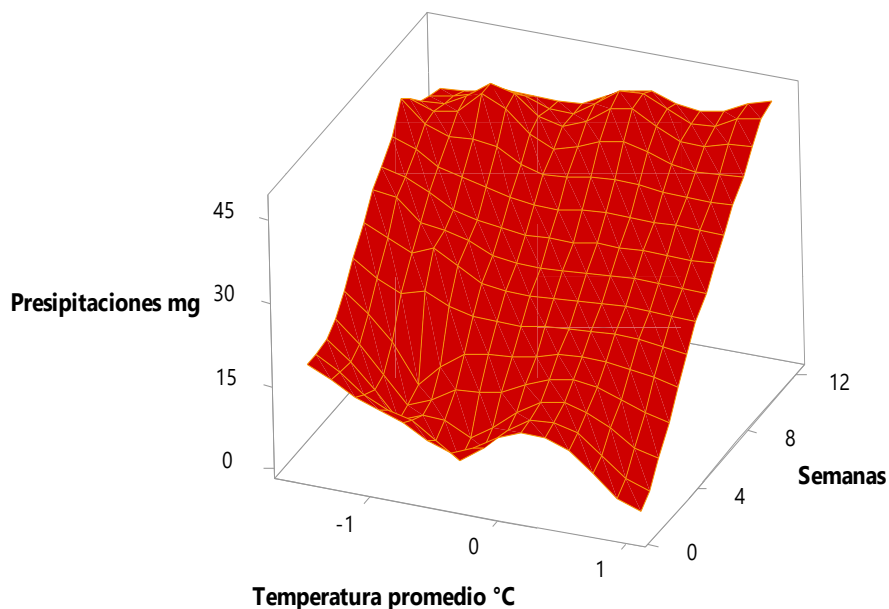


Figura 15 — Superficie de respuesta Bloque 1

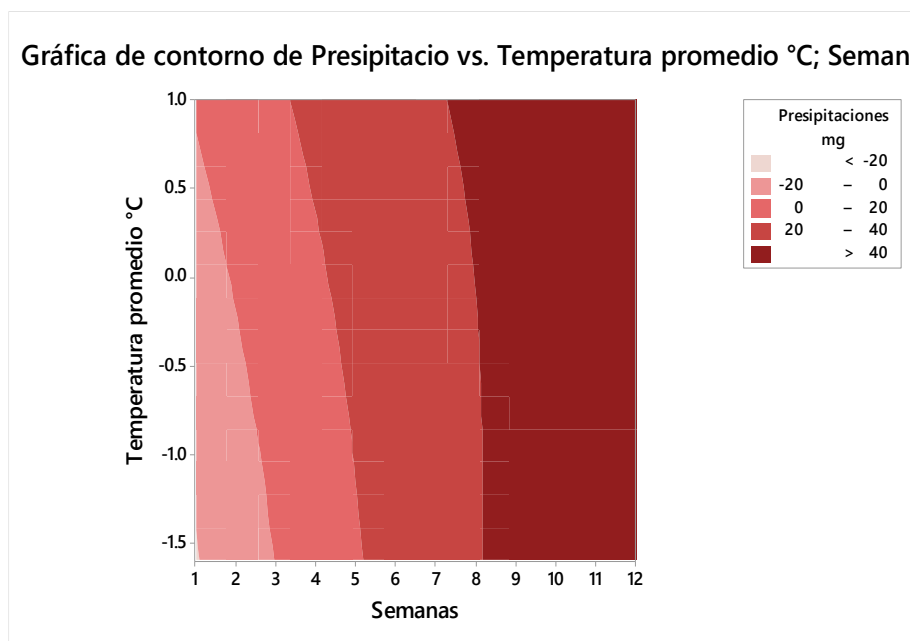


Figura 16 — Contorno del bloque 1

### 5.1.2. Resultados obtenidos en la estabilización tartárica bloque 2

Los resultados para el segundo bloque se muestran a continuación en la tabla 7

**Tabla 7 — Resultados bloque 2**

Bloque 2			
V. Respuesta	Variable 1		Variable 2
Precipitaciones mg	Semanas	Fecha	Temperatura promedio °C
1.2	1	13-20 mayo	1
1.9	2	27-02 junio	-0.5
3.5	3	03-09 junio	-1
6.2	4	10-16 junio	-1
24.9	5	17-23 junio	-1
31.2	6	24-30 junio	-1
38.7	7	01-07 julio	-1.5
40.2	8	08-14 julio	-1.6
43.7	9	15-21 julio	-1.6
45.1	10	22-28 julio	-1
46.2	11	29- 04 agosto	0
46.9	12	05-11 agosto	1

#### 4.1.2.1. Análisis de significancia bloque 2

Para el análisis de resultados del bloque 2 se exporto al software estadístico Minitab 18 en el cual se muestran los siguientes resultados:

Tabla 8 — Tabla de significancia bloque 2

Fuente	Valor p
Modelo	0.000
Lineal	0.000
Semanas	0.000
Temperatura promedio °C	0.306
Cuadrado	0.168
Semanas*Semanas	0.086
Temperatura promedio °C*Temperatura promedio °C	0.556
Interacción de 2 factores	0.077
Semanas*Temperatura promedio °C	<b>0.077</b>
Error	
Total	

Dado que el valor de p es 0.077 y es mayor que 0.05 se concluye que estas variables no son significativas en el modelo.

### 5.1.2.2. Modelamiento del bloque 2

El modelo que se obtuvo se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Precipitaciones mg} = & -21.95 + 13.01 \text{ Semanas} + 11.04 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\
 & - 0.617 \text{ Semanas*Semanas} \\
 & + 1.34 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C*Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\
 & - 0.933 \text{ Semanas*Temperatura promedio } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



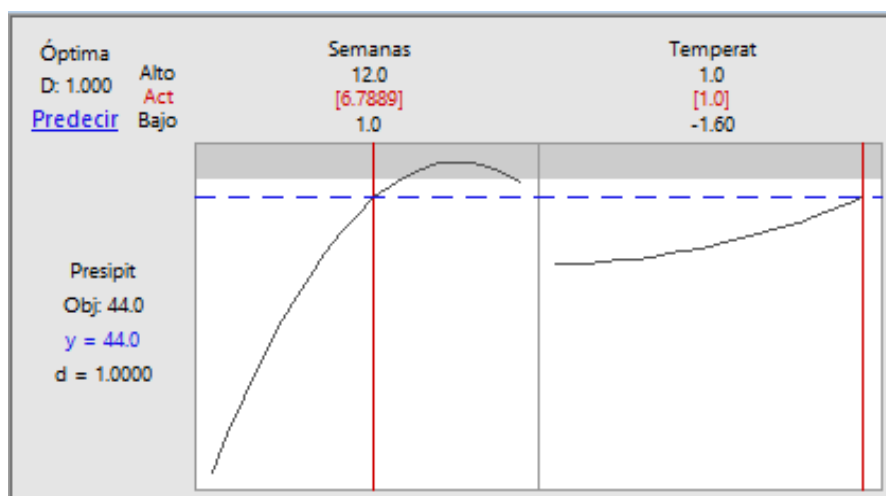
**Tabla 9** — Resumen del modelo bloque 2

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.25594	97.27%	95.00%	39.68%

El modelo obtenido tiene una confiabilidad de proyección del **97.27%** de confiabilidad del modelo obtenido.

### 5.1.2.3. Optimización del bloque 2

Para la optimización se utilizará como punto de estabilización 44 mg obteniendo el siguiente resultado:

**Figura 17** — Optimización del bloque 2

Según la figura 23 para obtener una precipitación de 44 mg se necesita una temperatura de  $-1^{\circ}\text{C}$  y 6.7889 semanas recortando el proceso en 5 semanas aproximadamente.

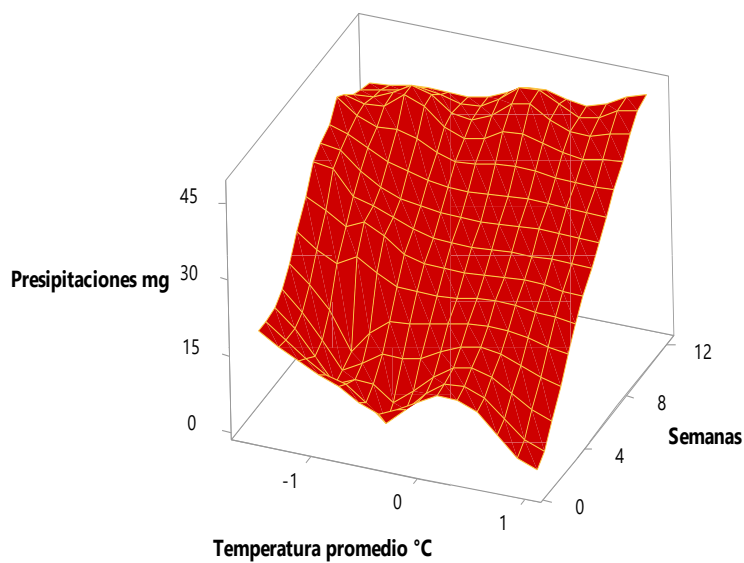


Figura 18 — Superficie de respuesta bloque 2

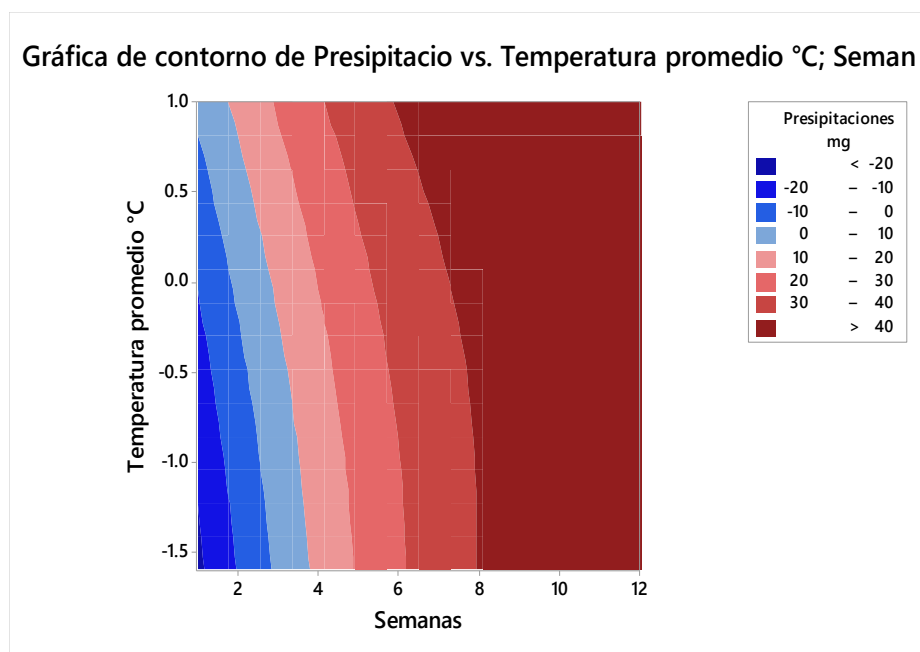


Figura 19 — Contorno bloque 2

### 5.1.3. Resultados obtenidos en la estabilización tartárica bloque 3

Los resultados para el tercer bloque se muestran a continuación en la tabla 10

Tabla 10 — Resultados bloque 3

Bloque 3			
V. Respuesta	Variable 1		Variable 2
Precipitaciones mg	mas	Fecha	Temperatura promedio °C
0.8		13-20 mayo	1
1.7		27-02 junio	-0.5
3.2		03-09 junio	-1
5.9		10-16 junio	-1
23.5		17-23 junio	-1
32.6		24-30 junio	-1
40.1		01-07 julio	-1.5
40.9		08-14 julio	-1.6
45.9		15-21 julio	-1.6
47.5		22-28 julio	-1
48.2		29- 04 agosto	0
49.2		05-11 agosto	1

### 5.1.3.1. Análisis de significancia bloque 3

Para el análisis de resultados del bloque 3 se exporto al software estadístico Minitab 18 en el cual se muestran los siguientes resultados:

Tabla 11 — Significancia del bloque 3

Fuente	Valor p
Modelo	0.000
Lineal	0.000
Semanas	0.000
Temperatura promedio °C	0.369
Cuadrado	0.218
Semanas*Semanas	0.116
Temperatura promedio °C*Temperatura promedio °C	0.569
Interacción de 2 factores	0.068
Semanas*Temperatura promedio °C	<b>0.068</b>
Error	
Total	

Dado que el valor de p es 0.068 de ambos factores siendo mayor que 0.05 de la interacción de las 2 variables se concluye que estas variables no son significativas en el modelo.

### 5.1.3.2. Modelamiento del bloque 3

El modelo que se obtuvo se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Precipitaciones mg} = & -22.07 && + 12.74 \text{ Semanas} \\
 & + 11.09 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\
 & - 0.572 \text{ Semanas*Semanas} \\
 & + 1.34 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C*Temperatura promedio } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

dio °C

- 1.005 Semanas\*Temperatura promedio °C

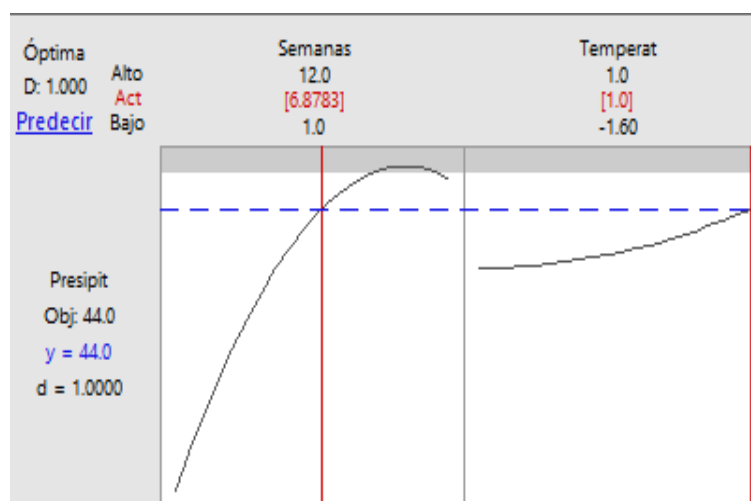
**Tabla 12 — Resumen del modelo bloque 3**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.41087	97.37%	95.19%	39.41%

El modelo obtenido tiene una confiabilidad del **97.37%** de confiabilidad del modelo obtenido.

### 5.1.3.3. Optimización del bloque 3

La optimización del bloque 3 se presenta a continuación:



**Figura 20 — Optimización del bloque 3**

Según la figura 26 para obtener una precipitación de 44 mg se necesita una temperatura de -1°C y 6.8783 semanas recortando el proceso en 5 semanas aproximadamente.

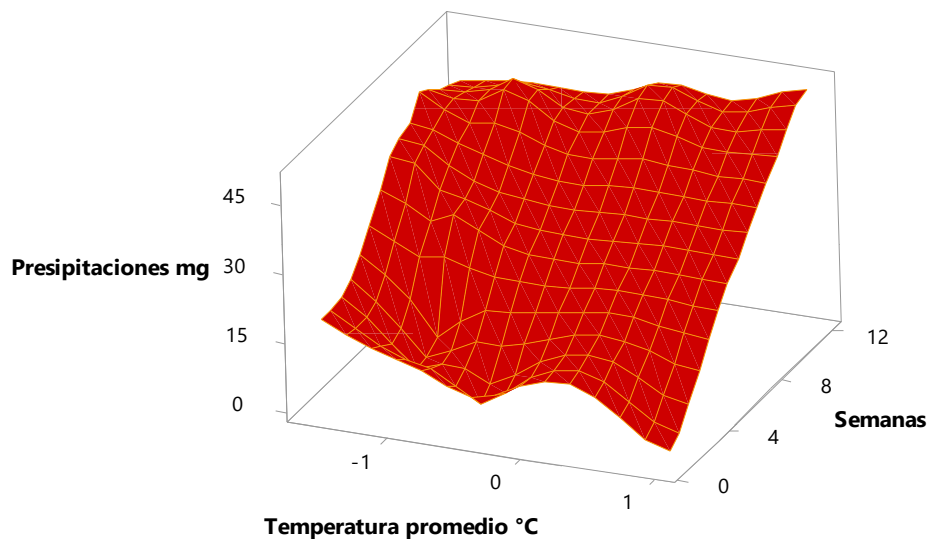


Figura 21 — Superficie de respuesta bloque 3

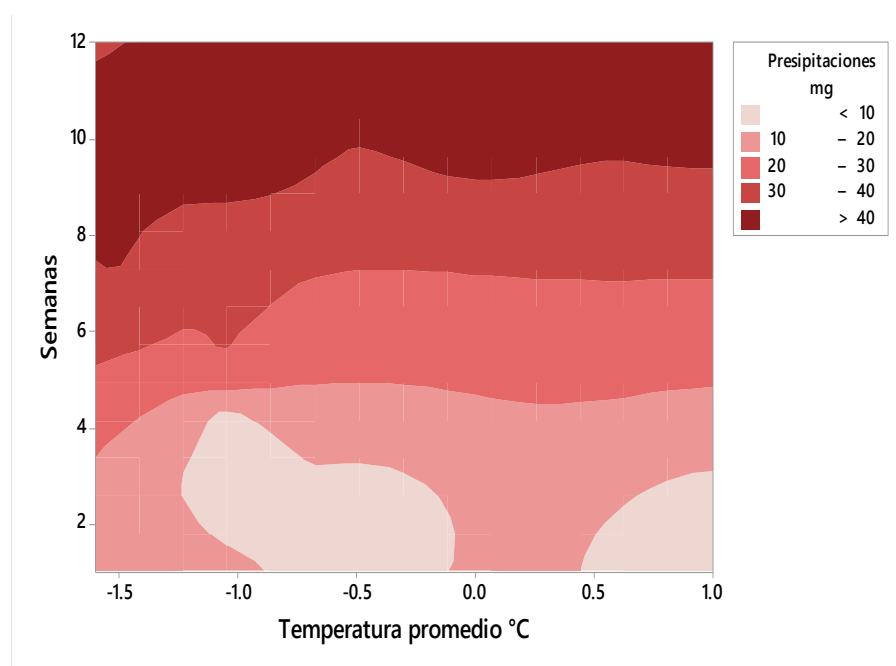
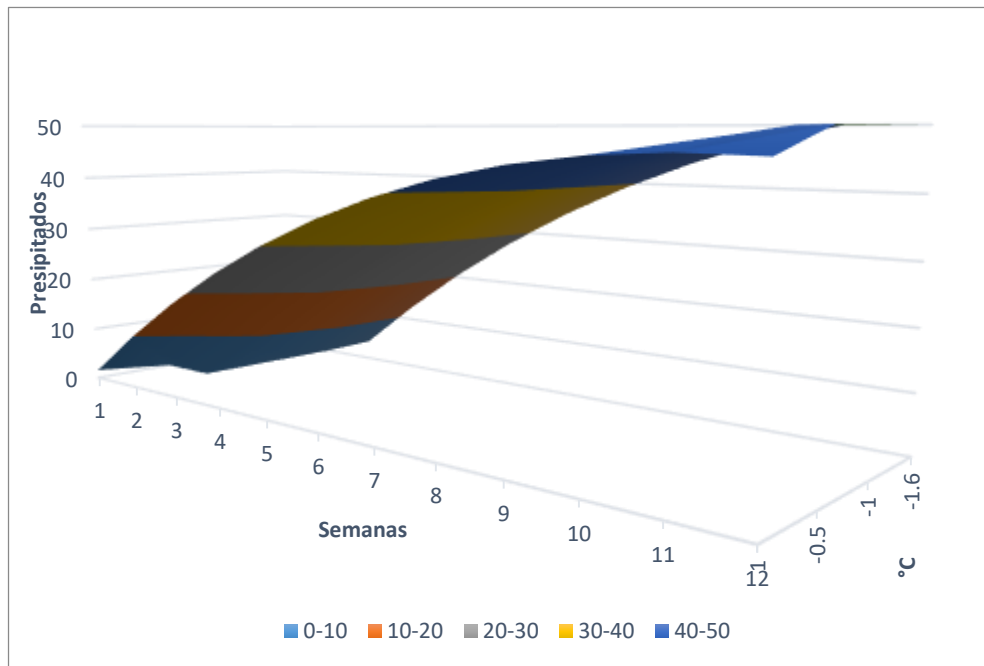


Figura 22 — Contorno del bloque 3

## 5.2. Superficie de respuesta en Excel del modelo obtenido más eficiente

Para el análisis del modelo obtenido en este caso bloque 1 se utilizó el Excel en el cual se elaboró una tabla de doble entrada y se optimizó los parámetros manualmente el cual coincide con la optimización obtenida por el Minitab como se muestra en la figura 29:



**Figura 23 — Superficie de respuesta en Excel**

Para la simulación de los datos se usó el modelo obtenido por el Minitab el cual es:

$$\begin{aligned} \text{Precipitaciones mg} = & -18.48 + 10.83 \text{ Semanas} + 10.20 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\ & - 0.437 \text{ Semanas} * \text{Semanas} \\ & + 0.55 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \\ & - 1.086 \text{ Semanas} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Tabla 13 – Simulación del modelo en Excel

°C	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.577	10.01	17.569	24.254	30.065	35.002	39.065	42.254	44.569	46.01	46.577	46.27
-0.5	-12.5065	-2.4445	6.7435	15.0575	22.4975	29.0635	34.7555	39.5735	43.5175	46.5875	48.7835	50.1055
-1	-16.651	-6.046	3.685	12.542	20.525	27.634	33.869	39.23	43.717	47.33	50.069	51.934
-1	-16.651	-6.046	3.685	12.542	20.525	27.634	33.869	39.23	43.717	47.33	50.069	51.934
-1	-16.651	-6.046	3.685	12.542	20.525	27.634	33.869	39.23	43.717	47.33	50.069	51.934
-1	-16.651	-6.046	3.685	12.542	20.525	27.634	33.869	39.23	43.717	47.33	50.069	51.934
<b>-1.5</b>	-20.5205	-9.3725	0.9015	10.3015	18.8275	26.4795	33.2575	39.1615	<b>44.1915</b>	48.3475	51.6295	54.0375
<b>-1.6</b>	-21.2614	-10.0048	0.3778	9.8864	18.521	26.2816	33.1682	39.1808	<b>44.3194</b>	48.584	51.9746	54.4912
<b>-1.6</b>	-21.2614	-10.0048	0.3778	9.8864	18.521	26.2816	33.1682	39.1808	<b>44.3194</b>	48.584	51.9746	54.4912
-1	-16.651	-6.046	3.685	12.542	20.525	27.634	33.869	39.23	43.717	47.33	50.069	51.934
0	-8.087	1.432	10.077	17.848	24.745	30.768	35.917	40.192	43.593	46.12	47.773	48.552
1	1.577	10.01	17.569	24.254	30.065	35.002	39.065	42.254	44.569	46.01	46.577	46.27

\* Se utilizó el modelo obtenido para cada celda

Las celdas de color rojo son los puntos optimizados gráficamente el cual coincide con la optimización que da el Minitab 18.



### 5.3. Prueba de Hipótesis

#### 5.3.1. Hipótesis estadísticas

Para las pruebas de hipótesis específicas se tomará los datos del bloque 1 pues ambas variables tuvieron una significancia estadística más que los otros bloques, pues estos no obtuvieron una significancia mayor.

##### 5.3.1.1. Prueba de hipótesis para el factor tiempo

###### Hipótesis Nula ( $H_0$ )

El tiempo de estabilización no influyen significativamente en la precipitación de sales de vinos tintos

$$H_0 > 0.025$$

###### Hipótesis alterna ( $H_1$ )

El tiempo de estabilización si influyen significativamente en la precipitación de sales de vinos tintos

$$H_1 < 0.025$$

**Tabla 14 — Prueba t para tiempo y precipitaciones**

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	tiempo - Precipitaciones	-20,29167	15,84111	4,57294	-30,35663	-10,22670	-4,437	11	<b>,001</b>

Nota: Resultados proporcionados por el software SPSS 25

El valor de significancia es 0.001 siendo menor que el 0.025 **se rechaza la hipótesis nula** y se acepta la hipótesis alterna que indica que **si hay una influencia significativa del tiempo sobre las precipitaciones** en la estabilización tartárica de vinos tintos.

### 5.3.1.2. Prueba de hipótesis para el factor Temperatura

#### Hipótesis Nula ( $H_0$ )

La temperatura de tratamiento no influye significativamente en la precipitación de sales de vinos tintos

$$H_0 > 0.025$$

#### Hipótesis alterna ( $H_1$ )

La temperatura de tratamiento si influyen significativamente en la precipitación de sales de vinos tintos

$$H_1 < 0.025$$

Tabla 15 Prueba t para temperatura y precipitaciones

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Temperatura - Precipitaciones	- 27,4750 0	19,41837	5,60560	- 39,81284	- 15,13716	-4,901	11	<b>,000</b>

Nota: Resultados proporcionados por el software SPSS 25

El valor de significancia es 0,00 siendo menor que 0,025 se **rechaza la hipótesis nula** y se acepta la hipótesis alterna que indica que **si hay una influencia significativa de la temperatura sobre las precipitaciones** en la estabilización tartárica de vinos tintos.

#### 5.4. Confiabilidad de los datos

Para el análisis de confiabilidad de datos se utilizó la opción de probabilidad de datos realizado en Minitab 18 que es una opción que el programa ofrece para analizar el comportamiento de los datos agrupados en bloques y muestra cómo están distribuidos gráficamente y así poder determinar si hay coherencia y confiabilidad de los datos que se van a analizar posteriormente cuanto más cercano al 100% es mucho mejor, el análisis de probabilidad en Minitab 18 nos muestra cómo se comportan los precipitados de los tres bloques que se analizaron según la siguiente figura 30:

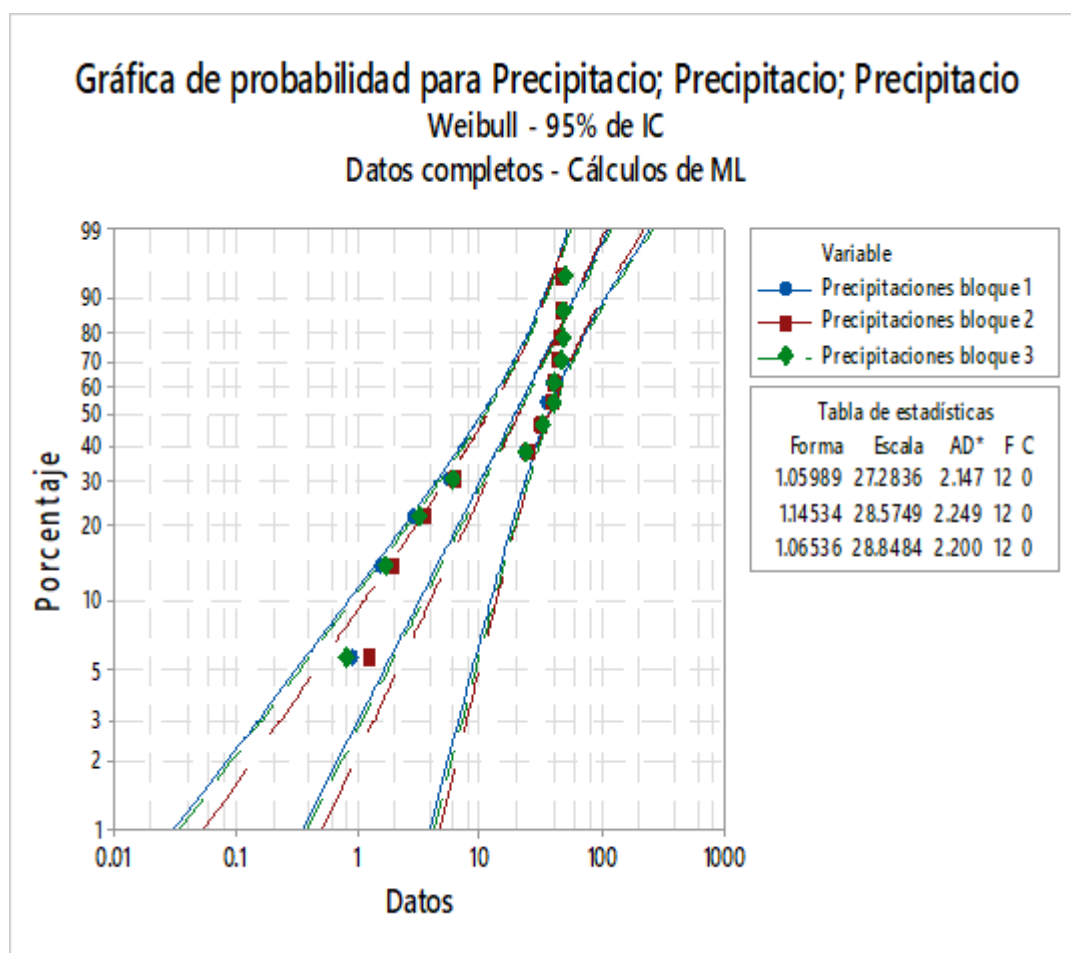


Figura 24 — Gráfica de probabilidad de los tres bloques

Como se puede observar los datos tienen una tendencia casi homogénea del **95%** de probabilidad en las observaciones según los datos que nos proporciona el Minitab 18 lo cual indica que los resultados obtenidos son confiables para poder ser analizados y procesados.

### 5.5. Discusión de resultados

Para realizar la discusión de la tesis se tomó en cuenta los resultados obtenidos de los tres bloques que se presentan a continuación en la tabla N 16:

**Tabla 16 — Resumen de los resultados**

Resultados	Bloques		
	1	2	3
Significancia Condición < (0.05)	Tiempo y Temperatura 0.027	Tiempo y Temperatura 0.077	Tiempo y temperatura 0.068
Modelo	Precipitaciones mg=- 18.48 + 10.83 Semanas + 10.20 Temperatura promedio °C -0.437 semanas*Semanas + 0.55 Temperatura promedio °C*Temperatura promedio °C - 1.086 semanas*Temperatura promedio °C	Precipitaciones mg=- 21.95 + 13.01 Semanas + 11.04 Temperatura promedio °C - 0.617 Semanas*Semanas + 1.34 Temperatura promedio °C*Temperatura promedio °C - 0.933semanas*Temperatu ra promedio °C	Precipitaciones mg=- 22.07 + 12.74 Semanas + 11.09 Temperatura promedio °C- 0.572 Semanas*Semanas+1.34T emperatura promedio °C*Temperatura promedio °C-1.005 Semanas*Temperatura promedio °C
Parámetros optimizados	-1.3641°C 8.9961 semanas	-1°C 6.7889 semanas	-1°C 6.8783 semanas
R <sup>2</sup>	0.9807 98.07%	0.9727 97.27%	0.9737 97.37%
Error del modelo	0.0193 +/-1.93%	0.0273 +/-2.73%	0.0263 +/-2.63%

Según la tabla 16 el bloque 1 tuvo mejores resultados debido a una menor significancia del valor p de 0.027 que es menor al valor p de 0.05 que por condición de confiabilidad del 95% debe ser menor, el valor de p debe ser menor a la condición para indicar que hay una mayor influencia de sus factores con respecto a la variable de respuesta.

El modelo determinado tiene un error de  $\pm 1.93\%$  esto quiere decir que para los 44 mg de precipitados el margen de error varía en torno a  $\pm 0.8492$  mg que estaría en un intervalo de 43.1508 mg a 44.8492 mg.

Los parámetros optimizados son  $-1.3641^{\circ}\text{C}$  y 8.9961 semanas respectivamente para los factores temperatura y tiempo los cuales se encuentran dentro de estudios realizados anteriormente y se ajustan con las referencias bibliográficas en las cuales (Hidalgo, 2003) hace referencia que para vinos tintos el tiempo tratamiento es de algunas semanas. Si bien el tiempo optimizado fue de 9 semanas hay que tener en cuenta que la empresa Bodegas emperador tiene sus recipientes de vino en la bodega que se encuentra al medio ambiente por esta razón el tiempo se ve incrementado.

Con respecto a la temperatura (Corti, 2015) hace referencia que la temperatura debe considerarse de 0 a  $-4^{\circ}\text{C}$ , como se observa en los resultados las precipitaciones significativas se dieron alrededor de  $-1$  a  $-1.6^{\circ}\text{C}$ .

Para (Gómez, Palacios y Pérez, 2002), indican que “los sistemas aplicados son una imitación de los procesos naturales de estabilización por el frío. Los vinos deben llevarse a un punto cercano a su congelación, pudiendo determinarse esta temperatura, así como también la de tratamiento.”

Según (Calvert, 2000) hace referencia que la curva de sobre saturación se da cuando la temperatura es cercana a  $0^{\circ}\text{C}$  en donde se cristaliza las sales propias de los vinos y en especial el de los tintos y llega a una zona inestable, el bitartrato de potasio (THK) y tartrato cálcico (CaT) se cristalizaron formando precipitados en las 36 muestras que se analizó para la presente investigación.

En el trabajo de investigación titulado “Análisis del sector vitivinícola exportación de vino dulce a china (bodegas Quitapenas)” hace referencia a los tratamientos por frío hacen referencia que es muy importante controlar la temperatura que no debe sobrepasar los  $16^{\circ}\text{C}$  esto se controla a través de una camisa o serpentín que lleva agua fría por ( $8 - 9^{\circ}\text{C}$ ). para vinos semisecos 18 días. (Fuentes,2013)

En el trabajo de investigación titulado *“Revisión sobre técnicas actuales de estabilidad tartárica en los vinos”* indica que para tratamientos largos por frío consistió en refrigerar el vino a la temperatura de tratamiento, cercana a la temperatura de congelación, introduciéndolo a continuación en un depósito isotérmico, dentro de una cámara frigorífica que mantenga dicha temperatura, y dejándolo durante un tiempo variable de 7 a 12 días para los vinos blancos y de algunas semanas para los vinos tintos en el transcurso de los cuales se produce una insolubilización espontánea de los tartratos (Hidalgo, 2003, Flanzy, 2003).

En el trabajo de investigación titulado *“Estabilización tartárica en vinos: comparación entre electrodiálisis y tratamiento de frío por contacto”* hace referencia que “si se decide provocar la precipitación, se puede usar la estabilización por frío con estabilización larga, que solo enfría el vino para provocar una disminución de solubilidad, o la estabilización por frío, método de contacto con estabilización corta (FMC), el cual favorece la precipitación por el contacto con núcleos de cristalización de bitartrato de potasio y el uso de temperaturas entre 0 a -4 °C.” (Corti, 2015)

En el trabajo de investigación titulado *“Estabilización Tartárica y colorantes en vinos”* hace referencia que el tratamiento por frío es un proceso de estabilización por frío en un depósito isoterma donde se enfría a temperaturas negativas cercanas a su punto de congelación entre -4 y -6 °C. (Togores, 2010)

En el artículo titulado *“Método analítico para un uso óptimo y eficaz de manoproteínas para la estabilización”* hace referencia que para “la prueba de estabilidad al frío: para los vinos, la más utilizada y la más eficaz es la conservación del vino a -4°C durante 6 días. (Montagnani, 2019)

En el trabajo de investigación titulado *“Evaluación del tratamiento por frío y el tratamiento por electrodiálisis en la estabilización tartárica del Vino”* hace referencia que el vino se estabilizo a -4 °C por: 8, 15, 22 días según el análisis de significancia existe una diferencia estadísticamente significativa entre cada tratamiento del vino estabilizado por frío con un nivel de significancia del 95% entre cada tratamiento utilizado. (Veloz, 2015)

Como se puede inferir los resultados están dentro de los parámetros que la teoría e investigaciones hacen referencia, si bien el problema metodológico está orientado a resolver un problema particular de la empresa Bodegas Emperador S.A. el modelo determinado puede adaptarse según las necesidades de los productores de otros lugares.

Según los resultados obtenidos para el tratamiento por frío aplicado al lote 2019 de vinos tintos variedad *Malbec* precipito 2.22 g/L de (THK) de bitartrato de potasio, este resultado se encuentra en los parámetros sobre precipitaciones en la estabilización tartárica, según (Walker, 2004) hace referencia que la cantidad necesaria para el control de técnicas utilizadas para la estabilización tartárica como intercambio catiónico y electrodiálisis está en 2.5 g/L, la diferencia de decimas de gramo se puede deber al tipo de uva que se trae de Ica, los tratamientos antes mencionados también tienen mayor eficiencia, diferentes condiciones de tratamiento.

Las condiciones climáticas, geográficas, de suelo, entre otros factores del cultivo dan lugar a vinos con diferente acidez y por tanto variaciones en la concentración de THK (ácido tartárico), la variedad *Malbec* de la cual se tomaron las muestras deben tener un promedio de ácido tartárico de 2.5 g/L.(Lara, 2010)

Tomando en cuenta el error del modelo del +/-1.93%, el margen de error para los precipitados obtenidos está alrededor de +/- **0.042846 g/L**, tomando el margen de error de +/- 1.93% el intervalo del error está comprendido en [ 2.2157154 g/l - 2.262846 g/L, este intervalo también se encuentra dentro los parámetros teóricos referenciados.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Se Optimizo la temperatura de tratamiento siendo de **-1.36 °C** en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos a través del diseño de superficie de respuesta aplicando el software estadístico Minitab 18.
- Se Optimizo el tiempo de tratamiento optimo siendo de **9 semanas** en el proceso de estabilización tartárica de vinos tintos a través del diseño de superficie de respuesta aplicando el software estadístico Minitab 18.
- Se determinó el modelo del proceso de estabilización tartárica siendo el modelo con más significancia el siguiente:  $\text{Precipitaciones mg} = -18.48 + 10.83 \text{ Semanas} + 10.20 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} - 0.437 \text{ Semanas} * \text{Semanas} + 0.55 \text{ Temperatura promedio } ^\circ\text{C} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C} - 1.086 \text{ Semanas} * \text{Temperatura promedio } ^\circ\text{C}$ .
- El coeficiente de determinación del modelo hallado fue del **98.07%**, con un error de **1.93%** el coeficiente de determinación para el factor tiempo fue del **92.29%**, el coeficiente de determinación para el factor temperatura fu del **66.1%**.

#### 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar más investigaciones en tratamientos en estabilización tartárica mediante la técnica de frio en bodegas nacionales para optimizar los procesos de producción de vinos tintos.
- Se recomienda realizar investigación de beneficio/costo de para implementar sistemas de refrigeración en zonas que presentan temperaturas altas y en las cuales el tratamiento no pueda darse en condiciones normales.
- Se recomienda realizar investigaciones en estabilizaciones tartáricas en frio en diferentes tipos de vino para comparar tratamientos clásicos que no demanden mucha inversión y aseguren la calidad del producto final.
- Se recomienda a la empresa Bodegas Emperador reducir en 2 semanas de tratamiento en frio para la estabilización tartárica, una semana en cada extremo para no alterar la estabilización al inicio y al final.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HERNÁNDEZ O. “Nuevo tratamiento para la estabilización tartárica del vino / Purificación Hernández” Universidad de Zaragoza 2018 parr 4

TRIULZI E. “*Precipitaciones e botellas de vinos tintos*” 2018 fecha de consulta noviembre 2019 disponible en: <http://chil.org/post/nuevo-tratamiento-para-la-estabilizacion-tartarica-del-vino-purificacion-hernand-232043>

MOLINERO Torres Araceli “*Enturbiamientos y precipitados de origen físico-químico. Agrega Andalucía pg.6, Andalucía, 2015* fecha de consulta 15 marzo 2019 disponible en: [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/12032015/aa/es-an\\_2015031212\\_9124444/Enturbiamientos%20y%20precipitados%20de%20origen%20FQ%202013.pdf](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/12032015/aa/es-an_2015031212_9124444/Enturbiamientos%20y%20precipitados%20de%20origen%20FQ%202013.pdf)

FUENTES J. “Análisis del sector vitivinícola exportación de vino dulce a china bodegas quitapenas.” Universidad de Córdoba 2013

SANZ D. “Revisión sobre técnicas actuales de estabilidad tartárica en los vinos”. Universidad Valladolid 2012

CORTI S. Y PALADINO S. “*Estabilización tartárica en vinos: comparación entre electrodiálisis y tratamiento de frío por contacto*” FCA Uncuyo 2015 pg. 227 disponible en [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/8464/cp16-paladino.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8464/cp16-paladino.pdf)

TOGORES J. H. Tratado de enología Tomo II Mundi Prensa Ediciones Madrid España 2010 pg. 6 disponible en: [https://biblioteca.unirioja.es/tfe\\_e/TFE002690.pdf](https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002690.pdf)

MONTAGNANI D. “Método analítico para un uso óptimo y eficaz de manoproteínas para la estabilización” Enolab-Capannoli Pise Italia 2019 pg. 42.

VELOZ A. “*Evaluación del tratamiento por frío y el tratamiento por electrodiálisis en la estabilización tartárica del Vino*” Escuela Politécnica Nacional de Quito. 2015 pg. 11 disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10571/1/CD-6253>



GUASCH J. et all “*Enología 2.015 Innovación vitivinícola*” Segunda edición, Servei de Publicacions de la URV 2015 obtenido en [https://books.google.com.pe/books?id=GCUzCwAAQBAJ&pg=PA280&dq=estabilizacion+tartarica+por+frio&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiS2qbM2\\_PqAhVCSN8KHaoZCoUQ6AEwAnoECACQAg#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica%20por%](https://books.google.com.pe/books?id=GCUzCwAAQBAJ&pg=PA280&dq=estabilizacion+tartarica+por+frio&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiS2qbM2_PqAhVCSN8KHaoZCoUQ6AEwAnoECACQAg#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica%20por%20)

PUIG I V. E. “*El Vino*” Primera Edición en lengua Castellana Editorial UOC, Barcelona, ISBN 9788491161875, 2016 obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=MrS4DQAAQBAJ&pg=PT75&dq=estabilizacion+tartarica+por+frio&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiS2qbM2\\_PqAhVCSN8KHaoZCoUQ6AEwBXoECAgQAg#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica%20](https://books.google.com.pe/books?id=MrS4DQAAQBAJ&pg=PT75&dq=estabilizacion+tartarica+por+frio&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiS2qbM2_PqAhVCSN8KHaoZCoUQ6AEwBXoECAgQAg#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica%20).

REDBUS.PE “Festival de la vendimia en la ciudad de Ica”. 2018 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <http://blog.redbus.pe/turismo-aventura/festival-de-la-vendimia-ica/>

BODEGAS COMENGE. “La fiesta de la vendimia: su historia”. 30 de setiembre del 2015 parr 6 fecha de consulta setiembre 2019 disponible en: <https://www.comenge.com/blog/cultura-viticola/la-fiesta-de-la-vendimia-su-historia-2.html>

BODEGAS MARISCAL “*Despalillado y estrujado*” 2019 parr 1 fecha de consulta noviembre 2019 disponible en: <https://mariscal.es/blog/post/despallado-y-estrujado>

GONZÁLEZ Y. “*Maceración en frío: Vinos más complejos e intensos*” octubre 2010. Parr 1 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <https://www.vix.com/es/imj/gourmet/2011/10/05/maceracion-en-frio-vinos-mas-complejos-e-intensos>

BELTRÁN R. “*La elaboración del Vino*” Universidad de Huelva” 2019. Pg. 15 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <http://www.teatrojuanbravo.org/documents/1850502/2646654/prueba-4.pdf>



BOULTON, R. ET AL. 1995. *“Principles and practices of winemaking”*. Chapman & Hall. New York. USA.

UNIÓN VITIVINÍCOLA Circular informativa Argentina. 01-2001.

ZOECKLEIN, B. ET AL. 1994. Wine analysis and production. Chapman & Hall. New York, USA.

ACENOLOGÍA *“Bioquímica de las bacterias lácticas del vino”* 2013 fecha de consulta setiembre 2019 disponible en: [http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/bioquimica\\_bacterias\\_lacticas\\_vino\\_cienc1213.htm](http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/bioquimica_bacterias_lacticas_vino_cienc1213.htm)

CATA DEL VINO *“Trasiego de vinos tintos”* 2012 fecha de consulta agosto 2019 disponible en: <https://www.catadelvino.com/blog-cata-vino/en-que-consiste-la-operacion-del-trasiego-en-los-vinos#>

BODEGAS URVINA *“Clarificación del vino”* La Rioja. 2011 fecha de consulta setiembre 2019 disponible en: [http://urbinavinos.blogspot.com/2011/03/clarificacion-del-vino\\_23.html](http://urbinavinos.blogspot.com/2011/03/clarificacion-del-vino_23.html)

GON CRUZ *“Estabilización de vinos”* 2016 parr 2 fecha de consulta agosto 2019 disponible en: [https://www.gon-cruz.com/Gon-cruz\\_Productos\\_enologicos\\_e\\_industriales/Estabilizacion.html](https://www.gon-cruz.com/Gon-cruz_Productos_enologicos_e_industriales/Estabilizacion.html)

BODEGA LAUS *“Crianza de vinos”* 31 de enero 2018 parr 1 fecha de consulta setiembre 2019 disponible en: <https://www.bodegalaus.es/blog/crianza-del-vino>

VINETUR *“Filtrado de los vinos”* 28 de agosto 2019 fecha de consulta noviembre 2019 disponible en: <https://www.vinetur.com/2019082850829/como-se-realiza-el-proceso-de-filtracion-en-el-sector-vitivinicola.html>

CATATU *“Embotellado del vino”* 27 diciembre 2017 España fecha de consulta noviembre 2019 disponible en: <https://catatu.es/blog/embotellado-del-vino/>



BLANCOLEXITIMO. “Apuntes sobre viticultura y enología elemental”. 2012 Pg. 11 disponible en: <https://blancoexitimo.files.wordpress.com/2012/01/vi-28-enologia-basica.pdf>

SANZ D. “*Tipos de tratamiento por frio*”. Valladolid trabajo de fin de master. Universidad de Valladolid de España. 2012 pg. 4 - 6 disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/1687/TFM-L31.pdf;jsessionid=6CA78FCF9951838B564387769D269FCC?sequence=6>

HIDALGO J. 2018 “*Tratado de enología*” Tercera edición pg. Mundi Prensa 1529 fecha de consulta julio 2016 disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=fQVzDwAAQBAJ&pg=PA1563&dq=estabilizacion+tartarica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-0LbtpL\\_mAhVGHLkGHfgPAAAYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=fQVzDwAAQBAJ&pg=PA1563&dq=estabilizacion+tartarica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-0LbtpL_mAhVGHLkGHfgPAAAYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica&f=false)

RIBÉREAU-GAYON, J. 1933 “*Contribution à l'étude des oxidations et réductions dans les vins. Application à l'étude de vieillissement et des cases*”. Tesis. Burdeos: Delmas.

HIDALGO J. 2018 “*Tratado de enología*” Mundi prensa. Tercera edición pg. 1549 fecha de consulta julio 2018 disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=fQVzDwAAQBAJ&pg=PA1563&dq=estabilizacion+tartarica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-0LbtpL\\_mAhVGHLkGHfgPAAAYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=fQVzDwAAQBAJ&pg=PA1563&dq=estabilizacion+tartarica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-0LbtpL_mAhVGHLkGHfgPAAAYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica&f=false)

BLOUIN J. Y PEYNAUD E. 2018 “*Esquema de precipitaciones del tartrato cálcico*” pg. 1554 disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=fQVzDwAAQBAJ&pg=PA1563&dq=estabilizacion+tartarica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-0LbtpL\\_mAhVGHLkGHfgPAAAYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=fQVzDwAAQBAJ&pg=PA1563&dq=estabilizacion+tartarica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-0LbtpL_mAhVGHLkGHfgPAAAYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=estabilizacion%20tartarica&f=false)



TENORIO D. ET ALL. 2014. “*El vino y su análisis*”. Universidad Complutense de España Pg. 15 fecha de consulta enero 2019 disponible en: <https://eprints.ucm.es/29446/7/PIMCD%20N%C2%BA%20243.%20ANEXO%201.%20E-BOOK-%20EL%20VINO%20Y%20SU%20AN%C3%81LISIS.pdf>

HARRIS, DANIEL C. (17 de julio de 2006), *Quantitative Chemical Analysis* (7th edición), New York: W. H. Freeman, ISBN 978-0716776949

ANULAB.COM 2019. Bitartrato de potasio jpg disponible en: <https://www.anulab.com/es/product/1710646/bitartrato-de-potasio>

CALVERT E. “*Curva de Solubilidad*”, 2000, Ediciones Madrid pg.215

MONTGOMERY D. 2004. “*Diseño y análisis de experimentos*” Pg. 427 Universidad de Arizona fecha de consulta octubre 2018 disponible en: [https://www.google.com/search?q=dise%C3%B1o+experimental+montgomery&sxsrf=ACYBGNSq\\_WRWOHILFkEhkSRmi5AVv0poDQ:1576691899596&tbm=isch&source](https://www.google.com/search?q=dise%C3%B1o+experimental+montgomery&sxsrf=ACYBGNSq_WRWOHILFkEhkSRmi5AVv0poDQ:1576691899596&tbm=isch&source)

TORREGROSA J. 2019 “*Conceptos básicos de modelado de procesos*” Universidad Politécnica de Valencia pg. 7 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29927/Art%C3%ADculoDocente\\_2.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29927/Art%C3%ADculoDocente_2.pdf?sequence=1)

SENAMI 2019 “*Temperatura promedio del Cusco en el 2019*” fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=08&localidad=0019>

LAVINOTECA.COM 2019 *La acidez del vino*” pg. 1 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <https://www.lavinoteca.info/que-es-la-acidez>

DICIONARIODELVINO.COM. 2018 “*Bitartrato de potasio*” fecha de consulta octubre 2019 pg. 1 disponible en: [http://www.diccionariodelvino.com/index.php?qv=POTASIO+\(BITARTRATO+DE\)](http://www.diccionariodelvino.com/index.php?qv=POTASIO+(BITARTRATO+DE))



TARTARIC.COM 2019 “*Crémor tártaro*” parr. 1 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <https://www.tartaric.com/es/cremor-tartaro/>

BODEGAS URBINA vinos 2012 “*Estabilización tartárica clásica o de larga duración*”. Parr 3 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: <http://urbinavinos.blogspot.com/2012/01/tratamientos-por-frio-para-la.html>

CAMPUSVIRTUAL.COM 2018 “*Tipos de diseño de superficie*” pg. 42 fecha de consulta octubre 2019 disponible en: [http://www.campusvirtual.unt.edu.ar/file.php?file=%2F1939%2Fcurso\\_proteccion\\_2018\\_%2FClase\\_4\\_2018.pdf](http://www.campusvirtual.unt.edu.ar/file.php?file=%2F1939%2Fcurso_proteccion_2018_%2FClase_4_2018.pdf)

CARRASCO D. “*Metodología de la investigación científica*” Segunda edición. Lima Universidad San Marcos 2010. ISBN 978-9972-38-344-1 pg. 43

SÁNCHEZ H. “*Metodología y diseños en la investigación científica*” Segunda edición. Lima. Editorial Mantaro. 1998 pg. 13.

CÓRDOVA I. “*El proyecto de investigación cuantitativa*” Tercera edición. Universidad de San Marcos. Lima. Editorial San Marcos ISBN 978-612-302-961-6 pg. 73

HERNÁNDEZ-SAMPIERI R. “*Metodología de la investigación las rutas cuantitativa cualitativa y mixta*” Segunda edición 2019. México. McGraw-Hill. ISBN 978-1-4562-6096-5 pg. 40

CARRASCO D. “*Metodología de la investigación científica*” Segunda edición. Lima Universidad San Marcos 2010. ISBN 978-9972-38-344-1 pg. 42

PALOMINO J. ET AL “*Metodología de la investigación*” Primera edición. Lima. Editorial San Marcos 2015 ISBN 978-612-315-262-8 pg. 36



CÁCERES B. “*Análisis de datos y diseños experimentales aplicados en investigación*”  
Primera edición 2009. Cusco Editorial Universitaria UNSAAC. ISBN 978-612-45446-0-6 pg. 312

BOULTON, et AL., (2002). “Teoría y práctica de la elaboración de vinos” 1era Edición,  
Editorial Acriba. Zaragoza, España. Fecha de consulta octubre 2019

FUENTES J. “Análisis del sector vitivinícola exportación de vino dulce a china  
bodegas quitapenas.” Universidad de Córdoba 2013

SANZ D. “Revisión sobre técnicas actuales de estabilidad tartárica en los vinos”.  
Universidad Valladolid 2012

CORTI S. Y PALADINO S. “Estabilización tartárica en vinos: comparación entre  
electrodiálisis y tratamiento de frío por contacto” FCA Uncuyo 2015

TOGORES J. H. Tratado de enología Tomo II Mundi Prensa Ediciones Madrid España  
2010

MONTAGNANI D. “Método analítico para un uso óptimo y eficaz de manoproteínas  
para la estabilización” Enolab-Capannoli Pise Italia 2019

VELOZ A. “Evaluación del tratamiento por frío y el tratamiento por electrodiálisis en  
la estabilización tartárica del Vino” EPN de Quito. 2015

WALKER, T, MORRIS, J, THRELFALL, R., MAIN, G, Quality, sensory and cost  
comparison for pH reduction of syrah wine using ion exchnage or tartaric acid.

LARA J, Ana Acidificación de mostos mediante técnicas tradicionales en vinos tintos,  
Reglamento 822 artículos 21-23 CEE. Pg. 10



# ANEXOS







Figura 25 — Diagrama de flujo de elaboración de vinos tintos

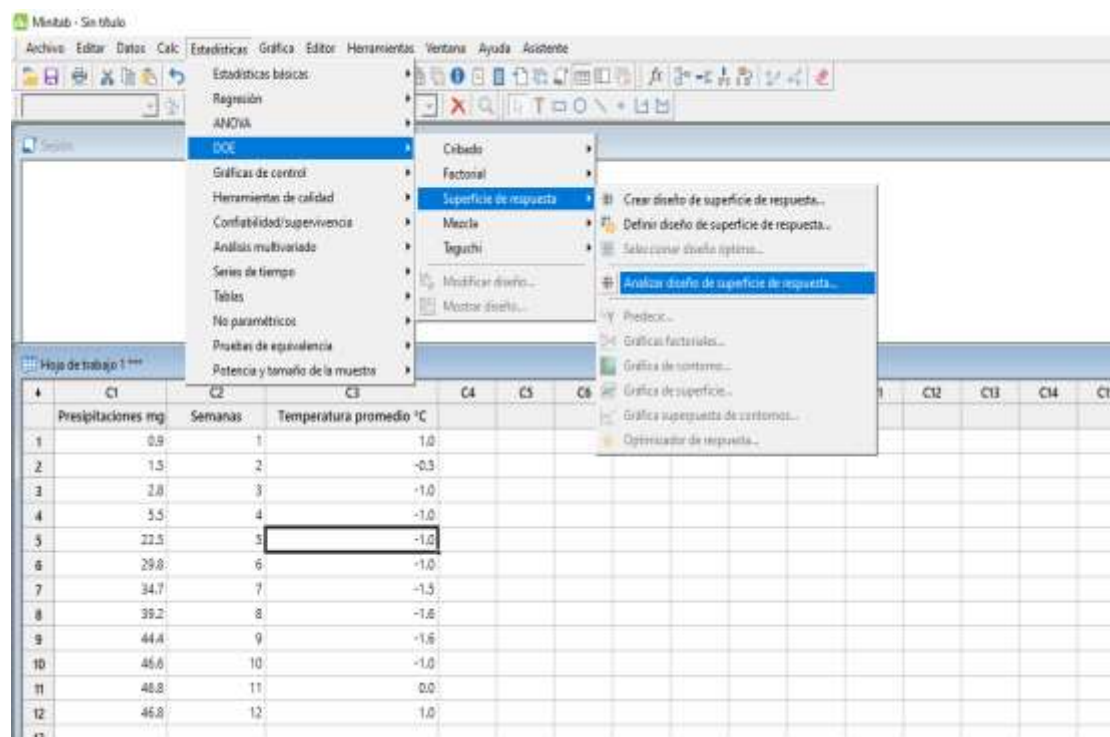


Figura 26 — Superficie de respuesta en Minitab 18 bloque 1

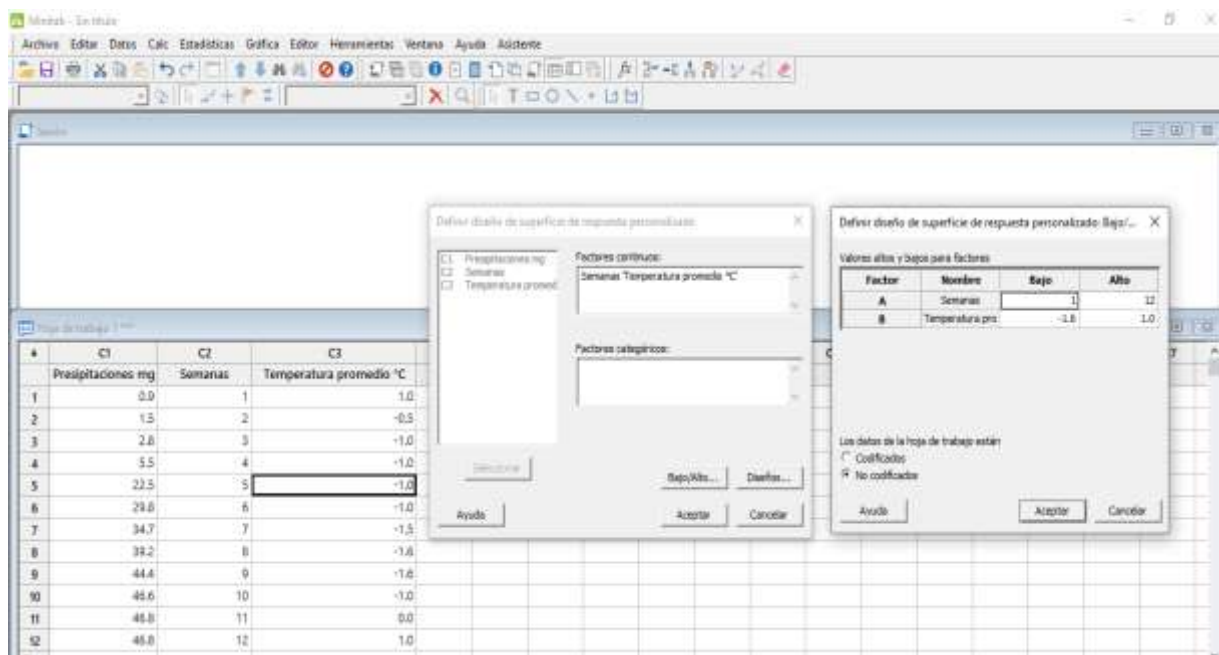


Figura 27 — Parámetros para superficie de respuesta del bloque 1 en Minitab 18

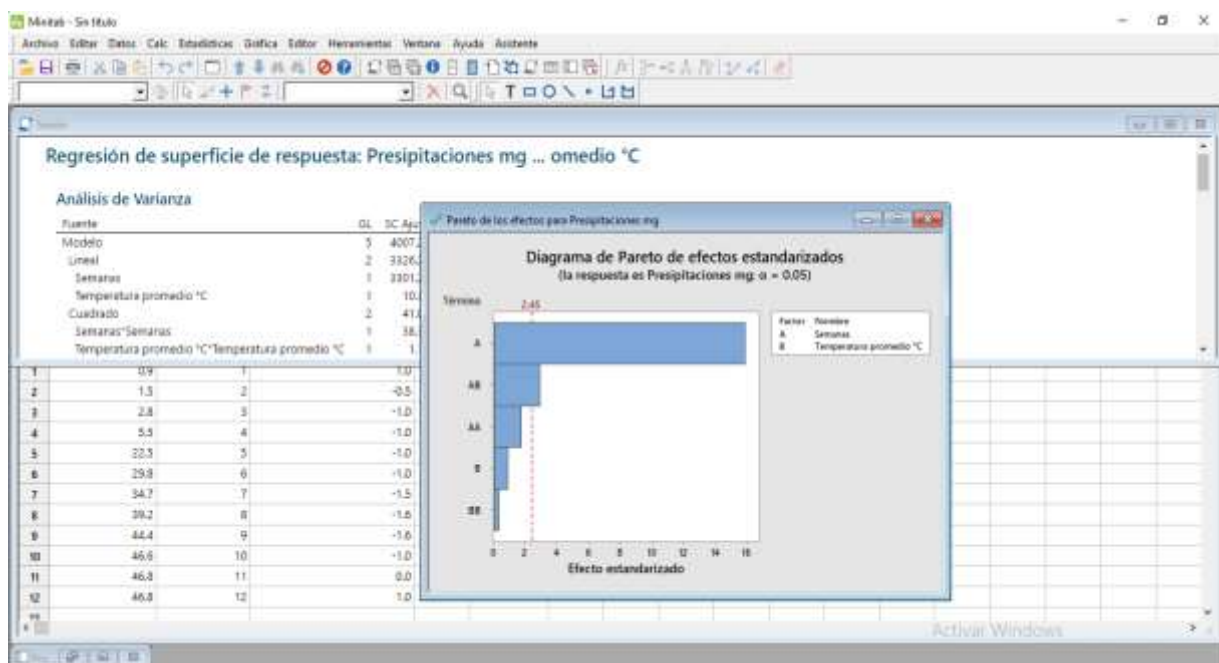


Figura 28 — Superficie de Respuesta bloque 1 en Minitab 18

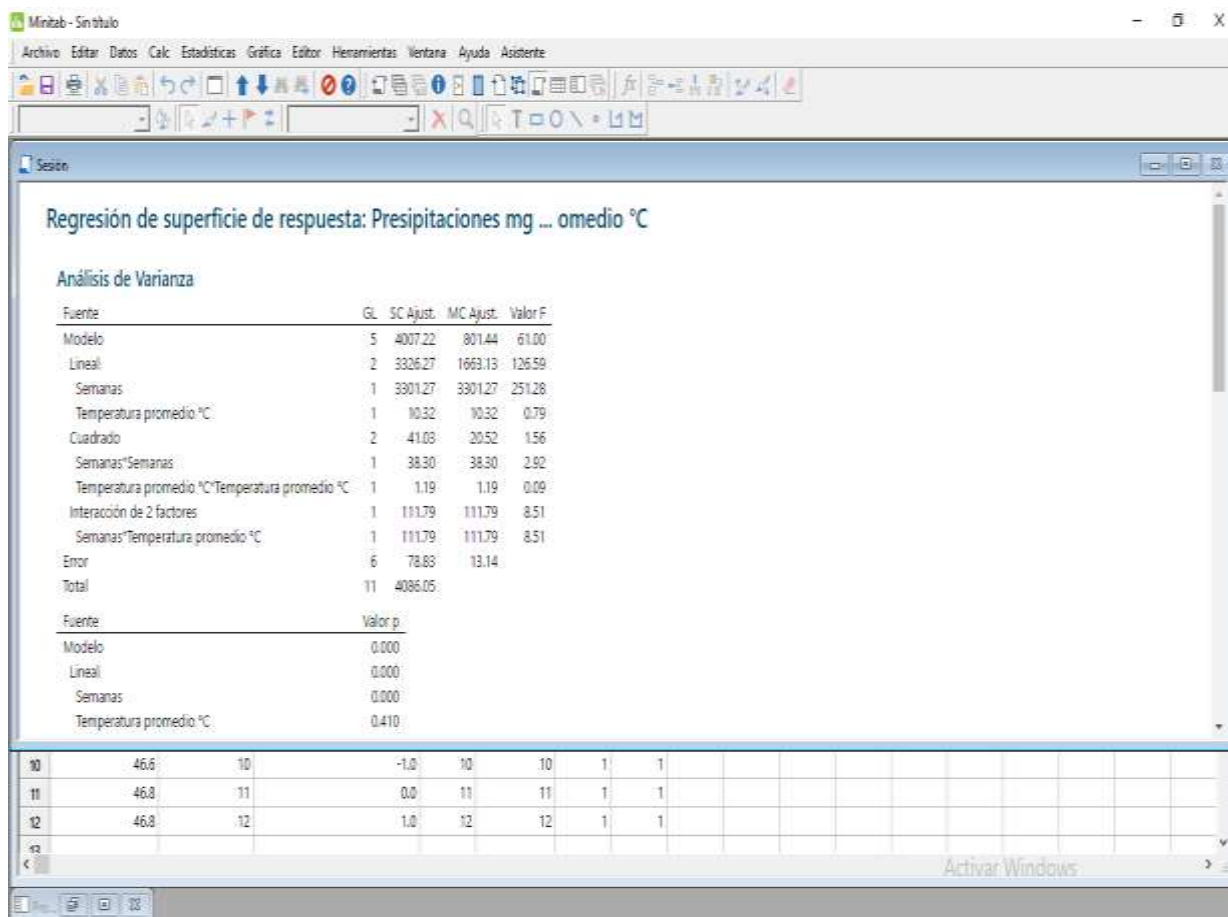


Figura 29 — Regresión multivariada Bloque 1 Minitab 18

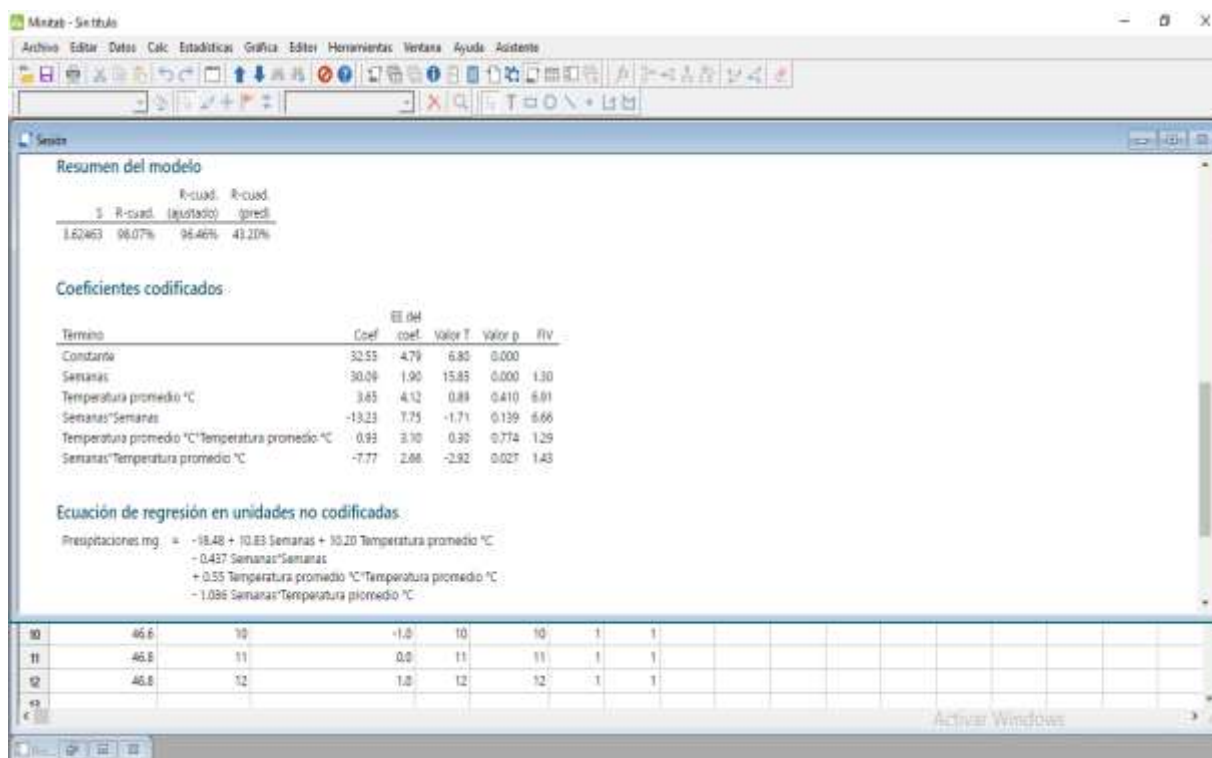


Figura 30 — Modelamiento de los datos Bloque 1

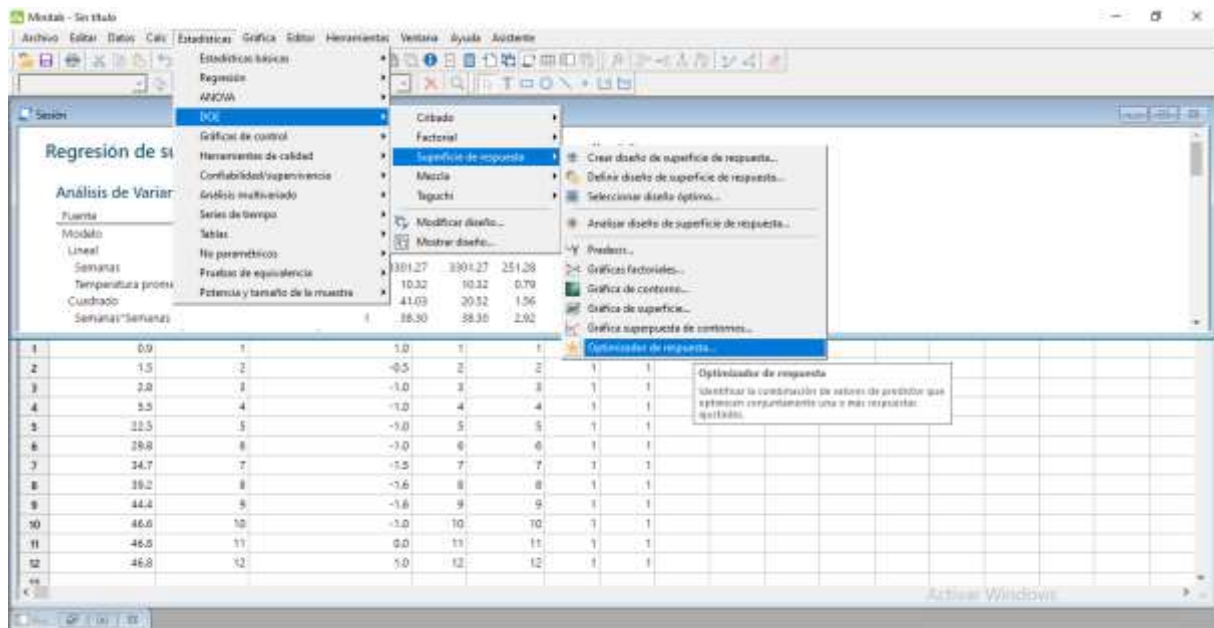


Figura 31 — Optimización del proceso bloque 1

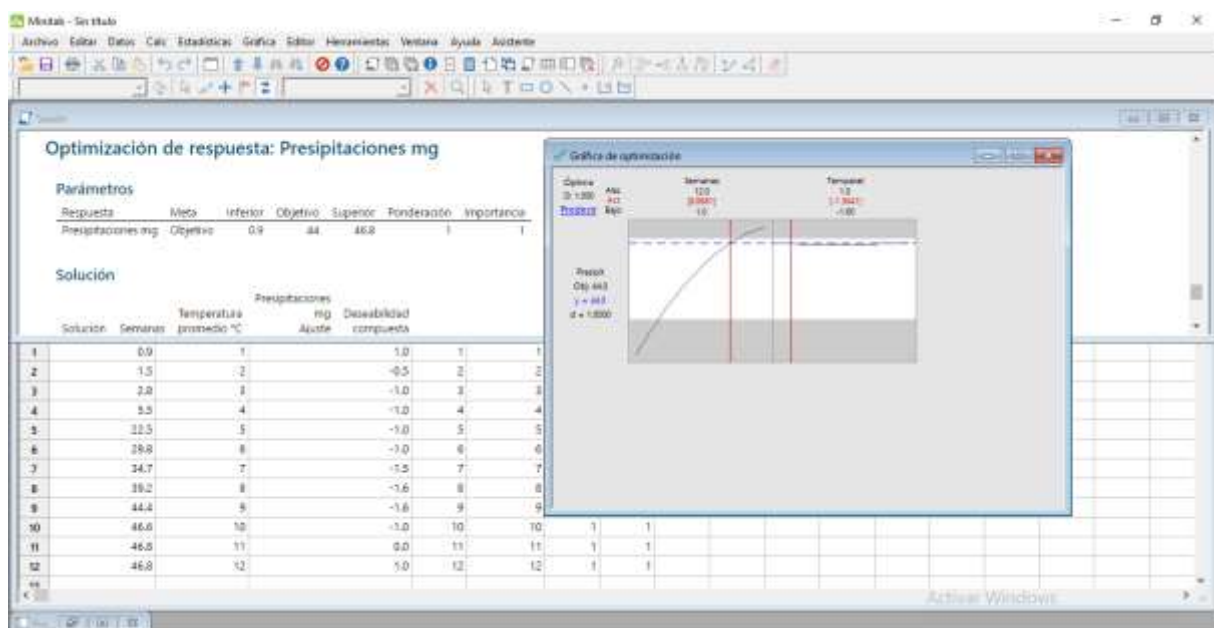


Figura 32 — Grafica de optimización del bloque 1

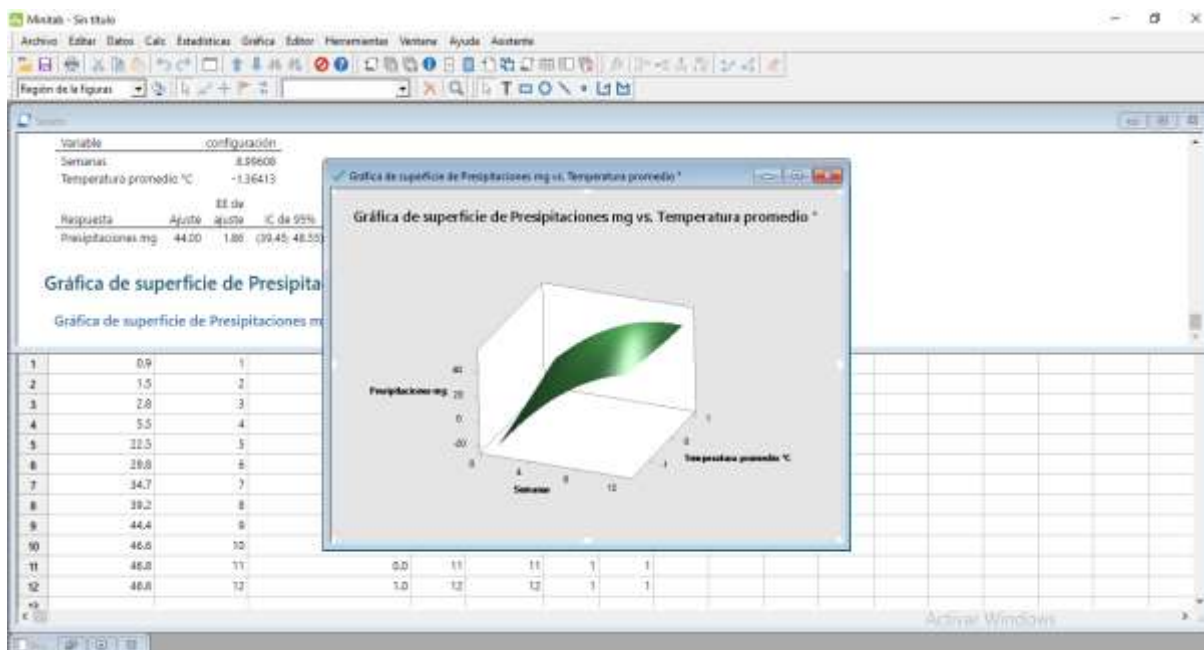


Figura 33 — Optimización y edición del grafico del bloque 1

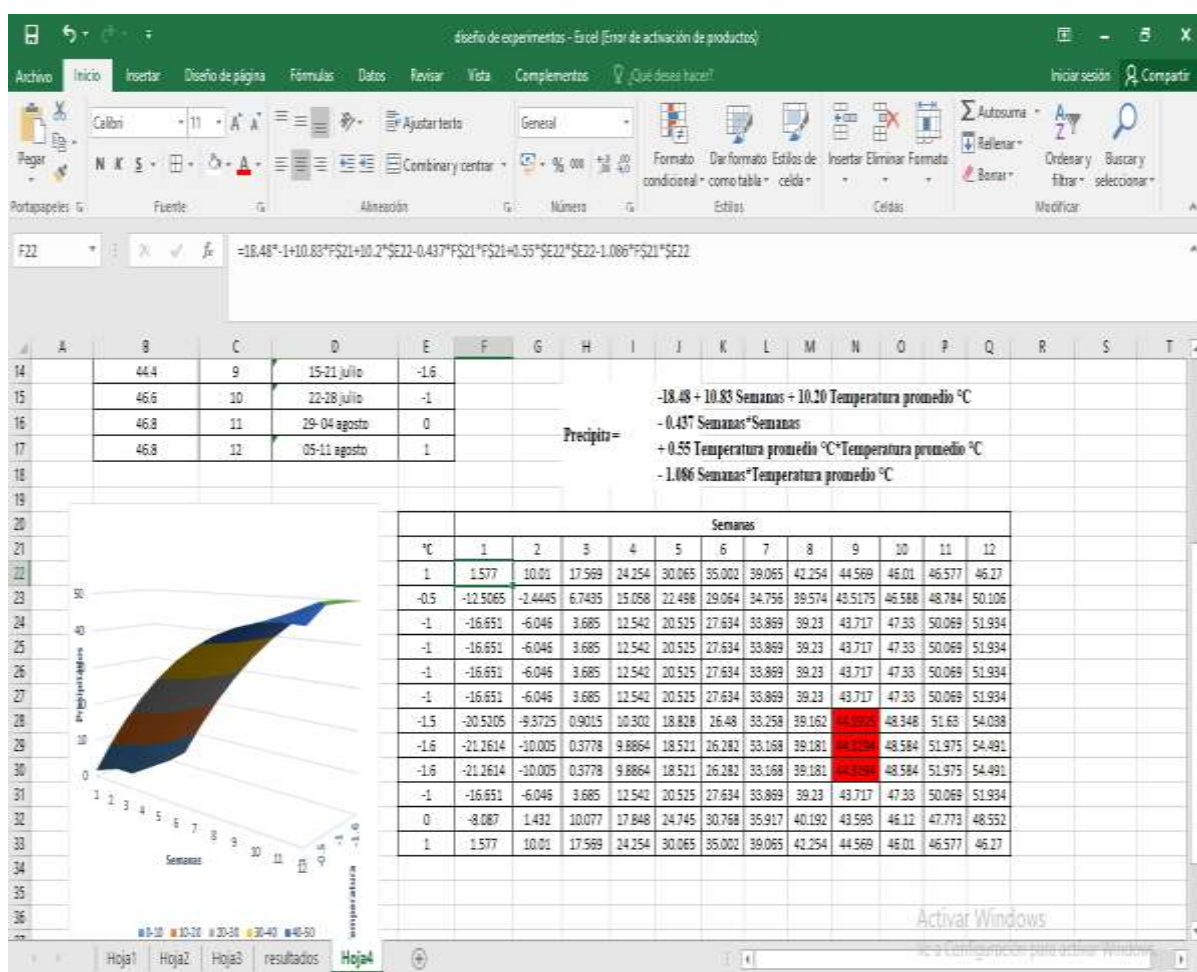


Figura 34 — Simulación del modelo en Excel





**Figura 35 — Muestras codificadas<sup>1</sup>**



**Figura 36 — Tarado de la balanza analítica<sup>2</sup>**

---

<sup>1</sup> Se presentan las muestras codificadas por bloques para su posterior pesado en la balanza analítica

<sup>2</sup> Se procedió a tarar la balanza analítica con la luna de reloj que se utilizara para las muestras, luego de pesar una muestra se procedió a limpiar la luna de reloj y secarla y luego se procedió a tararla otra vez



**Figura 37 — vertido de las muestras<sup>3</sup>**



**Figura 38 — Pesado de las muestras**

---

<sup>3</sup> Cada muestra se procedió a verterla en la luna de reloj para su posterior pesado en la balanza analítica



**Figura 39 — Residuos de la estabilización tartárica<sup>4</sup>**



**Figura 40 — Filtración después del proceso de estabilización tartárica<sup>5</sup>**

---

<sup>4</sup> Tanque de 10 mil litros de capacidad con residuos de las sales precipitadas después del tratamiento respectivo

<sup>5</sup> Después del tiempo de tratamiento el mosto del vino fue sometido a filtración como se observa en el anexo 16





**Figura 41 — Envasado del vino tinto Malbec<sup>6</sup>**



**Figura 42 — Control de calidad del embotellado<sup>7</sup>**

---

<sup>6</sup> Luego del proceso de filtrado se procedió a envasar el vino como se puede observar en el anexo 17

<sup>7</sup> Después del envasado las botellas pasan por un proceso de control de calidad para descartar las botellas con defectos



**Figura 43 — embalado de cajas de vinos<sup>8</sup>**



**Figura 44 — almacenado de los vinos<sup>9</sup>**

---

<sup>8</sup> Luego del proceso de control de calidad fueron embaladas las botellas de vino

<sup>9</sup> Finalmente fueron almacenadas las botellas de vino para luego ser transportadas a los establecimientos comerciales

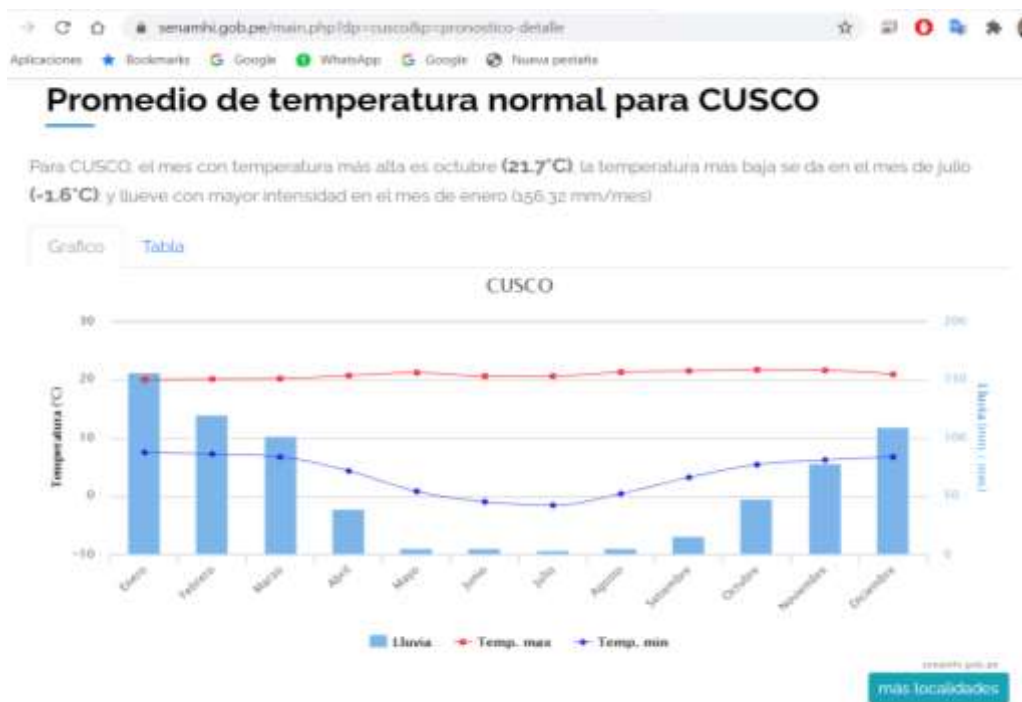


Figura 45 — Información del SENAMHI para el Cusco 2019

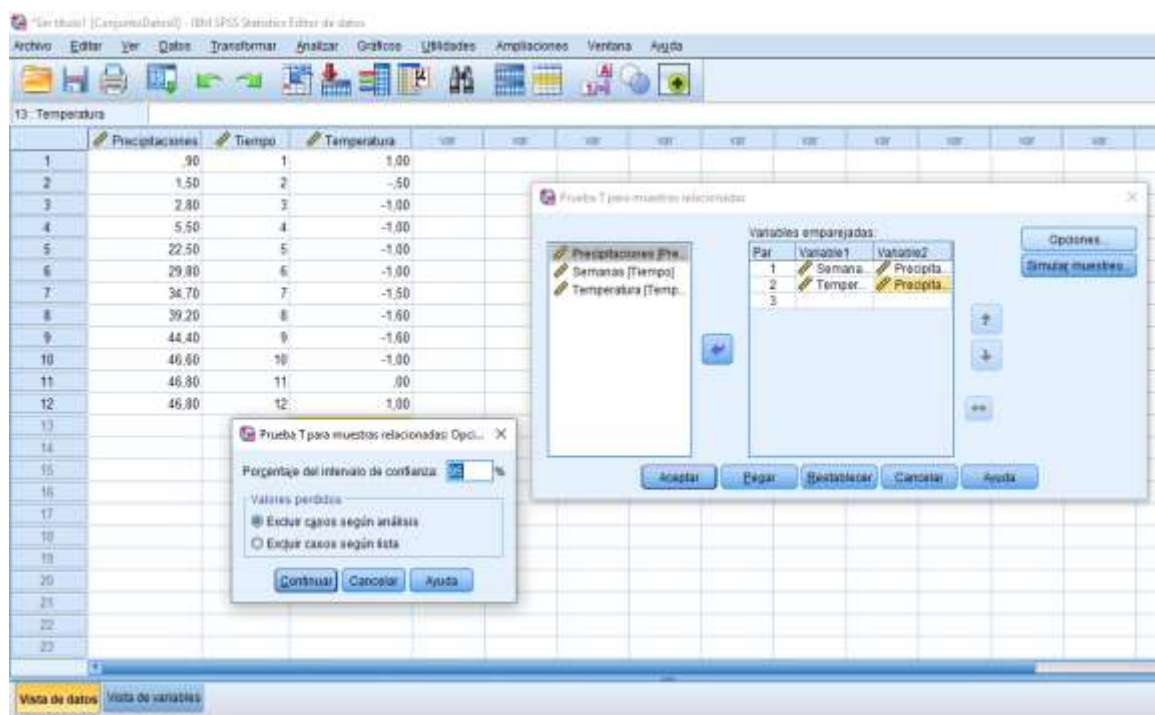


Figura 46 — Pruebas de hipótesis en SPSS 25



Figura 47 — Resultados Pruebas de hipótesis en SPSS 25