

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Química

Ingeniería Básica de una Planta de Producción de  
vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta  
Tempranillo

Autora: Inmaculada Roldán Torres

Tutora: Custodia Fernández Baco

**Dpto. Ingeniería Química y Ambiental**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería Química

# **Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo**

Autora:

Inmaculada Roldán Torres

Tutora:

Custodia Fernández Baco

Profesora Colaboradora

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



*A mi familia*

*A mis amigos*

*A mis maestros*



# Agradecimientos

---

Entregando el trabajo de fin de grado, es el último paso a dar para convertirme en ingeniera química de forma oficial, pensaba que no llegaría nunca.

No tengo palabras para agradecer a tanta gente que me ha apoyado durante estos largos años. Transcurridos estos años ha habido días buenos y días no tan buenos, de agobios, de querer abandonar, pero ahí estaban ellos.

Y con ellos me refiero a mi familia, en especial a mi madre, ya que es un apoyo incondicional, que ha estado día tras día apoyándome y animando en que yo podría con esto y con más, y también y no menos importante por ponerlos los segundos a mis amigos, en concreto a la familia que se ha formado con los amigos de la carrera porque es así es mi segunda familia, ya que con ellos estos últimos años he pasado más tiempo que con nadie, muchísimas tardes de estudio, muchísimas noches de bunker, muchas quedadas y alguna que otra fiesta (que no todo iba a ser estudiar), he tenido la suerte de conocer a gente maravillosa y sé que estarán conmigo para toda la vida. Por ello quiero dar mil gracias a todos ellos.

Quería agradecer a los profesores que nos han impartido clase durante toda la carrera, porque sin ellos no hubiera llegado hasta aquí y en especial a mi tutora del TFG a Custodia la cual ha estado muy pendiente de mí y ha tenido mucha paciencia conmigo y nunca me ha metido prisas, por lo que se lo agradezco.

*Inmaculada Roldán Torres*

*Julio, 2020*



# Resumen

---

En este trabajo se ha elaborado la Ingeniería Básica de una planta de producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo.

La planta tiene una capacidad de producir 98.350 litros anuales de los cuales 49.609 serán vino tinto joven y 48.741 vino tinto crianza. Para producir dichas cantidades se ha necesitado 150.000 kg de uva tinta Tempranillo.

En primer lugar, se comentan las principales características del producto, así como su composición química al igual que la del mosto, la uva a utilizar en el proceso. Se explican las operaciones fundamentales de la planta y, además, se realiza un estudio de mercado.

A continuación, se describe todo el proceso con sus respectivas operaciones, reflejado todas ellas en el diagrama de flujo, y se resuelven los balances de materia y energía de toda la planta. Además, se diseñan los equipos que aparecen en dicho diagrama. Asimismo, se realiza la evaluación económica de todo el proceso para ver si económicamente es rentable.

A su vez, se estudiará la viabilidad de implantar una propuesta de mejora asociada a modificar el tiempo de operación de las fermentaciones que se realizan en el proceso, de esta forma se reduce los tiempos de residencia por lo que se podrá aumentar la producción, mejorando el rendimiento de la planta. Con esta modificación se consigue un incremento del 10% de la producción. Finalmente se comparan ambas posibilidades del proceso.



# Abstract

---

This project develops the basic engineering of a Young and aged red wine production plant from Tempranillo red grapes.

The plant has a capacity to produce 98,350 liters per year, of which 49,609 will be young red wine and 48,741 aged red wine. To produce these quantities, 150,000 kg of Tempranillo red grapes have been needed.

Firstly, the main characteristics of the wine, its chemical composition and of the must and the grape used in the process are explained. Also, theoretically, the fundamental operations of the plant are described and, in addition, a market study is carried out that will help to know if the plant has a great interest in the industry.

Next, the entire process is described with its respective operations, all of which are reflected in the flow diagram, and the material and energy balances of the entire plant are resolved. In addition, the equipment that appears in the diagram is designed. Furthermore, the economic evolution of the entire process is carried out to see if it is profitable.

Additionally, it will be studied the feasibility of implementing an improvement of the process: the modification of the operation time of both fermentations that take place in the process. Thanks to the reduction of these times it can be achieved an increase in the production and an improvement in the overall efficiency of the plant. In this way, the capacity of the plant increases to 108,185 liters per year, being 54,570 for young wine and 53,615 for aged wine. For this, 165,000 kg of Tempranillo red grapes are needed.

Finally, both possibilities of the process are compared, to discard one of them and process the most economically profitable alternative.

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xi</b>
<b>Índice</b>	<b>xii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Alcance y Objetivos</b>	<b>21</b>
<b>2 Introducción</b>	<b>23</b>
2.1 <i>El vino</i>	23
2.1.1 Clasificación del vino	24
2.1.2 Composición química del vino	26
2.2 <i>Materia prima y materia auxiliar</i>	26
2.2.1 La uva	26
2.2.2 Antioxidante	29
2.3 <i>El mosto</i>	32
2.4 <i>Análisis de mercado</i>	32
2.4.1 Análisis del mercado internacional	32
2.4.2 Análisis de mercado nacional	34
<b>3 Operaciones fundamentales y operaciones de acabado</b>	<b>36</b>
3.1 <i>Operaciones fundamentales</i>	36
3.1.1 Fermentación alcohólica	36
3.1.2 Fermentación maloláctica	38
3.1.3 Maceración	39
3.2 <i>Operaciones de acabado</i>	41
3.2.1 Clarificación	41
3.2.2 Filtración	41
3.2.3 Estabilización tartárica	42
<b>4 Memoria Descriptiva</b>	<b>44</b>
4.1 <i>Recepción de materia prima</i>	45
4.2 <i>Obtención del mosto</i>	45
4.3 <i>Encubado: Maceración y Fermentación alcohólica</i>	47
4.4 <i>Descube y prensado de orujos. Fermentación maloláctica</i>	48
4.5 <i>Acondicionamiento</i>	49
4.6 <i>Almacenamiento y conservación de vinos</i>	50
4.7 <i>Embotellado</i>	50
<b>5 Memoria de cálculo</b>	<b>52</b>
5.1 <i>Bases de diseño</i>	52
5.2 <i>Balance global de materia</i>	56
5.2.1 Especificaciones del balance de materia	56
5.2.2 Balance de materia de la planta	56

5.3	<i>Balance de materia por etapas</i>	58
5.3.1	Balance de materia de la zona de recepción	60
5.3.2	Balance de materia de zona de preparación para la fermentación	61
5.3.3	Balance de materia de la zona de fermentación y prensado de orujos	62
5.3.4	Balance de materia de la zona de acondicionamiento del vino	64
5.3.5	Zona de almacenamiento y embotellado	65
5.4	<i>Secuencias de etapas del proceso</i>	66
5.5	<i>Balance de energía</i>	69
5.5.1	Intercambiadores de calor	69
5.5.2	Fermentador alcohólico	70
5.6	<i>Diseño de los equipos</i>	78
5.6.1	Diseño de los equipos del grupo de recepción	78
5.6.2	Fermentadores alcohólicos	86
5.6.3	Prensado	91
5.6.4	Fermentadores malolácticos	92
5.6.5	Diseño de los equipos del grupo de acabado	93
5.6.6	Barricas de almacenamiento	96
5.6.7	Equipos de intercambio de energía mecánica y calor	97
5.6.8	Embotelladora	104
5.7	<i>Calendario anual del proceso</i>	105
<b>6</b>	<b>Evaluación económica</b>	<b>109</b>
6.1	<i>Coste de inversión</i>	109
6.1.1	Coste de operación	113
6.2	<i>Viabilidad económica</i>	116
6.2.1	Cálculo del VAN y TIR.	118
<b>7</b>	<b>Planteamiento de mejoras de la planta</b>	<b>120</b>
7.1	<i>Fermentación alcohólica</i>	120
7.1.1	Fermentación espontánea	120
7.1.2	Fermentación inoculada	120
7.2	<i>Fermentación maloláctica</i>	121
7.3	<i>Opción elegida para la mejora de la planta</i>	121
<b>8</b>	<b>Hojas de especificaciones</b>	<b>127</b>
	<b>Anexos</b>	<b>137</b>
	<b>Referencias</b>	<b>177</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Dosis prefermentativas de SO <sub>2</sub> recomendadas [14]	31
Tabla 2. SO <sub>2</sub> libre a mantener en fases de conservación y transporte [14]	31
Tabla 3. SO <sub>2</sub> libre a mantener en fase de embotellado	31
Tabla 4. Composición media aproximada del mosto de uva [8]	32
Tabla 5. Período de tiempo de conservación de los diferentes vinos	50
Tabla 6. Descripción de los equipos existentes en el diagrama de flujo	55
Tabla 7. Balance global de la planta durante la campaña	56
Tabla 8. Producción de vino	58
Tabla 9. Balance de materia de la zona de recepción	60
Tabla 10. Balance de materia de la zona de preparación para la fermentación	61
Tabla 11. Balance de materia de la zona de fermentación y prensado de orujos	63
Tabla 12. Balance de materia de la zona de acondicionamiento del vino	64
Tabla 13. Balance de materia de la zona de almacenamiento y embotellado	65
Tabla 14. Tiempos de vaciados de los distintos depósitos	66
Tabla 15. Resolución balance de energía E-101	69
Tabla 16. Resolución balance de energía E-102	70
Tabla 17. Transcurso de la fermentación alcohólica	72
Tabla 18. Valores de presión de vapor del agua sobre el vino a diferentes temperaturas	74
Tabla 19. Valores de presión de vapor del alcohol sobre el vino a diferentes temperaturas	74
Tabla 20. Resultado de calor absorbido por desprendimiento de gases o vapores	74
Tabla 21. Valores del coeficiente superficial externo en función de la velocidad del aire	76
Tabla 22. Valores del coeficiente de transmisión en función del coeficiente superficial externo	76
Tabla 23. Resolución del balance de energía del fermentador	77
Tabla 24. Características de la tolva de recepción.	79
Tabla 25. Coeficiente de relleno en función del tipo de carga	80
Tabla 26. Valores del coeficiente de disminución del flujo	81
Tabla 27. Valores del coeficiente de resistencia	81
Tabla 28. Características del tornillo sin fin	82
Tabla 29. Cantidad de uva a procesar aplicando el coeficiente de seguridad	82
Tabla 30. Características de la cinta transportadora para raspones	84
Tabla 31. Potencia de la cinta transportadora para raspones	84
Tabla 32. Características de la cinta transportadora para orujos	85
Tabla 33. Potencia de la cinta transportadora para orujos	85

Tabla 34. Cantidad total de SO <sub>2</sub> en la campaña	85
Tabla 35. Parámetros de diseño para la instalación de sulfitado	86
Tabla 36. Estimación del volumen unitario de los depósitos	87
Tabla 37. Diseño del fermentador alcohólico	90
Tabla 38. Estimación del volumen de los fermentadores malolácticos	92
Tabla 39. Diseño fermentador maloláctico	92
Tabla 40. Estimación del volumen de los tanques de clarificación	93
Tabla 41. Diseño tanque de clarificación	94
Tabla 42. Cantidad necesaria de gelatina en clarificación	95
Tabla 43. Estimación del volumen de los depósitos de estabilización	95
Tabla 44. Diseño depósito de estabilización	95
Tabla 45. Cantidad necesaria de bitartratos de potasio en estabilización	96
Tabla 46. Caudal a impulsar de las distintas bombas	98
Tabla 47. Altura desarrollada de las distintas bombas	100
Tabla 48. Potencia teórica de las distintas bombas	100
Tabla 49. Altura neta positiva de succión disponible de las distintas bombas	100
Tabla 50. Altura neta positiva de succión requerida de las distintas bombas	101
Tabla 51. Modelo seleccionado para cada bomba	101
Tabla 52. Resultados del diseño de los intercambiadores	104
Tabla 53. Calendario planificación del proceso de elaboración de vino tinto joven y crianza	105
Tabla 54. Parámetro característico de cada equipo	109
Tabla 55. Factor de corrección por material [43]	109
Tabla 56. Coste de compra de equipos [43]	110
Tabla 57. Índice CEPCI	110
Tabla 58. Coste de equipos dimensionados (\$)	111
Tabla 59. Coste de equipos comprados (\$)	112
Tabla 60. Coste fijo de la planta	113
Tabla 61. Costes de terrenos	113
Tabla 62. Coste de mano de obra (\$/año)	114
Tabla 63. Coste de materia prima (\$/año)	115
Tabla 64. Coste de los servicios (\$/año)	115
Tabla 65. Ingresos de venta en el primer y segundo año	116
Tabla 66. Ingresos de venta a partir del tercer año	117
Tabla 67. Ingresos de venta de los subproductos	117
Tabla 68. Resultados del VAN y la TIR	119
Tabla 69. Cantidad necesaria por campaña de levaduras y bacterias comerciales	121
Tabla 70. Producción de vino con la mejora	122
Tabla 71. Coste de materia prima con la mejora (\$/año)	122
Tabla 72. Resultado del coste circulante y coste de operación	122
Tabla 73. Ingresos de venta en el primer y segundo año con la mejora	123

Tabla 74. Ingresos de venta a partir del tercer año con la mejora	123
Tabla 75. Ingresos de venta de los subproductos con la mejora	123
Tabla 76. Resultados del VAN y la TIR con la mejora	124
Tabla 77. Comparativa de las diferentes alternativas	124
Tabla 78. Lista de elementos del fermentador alcohólico	145
Tabla 79. Análisis de flujos de caja de los años 1 al 11	165
Tabla 80. Análisis de flujos de caja de los años 12 al 22	165
Tabla 81. Análisis de flujos de caja de los años 1 al 11 de la mejora	169
Tabla 82. Análisis de flujos de caja de los años 12 al 22 de la mejora	169

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Estructura tridimensional del etanol	23
Figura 2. El ciclo de la vid	27
Figura 3. Componentes del grano de uva	27
Figura 4. Producción de uva en toneladas, año 2017 [9]	28
Figura 5. Racimo de uva tempranillo	29
Figura 6. Equilibrio químico del sulfito en los vinos [13]	30
Figura 7. Exportaciones internacionales de vino, año 2017. Datos: OEC [15]	33
Figura 8. Importaciones internacionales de vino, año 2017. Datos: OEC [15]	33
Figura 9. Evolución de producción mundial de vino desde 2001 al 2017 [16]	33
Figura 10. Evolución del vino en producción, exportación y consumo en España.	34
Figura 11. Evaluación de la población de levaduras a lo largo del proceso de fermentación [21]	38
Figura 12. Componentes del grano de uva importantes al momento de la maceración	40
Figura 13. Diagrama de bloques	44
Figura 14. Despalilladora	46
Figura 15. Estrujadora de rodillos	46
Figura 16. Equipo despalilladora-estrujadora	47
Figura 17. Comparativa de materiales para depósitos	48
Figura 18. Tipos de botella para vinos	51
Figura 19. Diagrama de flujo del proceso	53
Figura 20. Balance de materia	57
Figura 21. Transformaciones de la uva	59
Figura 22. Zona de recepción	60
Figura 23. Zona de preparación para la fermentación	61
Figura 24. Zona de fermentación y prensado de orujos	62
Figura 25. Zona de acondicionamiento del vino	64
Figura 26. Zona de almacenamiento y embotellado	65
Figura 27. Diagrama de Gantt con las secuencias de actividades que operan cuatro lotes de uva	67
Figura 28. Intercambiador de calor E-101	70
Figura 29. Intercambiador de calor E-102	70
Figura 30. Corrientes de entrada y salida del fermentador alcohólico	71
Figura 31. Evolución de la temperatura y densidad en el fermentador	73
Figura 32. Calores intervenidos en el proceso de fermentación	77
Figura 33. Parámetros a determinar para el diseño de una tolva.	78
Figura 34. Hélice de un tornillo sin fin	79
Figura 35. Dimensiones del fermentador	89

Figura 36. Correlaciones de diseño impuestas por el código API-650 [37]	94
Figura 37. Dimensiones para el apilado de barricas con durmientes [14]	97
Figura 38. Tribloc 36/6/6 8000 botellas/h	104
Figura 39. Variación de viñedos en España por CCAA del 2007 al 2017	137
Figura 40. Velocidad de giro en r.p.m. recomendada en función del diámetro del tornillo y la clase de material	140
Figura 41. Coeficiente de K para bandas inclinadas	140
Figura 42. $Q_m$ en $m^3/h$ para $v = 1$ m/s	141
Figura 43. Potencia neta en CV necesaria para el movimiento de la banda en vacío horizontal ( $W_1$ )	141
Figura 44. Potencia neta en CV necesaria para el transporte horizontal de la carga ( $W_2$ )	142
Figura 45. Potencia neta en CV necesaria para la elevación del material ( $W_3$ )	142
Figura 46. Potencia a añadir por cada tripper de descarga, en CV ( $W_4$ )	143
Figura 47. Factor de tensión en las poleas finales y del tensor	143
Figura 48. Valor del coeficiente $K_1$	143
Figura 49. Despalilladora-estrujadora de la gama Delta E2 más elementos internos	144
Figura 50. Características técnicas despalilladora-estrujadora [45]	144
Figura 51. Fermentador alcohólico	145
Figura 52. Llenado y vaciado de los fermentadores	147
Figura 53. Prensa Smart Press cuba cerrada SPC 40	149
Figura 54. Dimensiones de la prensa	149
Figura 55. Características técnicas de la máquina de prensado	150
Figura 56. Llenado y vaciado de los depósitos de clarificación	151
Figura 57. Llenado y vaciado de los depósitos de estabilización tartárica	153
Figura 58. Filtro de placas 40x40 FIL-H	155
Figura 59. Características técnicas del filtro	155
Figura 60. Filtros tangenciales Flavy FX3 ICS	155
Figura 61. Características técnicas de las mangueras de la planta [47]	156
Figura 62. Catálogo bombas. AGP bombas: serie SM	157
Figura 63. Catálogo bombas. Saci pumps: serie NKP-G	157
Figura 64 Bomba de vendimia modelo “VIAR 600”	158
Figura 65. Características técnicas de la bomba helicoidal “VIAR”	158
Figura 66. Intercambiadores carcasa y tubo: características de los tubos [48]	159
Figura 67. Intercambiadores carcasa y tubo: diámetro de la carcasa y número de tubos en intercambiadores de placas tubulares fijas y de tubos en U [48]	160
Figura 68. Viscosidad dinámica del mosto en dependencia de la temperatura [49]	161
Figura 69. Conductividad del mosto en dependencia de la temperatura	161
Figura 70. Correcciones de conductividad del vino para temperaturas distintas de 20 °C en $\mu S/cm$	162
Figura 71. Propiedades de los fluidos del intercambiador E-102	162
Figura 72. Factor de Lang para estimar la inversión total [43]	163

Figura 73. Ficha técnica: Levaduras “Viniferm 3D” [50]

167

Figura 74. Ficha técnica: Bacterias Lácticas “Viniferm OE AG-20” [51]

168



# 1 ALCANCE Y OBJETIVOS

---

El objetivo de este proyecto es la realización de una Ingeniería Básica de una bodega de elaboración de vino tinto con una producción de 98.350 litros anuales a partir de uva tinta Tempranillo. Dicha producción se dividirá en proporciones iguales en la obtención de vino tinto joven y vino tinto crianza.

El alcance del Proyecto consta:

- La elaboración de un diagrama de flujo (PFD) que represente el proceso descrito, quedando fuera del alcance la realización del P&ID, y los conceptos relacionados con la instrumentación y el control de la planta.
- La resolución de los balances de materia y energía de las corrientes mencionadas en el PFD.
- El diseño de algunos de los equipos de la instalación.
- El análisis económico de la instalación.
- Proponer posibilidades de mejora para la planta, con el fin de elevar el rendimiento global de producción con relación al tiempo que conllevan sus etapas.
- Las hojas de especificaciones de los equipos que forman parte del proceso.



## 2 INTRODUCCIÓN

Las bebidas alcohólicas son aquellas que contienen un porcentaje de etanol en su composición, dependiendo de la elaboración de dicha bebida se puede diferenciar dos grandes grupos que son, las bebidas producidas por fermentación alcohólica, llamadas bebidas fermentadas, que son principalmente el vino, la cerveza y la sidra, y las bebidas producidas por destilación como son los diferentes tipos de licores y aguardientes; normalmente estas últimas utilizan como materia prima un producto previamente fermentado. Una gran diferencia entre ambos grupos es el grado de alcohol, las primeras no suele superar los 15 grados, en cambio las otras tienen un valor superior.

El alcohol de las bebidas fermentadas es obtenido mediante un proceso de fermentación microbiológico dentro del propio proceso del producto. En función de la materia prima de la que procede se puede obtener las diferentes bebidas mencionadas anteriormente, en el caso de la cerveza es la cebada, en el del vino es la uva y para la sidra es la manzana.

El alcohol obtenido es el etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que en condiciones normales de presión y temperatura se encuentra como un líquido incoloro, inflamable, es miscible en agua en cualquier proporción, volátil y con un punto de ebullición de unos 78 °C. Es el componente principal de todas las bebidas alcohólicas [1].

Su fórmula molecular es  $C_2H_5OH$  y en la Figura 1 se puede apreciar su estructura tridimensional, donde las esferas grises representan los átomos de carbono, los blancos los de hidrógeno y el rojo al átomo de oxígeno.

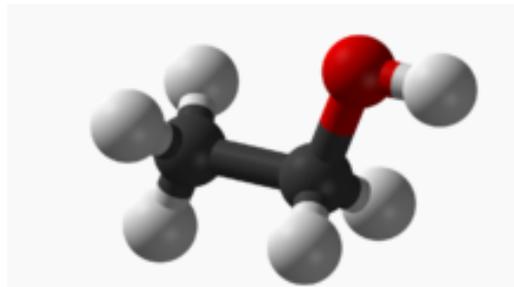


Figura 1. Estructura tridimensional del etanol

El etanol tiene multitud de usos en la industria, pero en este Proyecto se va a centrar en la generación de bebidas alcohólica mediante la fermentación, en concreto la fermentación para la obtención del vino.

### 2.1 El vino

El producto deseado de este proyecto es el vino, se conseguirá mediante diversos procesos que se irán describiendo a lo largo del trabajo.

El vino es una bebida alcohólica muy producida y consumida. Se trata de una bebida que se obtiene exclusivamente mediante la fermentación alcohólica del zumo de la uva o mosto, la cual se produce gracias a la acción de las levaduras presentes en la piel de las uvas, su graduación alcohólica no será inferior a nueve grados y no será mayor a los quince grados. El vino, junto con la cerveza, son las bebidas fermentadas más elaboradas a nivel mundial. Como dato de interés el vino, es una bebida que tiene multitud de beneficios para la salud humana.

Las características del vino provienen de los factores que afectan a los viñedos, como son, la region, el clima, el suelo, la topología, además del cuidado de los productores durante el proceso de elaboración.

### 2.1.1 Clasificación del vino

Existe una gran variedad de clasificaciones de tipos de vinos, se destaca:

- Según la variedad de uva: monovarietal, varietal y multivarietal.
- Según el color: tinto, blanco, rosado y clarete.
- Según su envejecimiento: jóvenes, crianza, reserva y gran reserva.
- Según el contenido de anhídrido carbónico: tranquilos, aguja, espumosos y gasificado.
- Según el contenido en azúcares: secos, semisecos, abocados, semidulces y dulces.
- Según el tipo de vinificación dependiendo de la parte del racimo fermentado.

A continuación, dichas clasificaciones se irán desglosando.

Según la variedad de uvas utilizadas en el proceso de vinificación se puede clasificar en:

- Varietal, se refiere al vino que al menos el 80-85% corresponde a un solo tipo de uva, siendo el resto del porcentaje de cualquier variedad de uva.
- Monovarietal, se refiere al vino que está elaborado en su totalidad con el mismo tipo de uva.
- Multivarietal, son aquellos vinos en los que intervienen dos o más cepas de uvas, sabiendo que el porcentaje de cada una de ellas tiene que ser inferior al 80%.

Según su color se puede diferenciar entre blancos, tintos, rosados y clarete que se definen [2] [3]:

- Vino blanco, es procedente de mostos de uva blanca o de uva tinta con pulpa no coloreada. En la elaboración de este vino no hay maceración, en el proceso de elaboración se procede a separar el mosto de los hollejos para evitar las materias colorantes, denominado desfangado.
- Vino tinto, es procedente de mostos de uvas tintas con el adecuado proceso de elaboración para conseguir la difusión de la materia colorante contenida en los hollejos. La maceración confiere a estos vinos las características o cualidades que le distinguen de los vinos blancos, como son el color, taninos y aromas. La fermentación alcohólica de los vinos tintos se da a temperaturas más altas que los blancos, entre 25 y 30°C, con el fin de conseguir una buena extracción polifenólica. Además, en estos vinos se produce una segunda fermentación denominada maloláctica.
- Vino rosado, que se elabora a partir de uvas tintas fermentadas después de un leve contacto con las pieles. El mosto es siempre blanco, por tanto, el color característico lo adquiere de la piel de la uva tinta y su intensidad colorante es escasa dado el poco tiempo de contacto con los hollejos.
- Vino clarete, se elaboran con mezclas de uvas blancas y uvas tintas. El mosto fermenta junto con el hollejo y se obtiene un vino "tinto" de bajo color, por consecuencia de las uvas blancas, por lo demás del proceso es igual al vino rosado.

Según su envejecimiento, es decir, en función del tiempo de permanencia de vino en bodega y en botella, la clasificación es la siguiente [3]:

- Joven. Este tipo de vino es comercializado una vez acabado el proceso de elaboración, sin permanecer en bodega para su envejecimiento, o bien dicha crianza es mínima, permanecen como mucho 6 meses. Son vinos que conservan muy bien las características varietales de las uvas de los que proceden.
- Crianza. Se refiere a los vinos de calidad que han envejecido en bodega y en botella al menos dos años naturales.
- Reserva. En vinos tintos y claretes deben de envejecer durante un período mínimo de 36 meses, al menos doce de los cuales tienen lugar en bodega de roble. Para los blancos y rosados se establece un período mínimo de 24 meses, seis de ellos en envase de roble.

- Gran reserva. En tintos y claretes deben de envejecer durante un período de envejecimiento de 24 meses en bodega y 36 meses en botella. Para los blancos 48 meses entre roble y botella, con un tiempo mínimo en roble de seis meses.

Según el contenido de gas carbónico [4]:

- Tranquilo, se dice de aquel que no muestra ningún rastro de gas carbónico, es decir la cantidad de carbónico es residual y las burbujas son imperceptibles.
- De aguja, son aquellos que por su origen o por su elaboración conservan una parte del gas carbónico procedente de la fermentación de azúcares. Este gas carbónico se desprende en forma de burbujas sin que llegue a producir espuma. Generalmente suelen ser rosados o blancos.
- Espumoso, se caracterizan por su larga crianza y una segunda fermentación en botella que les confiere ese alto contenido en carbónico. En España el espumoso por excelencia es el Cava.
- Gasificado, es un vino espumoso en cuyo caso, el gas carbónico no procede de la fermentación, sino que es añadido posteriormente de forma industrial, por ejemplo, el Lambrusco.

Según el contenido en azúcares residuales, es decir, azúcar no transformado en alcohol en el proceso de fermentación, se clasifican [5]:

- Secos, son aquellos que contienen <5 g/l de azúcares.
- Semisecos, son aquellos que contienen 5-15 g/l de azúcares.
- Abocados, son aquellos que contienen 15-30 g/l de azúcares.
- Semidulces, son aquellos que contienen 30-50 g/l de azúcares.
- Dulces, son aquellos que contienen >50 g/l de azúcares.

La última clasificación, según el tipo de vinificación dependiendo de la parte del racimo fermentado:

- Vinificación en virgen. Antes de que se de la fermentación alcohólica se separa la fase líquida de la fase sólida del racimo de uva, como son los hollejos, pepitas y raspón, de esta forma se fermenta el mosto extraído de forma separada. Técnica muy práctica para vinos blancos y rosados.
- Vinificación del mosto, en presencia de determinadas partes sólidas del racimo, de los hollejos y de las pepitas. En esta técnica, además de la fermentación alcohólica, se produce una maceración de las partes sólidas en el líquido fermentado. Esta técnica es reconocida como la fermentación tradicional, opera a temperaturas entre 22 y 27 °C.
- Vinificación de racimos enteros. En el depósito de fermentación se introduce el racimo entero, es decir, toda la parte sólida conjunta con la parte líquida. Esta técnica de vinificación se denomina maceración carbónica y se desarrolla en dos fases, la primera se produce los fenómenos del metabolismo intracelular, en anaerobiosis carbónica y la segunda se desarrolla una vez extraído el líquido, donde se produce la transformación de azúcares en etanol, con ayuda de las levaduras. La maceración carbónica trabaja a temperaturas más altas que la fermentación tradicional desde 24 a 35 °C y en los depósitos de fermentación se producen una disminución de volumen, por ello se puede llenar por completo, justo lo contrario a la tradicional.

Las características de los vinos obtenidos por maceración carbónica son, vinos con menos cuerpo, más ligeros, menos ácidos y con menos azúcar. Destacan por su potencia aromática y con aromas totalmente frutales. Pero se obtienen vinos menos estables para su futuro envejecimiento.

### 2.1.2 Composición química del vino

El vino está compuesto principalmente por agua y alcohol etílico (11-15% en volumen) y en estos dos compuestos mayoritarios están disueltos todos los demás que le confieren sus cualidades y características organolépticas. Los constituyentes fundamentales que posee un vino son [6]:

- Ácidos orgánicos (tartárico, málico, láctico, cítrico, succínico y acético)
- Compuestos fenólicos (antocianos, taninos, resveratrol, etc.)
- Alcoholes (glicerol, eritritol, manitol, arabinol, etc.)
- Ésteres (acetato de etilo, butanoato, hexanoato, etc.)
- Azúcares residuales (pentosas como la arabinosa, ramnosa y xilosa, además de restos de glucosa y fructosa sin fermentar en concentraciones inferiores a 2 g/l).
- Aldehídos (acetaldehído, furfural, dional, aldehídos fenólicos provenientes de la crianza en labarrica como cinamaldehído, vainillina, etc.) y cetonas (diacetilo, acetoina, etc.)
- Sales inorgánicas, destacando como aniones el fosfato y el sulfato principalmente, y cationes como potasio (suele ser el mayoritario), sodio, magnesio, etc.
- Compuestos nitrogenados (aminas, amidas, aminoácidos, etc.)

## 2.2 Materia prima y materia auxiliar

### 2.2.1 La uva

La uva es la materia prima principal del proceso de elaboración del vino. La uva es el fruto que se obtiene de la vid, se trata de una jugosa baya que crece formando racimos, pertenece a la familia biológica denominada *vitaceae*.

Para obtener dicho fruto, la vid pasa por un ciclo que es interesante conocer. El ciclo de la viña consta de las siguientes etapas [7]:

- Floración (Abril – Mayo), fase de crecimiento. Comienza a germinar las viñas y aparecen algunas hojas en la planta, el viticultor realiza los primeros tratamientos preventivos en las cepas para combatir las plagas y enfermedades de la planta.
- Cuajado (Junio), fase de crecimiento. En este periodo suben las temperaturas, se abre la flor para su fecundación, esta etapa dura aproximadamente dos semanas.
- Despuntes y envero (Julio – Agosto), fase de maduración. Durante el verano el fruto madura, los granos de uva abandonan el color verde para pasar a un rojo vivo (tintos) o al amarillento blanquecino (blancos), es lo que se conoce como “envero”.
- Vendimia (Septiembre – Octubre), fase de maduración. Tras sucesivas pruebas del enólogo para valorar si la uva cumple los niveles de acidez y azúcar deseados, cuando éste da el visto bueno se inicia la vendimia, que consiste en la recolecta de la uva en racimos. Este periodo se puede prolongar entre 30 y 40 días.
- Caída de la hoja (Noviembre – Diciembre), fase de reposo. Con la llegada del otoño las hojas de la viña comienzan a cambiar de color, se empieza de nuevo la poda.
- Poda y plantación (Enero – Febrero), fase de reposo. Para soportar las bajas temperaturas y las condiciones atmosféricas adversas, la viña se encuentra sin hojas. Durante estos meses se continúa podando las vides, para prepararlas para la germinación y cultivo que se reiniciará durante la primavera. Esta etapa del ciclo de la vid es vital para asegurar la calidad del fruto. A finales de febrero se inicia el proceso de plantaciones de las nuevas vides.

- Inflorescencia (Marzo – Abril), fase de crecimiento. Esta fase consiste en preparar la vid para que en el próximo mes de comienzo a su germinación.



Figura 2. El ciclo de la vid

El racimo de uva está formado de dos partes principales, como se puede apreciar en Figura 3, una parte leñosa denominada raspón, representada por el 3-7% del peso total, y la otra parte, es el grano de uva, representada entre 93 al 97% del peso total del racimo. A su vez cada parte esta compuesta por varias fragmentos como son en el caso del raspón, el sarmiento (unión entre el racimo y las ramas de la planta), pedúnculo (tronco principal del racimo), el escobajo (sostiene los granos de uva, se encuentra a continuación del pedúnculo) y el pedicelo (unión del grano con el escobajo) y por parte del grano de uva, parte más importante, se encuentra el cabecil (unión del pedicelo y el grano de uva), el pincel (atraviesa el grano y en su terminación se encuentra las pepitas), el hollejo (encargado de proteger la uva, contiene una capa protectora llamada pruina que evita la penetración de cualquier agente maligno), la pulpa (es la que forma la mayor parte del grano de uva) y por último las pepitas (se encuentran en el centro del grano) [8].

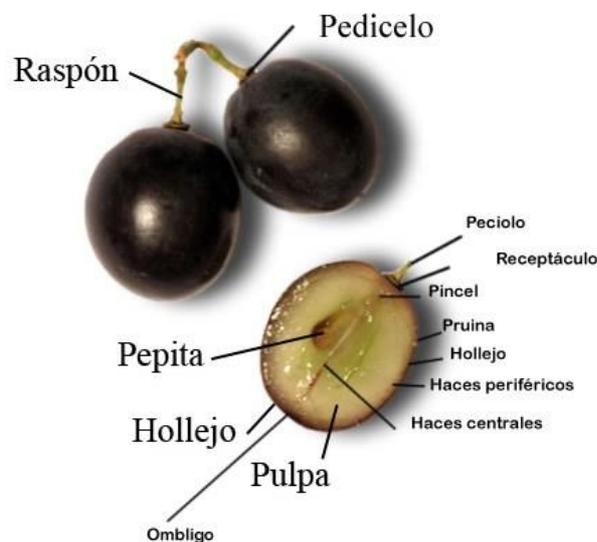


Figura 3. Componentes del grano de uva

Las partes del grano de uva son factores determinantes y decisivos en el posterior proceso de fermentación para obtener el vino, por ello, a continuación, se describen los componentes que contienen cada uno.

Las pepitas contienen una cantidad de grasas elevada, por ello, en el proceso de estrujado de la uva, hay que tener un especial cuidado para evitar que se rompan, esto provocaría un amargor al futuro vino. Las pepitas pueden ser extraídas para elaborar aceites para el consumo humano, pero en nuestro proceso no interesa, ya que éstas están recubiertas de una delgada película de taninos, componentes que puede favorecer al vino en el proceso de fermentación.

Los hollejos contienen las materias colorantes, como son los antocianinos que son pigmentos rojos o violetas, materias olorosas, polifenoles, ácidos libres, sales minerales, etc. Todas las sustancias que contiene los hollejos son solubles en el alcohol, por ello estos pasan al vino.

Y por último y la parte más importante es la pulpa, está compuesta mayoritariamente por agua, que constituye entre un 80 y 90% del volumen del vino y en menor cantidad de azúcares y ácidos orgánicos, fundamentalmente los ácidos tartárico, málico y cítrico.

### 2.2.1.1 Variedades de uva

En España hay una gran producción de uva, Figura 4, se encuentra entre los diez principales países productores, con más de cinco millones en 2017, último año registrado en la FAO.

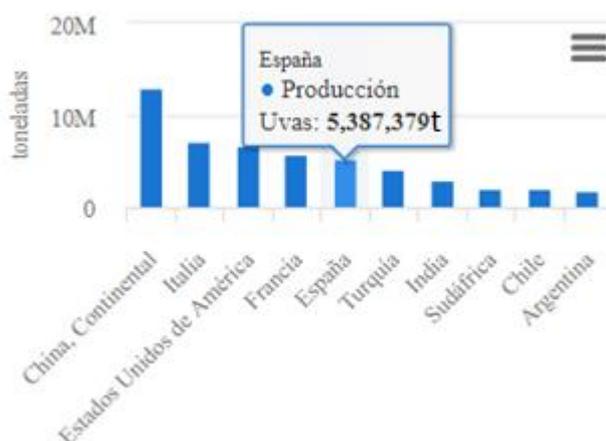


Figura 4. Producción de uva en toneladas, año 2017 [9]

De la totalidad de uvas producidas, más de la mitad corresponde a variedades de uva tinta y el resto son de uva blanca. La variedad de uva que más abundan en España es, la airén de la variedad blanca, con el 24% de la superficie de viñedo total y de la variedad tinta es el tempranillo con el 21% de la superficie. A éstas le siguen en importancia, las tintas bobal, harnacha tinta y monastrell, y las blancas macabeo y pardina [10].

Para este proyecto la elaboración de vino tinto se va a realizar utilizando el 100% de la variedad tempranillo, ya que es una uva muy producida en el país. A continuación, se estudia las características de esta uva [11]:

La variedad tempranillo es la uva española por excelencia y una de las más conocidas fuera de España. Es originaria del norte de España, en concreto de La Rioja y hoy en día es cultivada a nivel mundial. Se caracteriza por una gruesa piel y color negro azulado, debido a las condiciones climáticas específicas en su crecimiento, zonas con altitudes relativamente altas y también por ser sensible a enfermedades y poco resistente a temperaturas altas y a la sequía. Es denominada con ese nombre por su temprana maduración respecto al resto de variedades.

Las hojas son de tamaño grande, con forma pentagonal, los racimos tienen forma cilíndrica y son compactos y las bayas son esféricas, de tamaño medio, de color negro azulado con una pulpa incolora, como se puede apreciar en la siguiente figura:



Figura 5. Racimo de uva tempranillo

La uva tempranillo se usa en mezclas, siendo normalmente el más predominante (90% de la mezcla) y lo más normal es mezclarlas con Merlot y Cabernet Sauvignon, ésta son uvas originarias de Francia, pero como se ha dicho anteriormente, la uva tempranillo va a ser la única en este proyecto.

Una gran ventaja de esta uva es que produce mostos bien equilibrados, dulces con bajo contenido en oxidosas, rico en taninos, con lo cual se obtienen vinos de gran aroma, buen grado alcohólico y bastante color. Se puede obtener vinos tintos y rosados jóvenes y sobre todo tintos de crianza, mejorando mucho sus características en el proceso de envejecimiento y crianza en barricas, obteniendo así vinos de gran calidad [2].

La materia prima elegida es la uva tempranillo y la implantación de la Ingeniería Básica será en la provincia natal de dicha uva, La Rioja.

### 2.2.2 Antioxidante

El antioxidante por excelencia en enología es el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), normalmente es abreviado como sulfito, es la sustancia química más utilizada para prevenir la oxidación del vino.

Los sulfitos se encuentran en la uva, pero a bajo nivel, por ello se añaden más en la operación de sulfitado posteriormente descrita.

La finalidad del sulfitado es inhibir bacterias, evitar la oxidación del vino y preservar el aroma y frescor, garantizando así su calidad.

Las propiedades del sulfito en la elaboración del vino son las siguientes [12]:

- Actividad antimicrobiana. Esta acción tiene doble efecto, por una parte, bloquea el oxígeno, limitando las posibilidades de nutrición de los microorganismos y, por otra parte, puede penetrar en las células y provocar la muerte o inhibir su actividad temporalmente e iniciar su actividad cuando las condiciones sean correctas.
- Actividad bactericida. Este efecto se presenta en la fermentación maloláctica, con las bacterias lácticas y también actúa contra las bacterias acéticas.
- Efecto selectivo de levaduras. Esta propiedad es muy importante, ya que permite iniciar la fermentación alcohólica y no la fermentación maloláctica, así evitar el llamado “picado láctico”, que es una excesiva proliferación de las bacterias lácticas durante la primera fermentación.
- Activación de la fermentación alcohólica. La acción del  $\text{SO}_2$  produce una mejor fermentación, una vez iniciada se desarrolla con mayor rapidez, produciendo una total transformación de los azúcares en

alcohol.

- Efectos antioxidante y antioxidásico.
- Efecto en la maceración. El dióxido de azufre ayuda en la degradación de los hollejos, facilitando que puedan pasar al mosto las sustancias que lo componen.
- Efecto sobre el aroma y gusto de los vinos.

El sulfito en el vino se encuentra de diferentes formas (Figura 6), libre y combinada, siendo la forma libre la efectiva. La forma combinada está compuesta por el sulfito unido a otros compuestos que se encuentran en el vino como los polifenoles, aldehídos y cetonas. La suma de ambos se conoce como “sulfito total”.

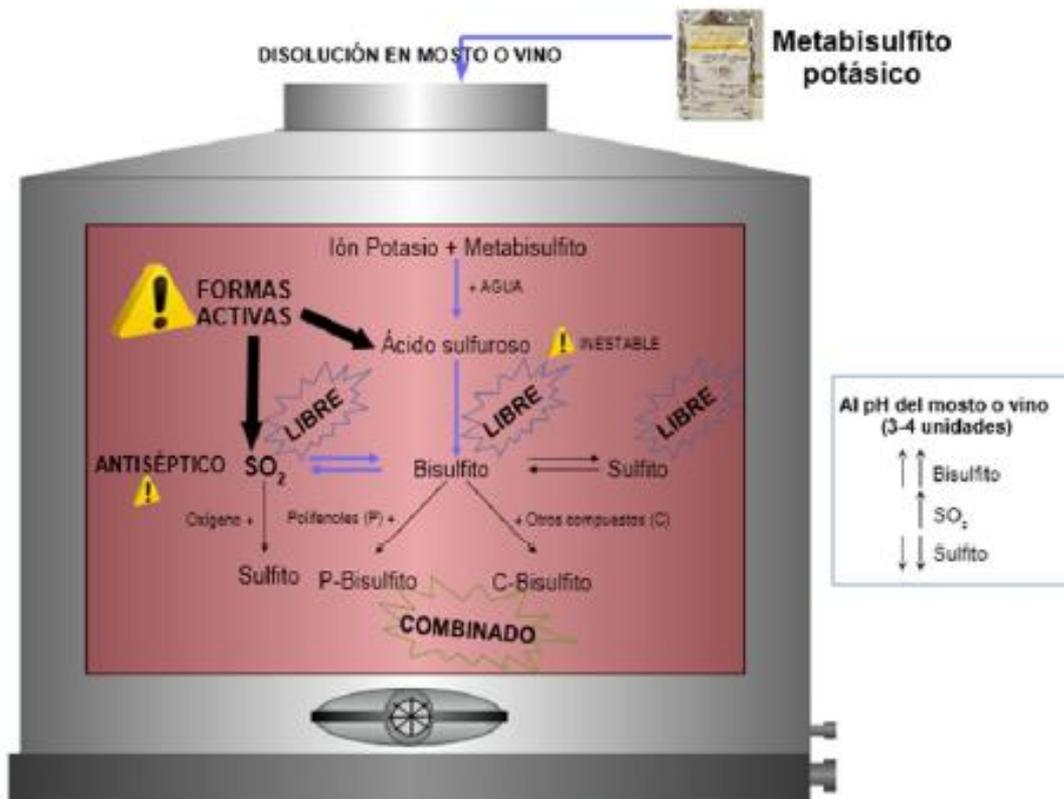


Figura 6. Equilibrio químico del sulfito en los vinos [13]

El sulfito, a pesar de sus características que lo hacen necesario para la elaboración del vino, puede ser perjudicial para la salud a partir de ciertos niveles, por ello, hay que tener un especial cuidado y no abusar de él.

Las dosis de sulfito a añadir dependerán del momento de su adicción, según J. Ribéreau Gayon las dosis están estipuladas como se recogen en las siguientes tablas.

Tabla 1. Dosis prefermentativas de SO<sub>2</sub> recomendadas [14]

SO <sub>2</sub> (g/hl)	
<b>Vinificación en tintos</b>	
Vendimias sanas, madurez media, acidez alta	<5
Vendimias sanas, madurez alta, acidez débil	5 a 8
Vendimias alteradas	8 a 10
<b>Vinificación en blanco</b>	
Vendimias sanas, madurez media, acidez alta	<5
Vendimias sanas, madurez alta, acidez débil	6 a 8
Vendimias alteradas	8 a 12

Tabla 2. SO<sub>2</sub> libre a mantener en fases de conservación y transporte [14]

SO <sub>2</sub> libre a mantener (mg/L)	
<b>Niveles de conservación</b>	
Vinos tintos	20 a 30
Vinos blancos secos	30 a 40
Vinos blancos dulces	40 a 80
<b>Niveles de transporte</b>	
Vinos tintos	25 a 35
Vinos blancos secos	35 a 45
Vinos blancos dulces	80 a 100

Tabla 3. SO<sub>2</sub> libre a mantener en fase de embotellado

SO <sub>2</sub> libre a mantener (mg/L)	
Vinos tintos	20 a 30
Vinos blancos secos	30 a 40
Vinos blancos dulces	30 a 60

## 2.3 El mosto

El mosto de uva es el producto que se obtiene al estrujar las mismas, es una de las primeras operaciones en la elaboración del vino, consiste en una masa de líquido espesa, que contiene el jugo y la parte sólida del grano de uva, que son los hollejos y las pepitas. La composición del mosto se encuentra recogida en la siguiente tabla:

Tabla 4. Composición media aproximada del mosto de uva [8]

Componentes	Contenido en granos por litro
Agua	720 a 860
Azúcares	130 a 250
Ácidos	10 a 26
Sustancias nitrogenadas	4 a 7
Sustancias minerales	0,8 a 2,7
Vitaminas	0,2 a 0,8

Como se puede observar en la Tabla 4, los componentes predominantes son el agua y los azúcares. Esta composición se corresponde con el mosto obtenido a partir de uvas con su maduración óptima. Una uva con poca maduración contiene menor nivel de azúcar y cambiaría por completo su composición.

Los principales azúcares en el mosto son la glucosa y la fructosa. La concentración de azúcares es fundamental para el desarrollo de la fermentación con levaduras, ya que son el alimento de ellas. Los azúcares no consumidos en la fermentación son denominados azúcares residuales, como son la arabinosa, la ramnosa y la xilosa. Esta azúcar residual es importante en la tonalidad dulce de un vino, y la presencia de ella es la que da lugar a la clasificación entre secos, semisecos, abocados, semidulces y dulces.

Los ácidos más importantes del mosto son ácidos málicos, tartáricos y cítrico, que son procedentes de la uva. Estos componentes tienen una capacidad de conservante del vino. En la fermentación las levaduras generan pequeñas cantidades de ácido acético, ácido láctico y ácido succínico y su concentración refuerza los olores y sabores. Como conclusión, la acidez total, es la suma de la acidez fija que procede de la uva y de la acidez volátil originada tras la fermentación.

Las sustancias nitrogenadas son utilizadas por las levaduras autóctonas de la uva para reproducirse y multiplicarse, estas son las albúminas y las globulinas y otras sales como las minerales presentes en el mosto son fosfatos de calcio, fósforo y magnesio, cloruro sódico y silicato potásico.

Y por último para terminar con los componentes del mosto descritos en la tabla, se encuentran las vitaminas, el mosto es rico en vitaminas hidrosolubles (vitaminas B, PP y C) son solubles en el agua y carece de vitaminas solubles en las grasas.

## 2.4 Análisis de mercado

En este análisis de mercado se estudiará de forma general tanto a nivel internacional como nivel nacional, demostrando así si el vino es un producto de interés, dicha de otra manera, para comprobar si la implantación de esta Ingeniería Básica merece la pena.

### 2.4.1 Análisis del mercado internacional

Según los datos recogidos por “The Observatory of Economic Complexity” (OEC), el mercado del vino está dominado tanto a nivel de exportaciones como en importaciones por países europeos, como se puede observar en las Figura 7 y Figura 8.

Con respecto a las exportaciones, más de la mitad está gobernado por el continente europeo con un valor de 25,1 billones de dolares, los países que se encuentran en cabeza son Francia, Italia, España y Alemania tanto a nivel

de volumen como de importe.

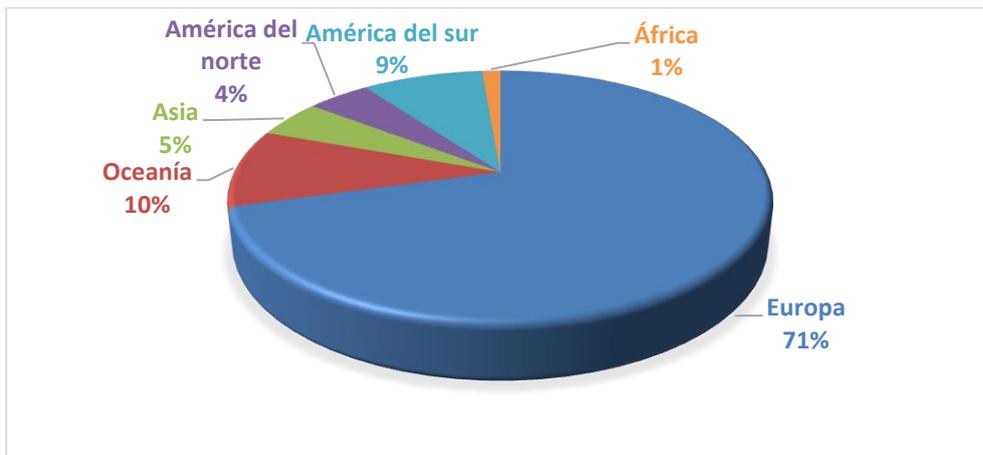


Figura 7. Exportaciones internacionales de vino, año 2017. Datos: OEC [15]

Y con respecto a las importaciones, los continentes que más importan son Europa con un valor de 17.2 billones de dólares y Asia con un 8.38 billones de dólares, aunque los países en cabeza son todos países europeos; Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Bélgica-Luxemburgo.

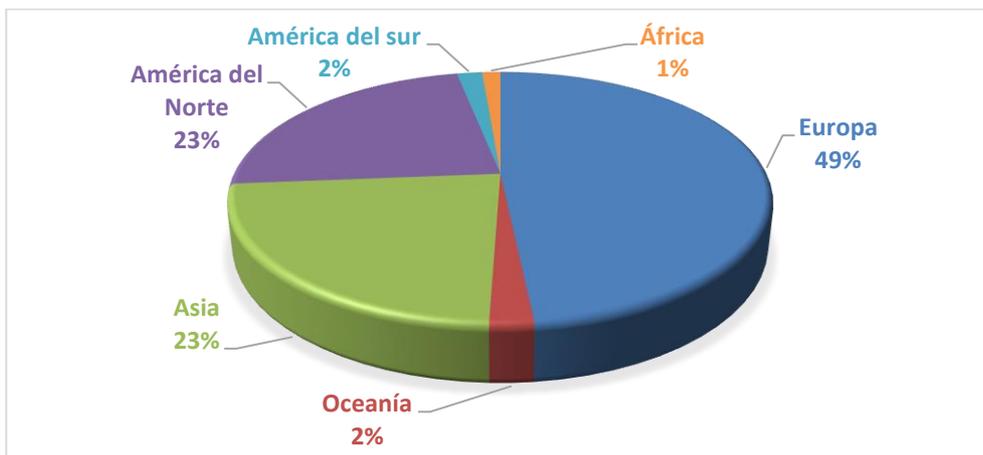


Figura 8. Importaciones internacionales de vino, año 2017. Datos: OEC [15]

Lo analizado hasta ahora, es teniendo en cuenta el valor económico de las transacciones, en cuanto al volumen de producción, excluyendo zumos y mostos, se recoge en la siguiente gráfica la evolución de producción de vino a nivel mundial. Se comprueba que es una producción bastante estable, con un valor medio de 270 Mill. hL, teniendo en 2004 la mayor producción y en 2017 supone una cifra históricamente baja.



Figura 9. Evolución de producción mundial de vino desde 2001 al 2017 [16]

## 2.4.2 Análisis de mercado nacional

España es un país que tiene una gran superficie dedicada al cultivo de la vid, según fuentes de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) en 2017 es de 967 mha, de dicho cultivo un gran porcentaje corresponde a uva para la vinificación. La superficie de viñedo en España viene reduciéndose paulatinamente desde hace años (*ver Anexo 1*), aún así este potencial vitícola otorga a España ser el primer país en cuanto a superficie de viñedos del mundo, sin embargo, debido a que sus rendimientos medios están por debajo de otros países, España ocupa el tercer lugar en cuanto a volumen de producción de vino, esto es consecuencia en buena medida a que el viñedo ha ocupado tradicionalmente terrenos escasamente fértiles y en zonas de clima árido o semidesérticos.

En España, aún teniendo un rendimiento menor que Italia y Francia mencionado anteriormente, la situación geográfica, las diferencias climáticas y la amplia variedad de suelos, la hacen ser un país privilegiado para la producción de uvas y vinos de características muy diversas. Se cultiva en la totalidad de sus 17 comunidades autónomas y más de la mitad de la superficie vitícola se concentra en Castilla La Mancha, siendo así la comunidad autónoma más productora, en el Anexo 2 se detalla en una tabla la producción de vino de las diferentes CCAA, de la última campaña recogida en OIVE.

Realizando un estudio más exhaustivo de los 10 últimos años recogidos en la OIV, se representa en la Figura 10.

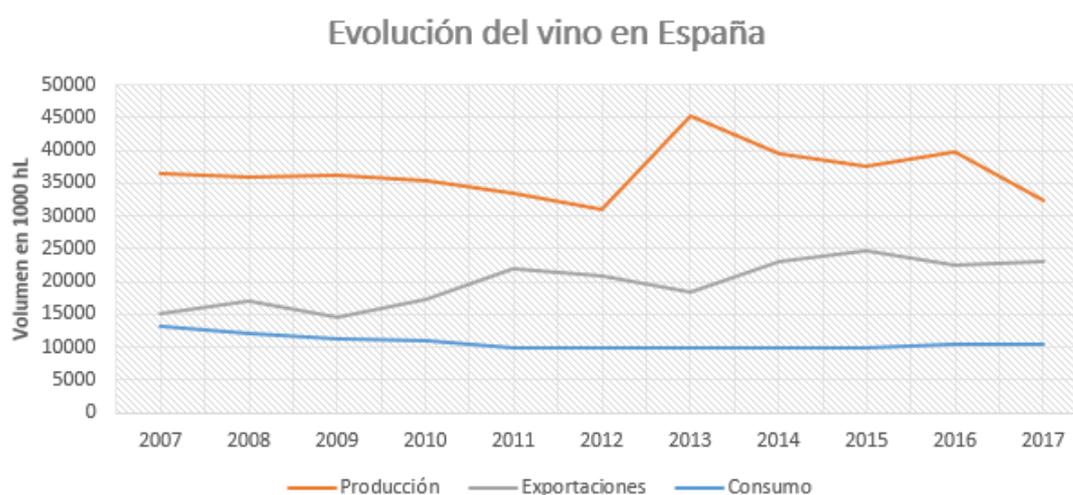


Figura 10. Evolución del vino en producción, exportación y consumo en España.

Analizando dicha figura, se obtiene que la producción de vinos en España en los últimos 10 años ha sido muy errática, con máximos de 45 millones de hectolitros y mínimo de 31 millones. Pese a la mínima producción del año 2017, entre los primeros 5 años y los últimos 5 de la década, la subida de la producción media ha sido de casi 4,2 millones de hectolitros entre media de 34,7 millones en 2007-2012 y los 38,9 del periodo 2013-17. Por CC.AA., Castilla-La Mancha produce el 55% del total del vino español frente al 8% de catalanes y extremeños, el 6% de Valencia y el 8,5% que se produce entre La Rioja, País Vasco y Navarra [17].

El consumo interior ha ido cayendo históricamente, pero se ha estabilizado en los últimos 7 años. Por causa de dicho descenso han aumentado las exportaciones. En los últimos 10 años, las exportaciones españolas de vino han aumentado en más de 1.000 millones de euros, hasta los 2.847 millones de euros que, si les sumamos mostos, vinagres y vinos aromatizados, superan los 3.186 millones [17]. En este periodo, el aumento en volumen ha sido de 8 millones de hectolitros, después de haber alcanzado un pico de casi 25 millones en 2015.

España se sitúa como el primer exportador mundial en volumen y como el tercer exportador en valor por detrás de Francia y de Italia. Pese a ser el país que más hectolitros de vino exporta, España no consigue posicionarse en el primer puesto en cuanto a exportación en valor ya que sus precios unitarios de exportación son los menores de los grandes países productores y exportadores. Esto se debe, en parte, a que España sea el primer exportador mundial de vino a granel, el cual tiene un precio unitario bajo.

Las exportaciones mayoritarias de España son a países de la Unión Europea; Alemania, Francia y Reino Unido.

Como conclusión, el vino en España ha superado grandes transformaciones, a pesar de la disminución del consumo interior y aún con pérdida de la superficie de viñedo, ha mantenido e incluso aumentado la producción. Gracias a este aumento ha impulsado la buena marcha del mercado y un desarrollo extraordinario de las exportaciones de todo tipo de vinos, en línea con la creciente globalización e internacionalización del sector a nivel mundial, llegando a convertirse en el mayor exportador del mundo.

Este fuerte crecimiento exterior se ha logrado por la buena marcha de las marcas y los vinos con DOP y la salida de gran cantidad de litros de vinos a granel, particularmente a otros países productores que lo necesitan para su comercialización.

Por todo esto, la implantación de la planta de vino es una opción muy atractiva en la actualidad y también en un futuro porque gracias a un informe de la Unión Europea predice que habrá un aumento considerable de las exportaciones debido a la demanda de terceros países poco productores, además de una estabilidad del consumo interno.

## 3 OPERACIONES FUNDAMENTALES Y OPERACIONES DE ACABADO

En este apartado se desarrolla los conceptos teóricos de las operaciones fundamentales de la elaboración del vino, que son las fermentaciones y la maceración, ambos procesos decidirán las características organolépticas claves del producto final. Además, se añaden los conceptos de las operaciones de acabado, que en ellas engloban las siguientes operaciones: clarificación, filtración y estabilización tartárica.

### 3.1 Operaciones fundamentales

#### 3.1.1 Fermentación alcohólica

La operación más importante para la elaboración del vino es la fermentación alcohólica, es un proceso espontáneo y anaeróbico. En este proceso el papel principal lo tienen las levaduras, que son microorganismos encargados de decomponer el azúcar del mosto y convertirlos en alcohol y dióxido de carbono.

El mecanismo químico de fermentación del azúcar es de gran complejidad, se dan multitud de reacciones sucesivas, pero fundamentalmente se podría resumir en la siguiente reacción:



A parte de etanol y dióxido de carbono se forman otros productos secundarios, pero en menor cantidad, como son, glicerina (aporta cuerpo y suavidad en el paladar), ácido succínico, acético y láctico y alcoholes superiores.

Dicha reacción es exotérmica, por lo que se desprende calor, libera 0,14 kcal/g<sub>azúcar</sub>, por lo tanto, hay que tener un estricto control de la temperatura. Este control se realiza con camisas de refrigeración, aprovechando la circulación de agua fría, ya que vienen incorporadas en los depósitos.

Además de tener un estricto control de la temperatura, también hay que tenerlo con la densidad. Por ello, durante todo el proceso de fermentación es necesario anotar valores de densidad y temperatura para comprobar que el proceso no ha sufrido ninguna parada. Sabiendo que la densidad del mosto aproximadamente es de 1100 g/L y la del vino es en torno a 995 g/L y que la temperatura en la fermentación en tintos es más elevada que en blancos, siendo para los tintos 22-28°C, siendo la óptima la de 25°C, y para blancos 12-18°C.

En la vinificación en tinto nunca se debe sobrepasar temperaturas de 32-33°C durante el periodo fermentativo, ya que se corren varios riesgos [18]:

- Inactivación de las levaduras responsables de la transformación de los azúcares en alcohol y CO<sub>2</sub>.
- Pérdida de alcohol por evaporación, con la consiguiente pérdida de grado de alcohólico y de compuestos volátiles esenciales para las características organolépticas del vino.
- La toxicidad del etanol acumulable en la vinificación aumenta.
- Iniciación de fermentaciones indeseadas tales como las lácticas y butíricas.

Por otro lado, las temperaturas excesivamente bajas no son recomendables, porque se puede producir la parada de la fermentación.

Dentro de la fermentación se pueden distinguir, aproximadamente, las siguientes fases [19]:

- Fase de inducción. Fase que ocupa el primer día y parte del segundo. Apenas se produce una variación de densidad. Dicha fase puede pasar inadvertida en las últimas etapas de vendimia dado que la alta

concentración de levaduras favorece el arranque casi espontáneo del proceso

- Fermentación tumultuosa: Fase que ocupa del tercer al quinto día. Se produce rápida subida de temperatura y acusado descenso de la densidad hasta 1000-1015g/L
- Fermentación lenta: A partir del quinto día en adelante. La temperatura desciende y la densidad baja hasta 990-985g/L.

El subproducto principal de la fermentación es el dióxido de carbono, CO<sub>2</sub> (estado gaseoso) debido a su estado provoca el burbujeo, la ebullición y el aroma característico de una cuba de mosto en fermentación. Esta ebullición hace elevar a la superficie la parte sólida de la uva, los hollejos y pepitas, formando una capa en la parte superior del depósito llamado “sombbrero”, la formación del sombrero es debido a la diferencia de densidad del mosto y los componentes sólidos y es denominado así por la forma que adopta. Al formarse el sombrero, durante la fermentación se producen los remontados de forma simultáneamente, el remontado consiste en extraer el líquido por la parte inferior e introducirlo por la superior, estas subidas del vino se realizan con ayuda de una bomba de remontados, de esta forma se rompe el sombrero y así hay una mayor interacción entre el sólido y el líquido, ya que, en el proceso de fermentación ocurre simultáneamente a la maceración.

Hay remontados en diversas fases del proceso de elaboración y todas ellas tienen una finalidad, como son [20]:

- En la primera fase busca fundamentalmente homogenizar el contenido en azúcar y la concentración de las levaduras, aumentando su contenido al facilitar su multiplicación.
- En la segunda fase o remontados siguientes se busca la oxigenación de las levaduras e incrementar la maceración con el sombrero en busca de color, ya que a medida que aumenta el alcohol se disuelve más materia colorante.
- Los últimos remontados buscan generalmente homogenizar materia colorante y contenido en alcohol.

La finalidad de los remontados fundamental es la aireación del mosto, sobre todo al principio de la fermentación, para favorecer el crecimiento y la supervivencia de las levaduras, aumenta la intensidad de la maceración eliminando las bolsas de CO<sub>2</sub> retenidas que dificultan dicha operación y disipar el calor desprendido durante el proceso.

La duración de proceso de fermentación alcohólica está comprendida entre 8-10 días aproximadamente.

En la última fase de la fermentación, en el caso de vinos tintos, cuando se alcanza unas densidades de 950-1000 g/L el sombrero empieza a reembandecerse y comienza a caer al fondo con las lías, es cuando se da por terminado este proceso.

### 3.1.1.1 Levaduras

Las levaduras son microorganismos que se encuentran en los hollejos de las uvas, existen multitud de especies, de las cuales el género más conocido para dicha elaboración es *Saccharomyces*.

Durante el desarrollo de la fermentación se pueden diferenciar dos grupos de levaduras, las levaduras no-*Saccharomyces* que se caracterizan por un bajo poder fermentativo y sensibilidad al etanol y las *Saccharomyces cerevisiae* que se caracterizan justo, por lo contrario, mayor capacidad fermentativa y tolerancia al etanol. Las no-*Saccharomyces* son las encargadas de arrancar la fermentación, a este grupo pertenecen principalmente a los géneros *Kloeckera* y *Hanseniaspora*, estas levaduras están limitadas a los primeros dos o tres días de fermentación, cuando comienza a aumentar la concentración de alcohol y la temperatura estas desaparecen, cediendo su lugar a las levaduras pertenecientes a la especie *Saccharomyces cerevisiae*, siendo ésta la única especie capaz de metabolizar el azúcar en presencia de elevados niveles de etanol presentes al final del proceso como se puede apreciar en la Figura 11.

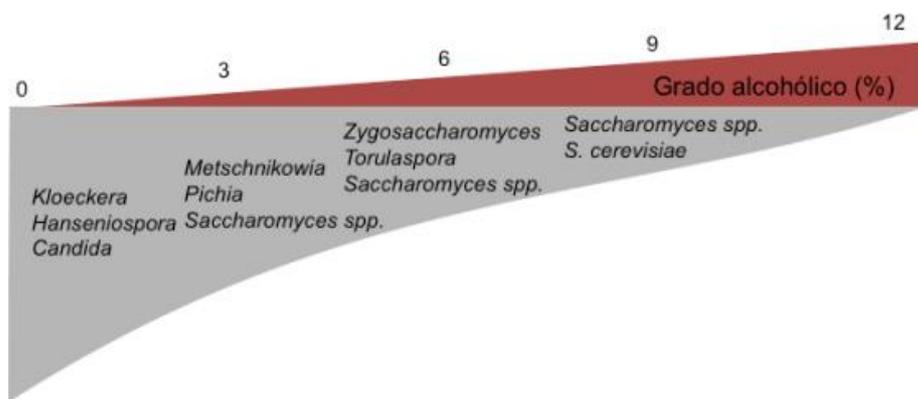


Figura 11. Evaluación de la población de levaduras a lo largo del proceso de fermentación [21]

Las fases que experimenta el ciclo de crecimiento de las levaduras y su cinética de fermentación, pudiéndose dividir en 4 fases [22]:

- Fase de latencia: No se produce crecimiento celular. Corresponde a la fase de adaptación al medio y a las condiciones de cultivo.
- Fase de crecimiento exponencial: Crecimiento constante de la población celular.
- Fase estacionaria: Inhibición del crecimiento por diversos factores, las levaduras no se multiplican, permaneciendo la población estacionaria y activa durante un cierto tiempo.
- Fase de muerte: Decrecimiento ligero de la población de levaduras (puesto que mueren más de las que se dividen).

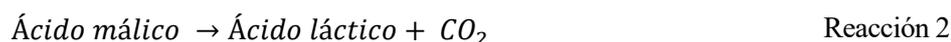
Lo más importante de las levaduras, es la cantidad de alcohol que nos proporciona en la fermentación, que es 1% (v/v) por cada 16 o 17 g de azúcar [23].

### 3.1.2 Fermentación maloláctica

La fermentación maloláctica es un proceso propio del vino tinto, es poco usual en vinos blancos, consiste en la transformación del ácido málico en ácido láctico por medio de las bacterias lácticas que se encuentran en las uvas de forma natural y, por tanto, también se encuentra en el fermentado. Es una fermentación al igual que la alcohólica que se produce espontáneamente siempre y cuando las condiciones de temperatura sean las adecuadas entre 19 y 23°C. Este segundo proceso de fermentación se lleva a cabo a lo largo de un tiempo de entre 10 y 15 días.

La finalidad de esta fermentación es modificar las propiedades organolépticas del vino al disminuir la acidez, ya que supone una descacidificación, y la astringencia y otras propiedades, además con ésta se evita que se produzcan más fermentaciones cuando el vino este embotellado, es decir, estabiliza microbiológicamente el vino.

La reacción que se produce en esta fermentación es la siguiente:



En esta transformación no se desprende energía en forma de calor como ocurría en la fermentación alcohólica.

Para este proceso hay que llevar un control diario de ácido málico mediante análisis químicos, en concreto una cromatografía. Cuando éste baja a 0.3 g/l se enfría y se aplica SO<sub>2</sub> [24].

Esta fermentación, además de la bajada de acidez fija, supone la subida de acidez volátil en 0.1 g/l y la pérdida e intensidad colorante en los tintos de un 10 a un 25% [24].

Consecuencias de la fermentación maloláctica [24]:

- Pérdida de acidez total, entre 105 y 5 g/l expresado en ácido tartárico.
- Aumento de acidez volátil, entre 0.15 y 0.3 g/l expresado en ácido acético.
- Consumo de restos de azúcares.
- Diminución del color.
- Aumento de la fracción volátil.
- Mayor suavidad, armonía y madurez.

### 3.1.2.1 Bacterias Lácticas [25]

El número de bacterias lácticas durante la fermentación alcohólica normalmente es muy bajo, como mucho  $10^2$  por mililitro, ya que la mayoría son inhibidas por el etanol y por el  $\text{SO}_2$  añadido al mosto para controlar la población bacteriana, especialmente las acéticas. Cuando la alcohólica termina y las levaduras mueren, algunas bacterias lácticas pueden prosperar y conseguir un cierto crecimiento, en ocasiones, hasta  $10^7$  por mililitro. Las bacterias lácticas que están presentes en los mostos y vinos son de los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella* y, sobre todo, de *Oenococcus*.

*Oenococcus oeni* es la principal especie de este género, las características de esta bacteria son, su hábitat es exclusivamente en el mosto y el vino, pueden crecer al pH del vino (entre 3 y 4), y toleran el etanol, un 10 % (v/v) y más.

### 3.1.3 Maceración

La maceración es una operación basada en la extracción sólido-líquido, consiste en el intercambio de sustancias entre las partes sólidas de la uva y el mosto. Se extrae principalmente antocianos y taninos, pero además se liberan sustancias aromáticas, polisacáridos, minerales, etc. En la Figura 12 se muestran los componentes importantes extraídos de las diferentes partes de la uva, el objetivo de esta operación es extraer de la parte sólida del mosto los aromas, el color y los taninos, y transpasarlos al futuro vino.

Hablando técnicamente, las sustancias que se desean extraer durante este proceso son los antocianos, sustancias colorantes que se encuentra en los hollejos de la uvas tintas, éstos son los responsables de aportar el color a los vinos tintos, son fáciles de extraer en fase acuosa, alcanzando su valor máximo al cabo de 6 o 8 días desde su inicio, también están los taninos que son sustancias orgánicas de sabor astringente, se encuentran en los hollejos y las pepitas, éstos también se encuentran en los raspones. Los taninos también son extraídos desde el inicio de la maceración, pero de forma más lenta y son los responsables del color, aroma, estructura y otras características. Y también son extraídos los polisacáridos, son azúcares del vino solubles en alcohol [26].

A modo de resumen se muestra en la Figura 12, en ella se muestran los componentes del grano de uva que se intenta extraer en la maceración.

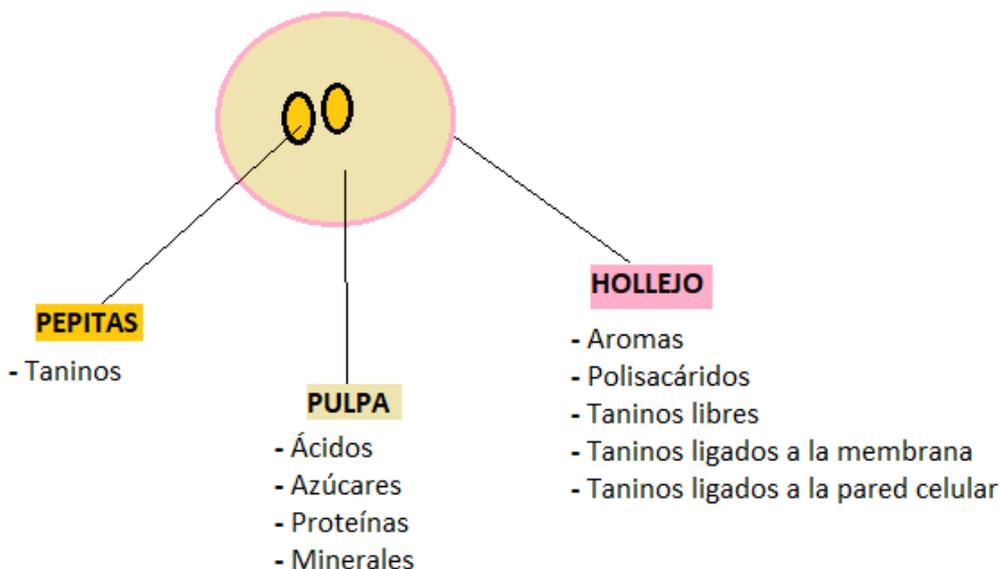


Figura 12. Componentes del grano de uva importantes al momento de la maceración

Una vez estudiado la maceración y la fermentación, hay que decidir el método de vinificación y maceración que se llevará a cabo para la obtención del producto. Los métodos son los siguientes:

- Maceración a temperatura controlada. En este caso, el proceso de fermentación alcohólica y maceración tiene lugar simultáneamente a una determinada temperatura, temperatura que será estipulada. De esta forma se obtienen vinos en cuanto al aroma, frescos, buena acidez, colores vivos, sabores frescos y afrutados. El equilibrio existe de antocianos y taninos es óptimo.

Esta técnica de vinificación tiene como inconveniente principal que no permite la extracción de más de un 20% de sustancias colorantes, aunque da buenos resultados en variedades típicas del país. Necesita depósitos acondicionados para realizar este tipo de proceso.

- Termovinificación. Consiste en calendar hasta 65-75 °C la uva una vez estrujada y dejarla macerar en caliente un tiempo determinado, conforme sea mayor la temperatura, menos es el tiempo de maceración; aproximadamente a 70 °C se macera entre 30 o 40 minutos. Aumentando los tiempos se incrementa la cantidad de taninos, se logra un mosto intensamente coloreado. A estas altas temperaturas, hay una destrucción total de hongos y enzimas presente en la vendimia [27].

Puede obtenerse hasta un 90% del potencial del color en agua, dependiendo de la temperatura y del tiempo. Es muy efectiva en vendimias con alto porcentaje de podredumbre.

Estudiadas las dos opciones, la fermentación alcohólica y la maceración se llevarán a cabo a temperaturas controladas, con una previa maceración prefermentativa. Se descarta la opción de termovinificación por ser una técnica muy costosa al suponer un gran gasto energético, además no es objetivo la busqueda de extraer la máxima intensidad colorante de las uvas, lo que se persigue es un vino de calidad, el cual se pueda controlar durante todo el proceso de vinificación.

En la elaboración del vino principal, la uva o la pasta permanecerá 9 días en los fermentadores, por lo que la extracción de color también será alta, acentuándose aun más en el tiempo de crianza. Las temperaturas requeridas serán de 25-28°C, parámetro que se controlará mediante mecanismos que más adelante se estudiarán. Lo más importante es el control de las temperaturas durante los días que dure la fermentación, ya que al ser un proceso exotérmico desprende calor que debe de ser disipado, además de tener que evitar posibles paradas por exceso de calor para las levaduras.

## 3.2 Operaciones de acabado

En este subapartado además de describir dichas operaciones necesarias para acondicionar el vino para que sea apto para el consumo, también se citarán las alternativas que se pueden procesar en cada operación y también se elegirá la opción más correcta para la planta.

### 3.2.1 Clarificación

La clarificación es una operación que se realiza una vez finalizado todo el proceso fermentativo. Una vez finalizado dicho proceso los vinos se muestran turbios por tener en suspensión diversas materias naturales como levaduras muertas, bacterias, etc. y es necesario realizar una clarificación para conseguir un vino limpio, brillante y estable. Hay dos formas de realizar esta operación, de forma natural o provocada.

- Clarificación natural. Consiste en la precipitación lenta y progresiva de las partículas en suspensión en el vino, estas partículas son gruesas y más pesadas caen al fondo del recipiente y serán eliminadas al realizar el trasiego. Esta forma de clarificar se logra mejor cuanto menor capacidad y altura tenga el recipiente.
- Clarificación provocada. Consiste en añadir al vino unas sustancias clarificantes que son capaces de flocular y sedimentar arrastrando las partículas dispersas y suspendidas al fondo del depósito de forma más rápida que la anterior. Las sustancias empleadas para realizar esta operación son las gelatinas, el gel de sílice y las bentonitas.

La opción más conveniente para obtener un vino limpio en menor tiempo es la clarificación provocada, ya que con la natural puede que pase mucho tiempo y las partículas en suspensión de menor tamaño no decanten y el vino siga estando turbio y esto retrasaría la comercialización del producto.

Eligiendo la gelatina como sustancia clarificante, al ser una de las más usadas en vinificación en tinto, añadiendo de 10 a 15 g/hl [24].

### 3.2.2 Filtración

Para un aseguramiento de que el vino queda completamente limpio y libre de posibles materias en suspensión que no hayan floculado y hayan caído al fondo del depósito tras la clarificación se realiza una filtración, además hay otras dos filtraciones en el proceso, después de la estabilización tartárica y, por último, filtración esterilizante o amicrobica esta filtración se realiza antes del embotellado para que en la botella no haya ningún microorganismo y no haya problemas futuros.

Los tipos de filtros que existen son, de tierra, placas y membranas, que se explican a continuación [20]:

- Filtro de tierras. Estos filtros se forman depositando sobre un soporte una capa de tierras filtrantes, más usadas diatomeas o perlita, donde se quedan retenidas las impurezas del vino. Las tierras de diatomeas tienen su origen en algas microscópicas en estado fósil que son calcinadas y limpiadas en caliente. Las perlitas es un silicato natural, inerte y está exento de materias orgánicas, además, puede expandirse ocupando de 10 a 20 veces su volumen inicial, por lo que aumenta mucho su superficie y su capacidad de filtración.

Los coloides, sustancias gelatinosas, proteínas, etc, son retenidas por absorción en este tipo de filtros sin llegar a colmatarse fácilmente.

- Filtro de placas. Las placas filtrantes están constituidas por fibras de celulosa. Cuanto más finas sean éstas, tanto menores será los poros de la placa filtrante correspondiente, aumentado así su capacidad de retención de partículas de pequeño diámetro. El efecto de filtración se debe más a los fenómenos de absorción de las fibras que al tamizado a través de las mismas.

Las clarificaciones previas a la filtración son necesarias para que después se pueda conseguir una buena filtrabilidad en los aparatos de placas. De otro modo se colmatarían rápidamente.

Estos filtros proporcionan mayor capacidad de filtración y mayor seguridad que los filtros de tierras.

- Filtro de membranas. Están constituidos por ésteres de celulosa, fluoruro de polivinilideno, etc. Tienen una estructura continua y un espesor pequeño (150 micras). Estos filtros solo trabajan por retención en la superficie.

Antes de llegar a este filtro, ha debido de ser filtrado previamente, porque sino los finos poros se colmatarían muy rapido con un vino sucio.

Cuando se quiere separar solo levaduras, se utilizan membranas con poros de 1.2 micras y cuando se quiere separar bacterias también se recurre a los de 0.45 micras de diametro de los poros.

Conociendo los tipos de filtros, las primeras filtraciones, es decir, después de la clarificación y de la estabilización tartárica se usa tanto filtro de tierras como filtro de placas, como se usa ambos métodos de filtrado tras esas operaciones, se selecciona el filtro de placas debido a su funcionalidad, opción de cambiar las placas y su porosidad para obtener diferentes grados de filtración y su disponibilidad en el mercado. Y para la última filtración se usa filtro de membrana.

### 3.2.3 Estabilización tartárica

La estabilidad tartárica de los vinos es uno de los pasos más importantes antes de comercializar una botella de vino, con la estabilización se impide posibles accidentes futuros y desviaciones en su conversación.

El vino contiene diversas sales disueltas, principalmente son sales de potasio, calcio, hierro, cobre, magnesio y otras. La que predomina en el vino son las sales de potasio, junto con el ácido tartárico, principal ácido de la uva, forman bitartrato de potasio, este compuesto en determinadas condiciones puede precipitar y aportar al futuro vino fenómenos de inestabilidad como son, una disminución de la acidez total y un ligero aumento del pH del vino.

Se podría impedir la precipitación de dicha sales empleando inhibidores químicos (ácido metatartárico, manoproteínas y carboximetilcelulosa) o mediante métodos físicos que eliminan iones del vino como la electrodiálisis, o bien, se puede provocar la precipitación usando la estabilización por frío con estabulación larga que solo enfría el vino para provocar una disminución de solubilidad, o la estabilización por frío, método de contacto con estabulación corta, el cual favorece la precipitación por el contacto con núcleos de cristalización de bitartrato de potasio y temperaturas entre 0 a -4°C. [28].

Se estudiará con más profundidad los tratamientos por frío, ya que estos no añaden sustancias que puedan cambiar las cualidades y calidad del vino como ocurre con la estabilización química [29] [30].

- Estabilización tartárica por frío con estabulación larga. El vino se enfría hasta la temperatura adecuada, cercana a la temperatura de congelación, y es mantenido a dicha temperatura en depósitos isoterms aislados o situados en una habitación térmica aislada con climatizadores, la duración de dicho proceso es entre 3 o 4 días hasta 3 o 4 semanas, dependerá de los coloides que preseten el vino.

La temperatura de enfriamiento a la que el vino se estabiliza se determina según la siguiente expresión

$$Temperatura_{est} = - \left( \frac{Contenido\ de\ alcohol}{2} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Para transformar un sistema discontinuo en continuo, se dispone de varios depósitos de tratamiento, cuyo número es el múltiplo de los días necesarios para la estabilización, así como también de un intercambiador de calor generalmente de placas, que se utiliza para aprovechar la temperatura del vino que sale estabilizado, para preenfria el vino que entra en la instancia, ahorrando de este modo una importante cantidad de energía, reduciendo la potencia frigorífica instalada y aumentando el rendimiento de entrada del vino a tratar.

Para evitar el inconveniente de sobresaturación de los tartratos y así realizar un tratamiento adecuado, es ideal que el vino a estabilizar se encuentre lo más limpio posible, es decir, que haya pasado anteriormente por una etapa de filtración.

- Estabilización tartárica por contacto o estabulación corta. Este método es una modificación del anterior para acortar el tiempo de estabilización. Consiste en enfriar el vino a temperaturas inferiores a 0°C, usando Ecuación 3.1, y agregando una cantidad de cristales de bitartrato potásico molido de un tamaño de 50 micras, con dosis recomendada de 30 a 40 g/hl de esta forma el vino se satura y provoca la precipitación en menor tiempo. Esta técnica tiene un tiempo de unos 4 a 6 días.

Se usan depósitos isotermos de fondo cónico, también llamados cristalizadores dotados de una válvula lateral para la entrada y salida del producto, y una válvula en el fondo para el vaciado de los tartratos precipitados.

Posteriormente, se separían los cristales por filtración.

La cantidad de bitartratos potásico se puede reutilizar, aunque en vinos tintos no es muy aconsejable debido a la materia colorante y a los coloides que contienen pueden impedir una adecuada cristalización en la próxima estabilización.

Este sistema permite realizar por depósito cristalizador de dos a tres ciclos por día, utilizando normalmente recipientes de 50 a 100 hectolitros de volumen, lo que supone un elevado rendimiento diario en la estabilización tartárica de los vinos.

Finalmente, la alternativa elegida, se va a realizar la estabilización mediante métodos físicos, utilizando los tratamientos de frío, aunque sea un proceso mas costoso económicamente, pero el vino mantiene su calidad organoléptica, además se evita el uso de sustancias añadidas. Y se utiliza la estabilización tartárica por estabulación corta, ya que con este método en menor tiempo se obtiene el vino limpio y estable listo para ser filtrado y posteriormente embotellado.

# 4 MEMORIA DESCRIPTIVA

En este apartado se va a detallar el proceso de vinificación en tinto mediante la fermentación del jugo de uvas tintas.

El proceso comienza con la recepción de la materia prima, uva tinta de variedad tempranillo procedente del viñedo plantado a escasa distancia de la planta. El objetivo es convertir dichas uvas en mosto para introducirlo en el fermentador, el mosto es conseguido gracias a unas operaciones mecánicas, que son el despalillado y estrujado de la uva.

Una vez obtenido el mosto, éste es introducido en el fermentador. En este equipo se producen las operaciones principales la maceración y fermentación alcohólica, con una duración de 9 días, transcurrido ese tiempo se hace una primera clasificación de vinos, diferenciando el vino yema con el vino prensa. En este punto, para el vino prensa termina su elaboración, siendo un vino de baja calidad y por tanto es comercializado a menor precio; en cambio para el vino yema, producto principal, tiene que ser acondicionado mediante una segunda fermentación y unas operaciones de acabado para cumplir las especificaciones técnicas necesarias para conseguir un producto de calidad.

En la Figura 13 se muestra el diagrama de bloques de la instalación, que representa de forma simplificada en qué consiste el proceso.

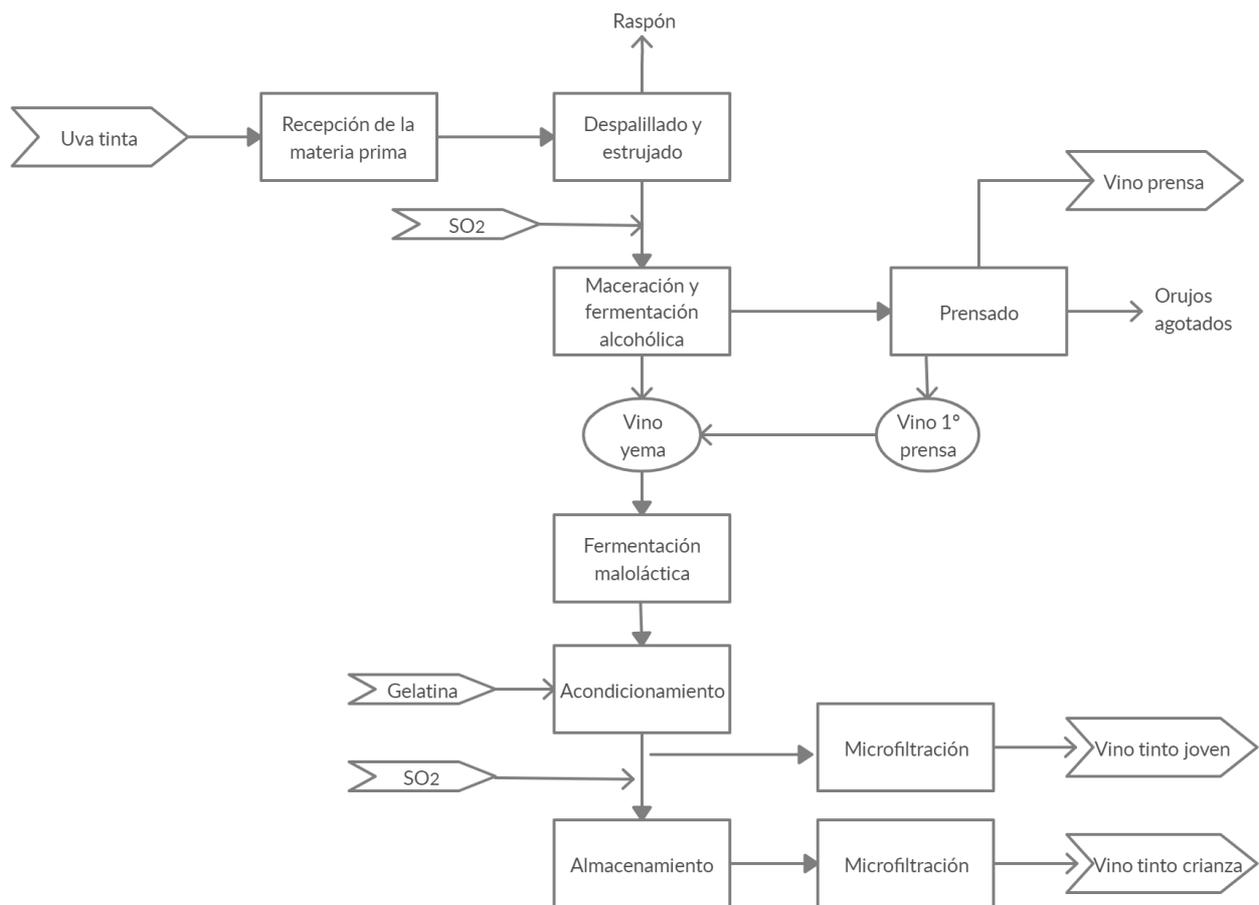


Figura 13. Diagrama de bloques

A continuación, de forma más detallada se explica el proceso

## 4.1 Recepción de materia prima

La materia prima principal es la uva. La uva llega a planta en camiones con remolque, éstos vienen directamente del viñedo de realizar su recolección. Las uvas antes de introducirlas en el sistema de recogida han pasado por un análisis para asegurar del buen estado y si son aptas para realizar el proceso, es decir, que la uva haya alcanzado un grado de madurez, un pH y el contenido de azúcar idóneo.

Si a la recepción de la uva tuviera que ser almacenada temporalmente sería necesario adicionar de 100 a 150 grs de metabisulfito potásico por cada tonelada de uvas para evitar problemas futuros como el desarrollo incontrolado de microorganismos cuyo crecimiento es activo a la atmósfera y la oxidación de las materias colorantes contenidas en los hollejos [18].

Las uvas no se lavan para no perder las levaduras que se encuentran sobre el fruto, pero para asegurar una buena calidad de uva y un buen inicio al proceso se necesita, una buena higiene en los equipos de recepción y transporte, un tiempo mínimo de transporte para evitar posibles oxidaciones y una temperatura idónea para evitar un arranque espontáneo de la fermentación.

El sistema de recepción es una tolva con sistema de pesaje de acero inoxidable, material muy higiénico y óptimo para sistemas destinados a productos alimenticios, después con ayuda de un tornillo sin fin son trasladadas hacia el siguiente equipo, dicho tornillo debe de girar a bajas revoluciones para evitar dañar la materia prima.

## 4.2 Obtención del mosto

Una vez descargadas las uvas en planta, mediante el tornillo sin fin de tipo hélice, son transportadas hacia la boca de alimentación de la despalilladora, esta máquina es la encargada de separar la uva del raspón y restos vegetales que puede acompañar al racimo con el objetivo de evitar las sustancias astringentes del raspón, ya que éstas transmitirían sabores y aromas indeseados al vino. El raspón es expulsado de la planta mediante una cinta transportadora, éste supone un 6% de la totalidad de uva entrada.

El despalillado tienen algunas ventajas como son, reducir el volumen del encubado, una mejora gustativa, una mayor concentración del color y un ligero aumento del grado alcohólico, ya que el raspón está formado por una gran cantidad de agua que actúa de diluyente y pocos azúcares; aunque también presentan unas desventajas, puede ralentizar la fermentación, ya que los raspones favorecen la presencia de oxígeno en la masa y el desarrollo de las levaduras, los raspones facilitan el prensado al formar una masa menos compacta y el despalillado acentúa los efectos de las oxidaciones en vendimias podridas. A pesar de sus desventajas, el despalillado es esencial en vino tinto.

Por todo lo anterior, se realizará el despalillado con una despalilladora horizontal de acero inoxidable. Consta de una carcasa metálica que aloja un cilindro perforado y un eje con paletas de plástico de uso alimentario. La uva cae desde el tornillo sin fin al interior del cilindro y, por efecto del giro de las paletas, los raspones se separan y los granos pasan a través de las perforaciones del cilindro. El cilindro despalillador gira a una velocidad variable entre 10 a 50 r.p.m., mientras que el eje de paletas gira en sentido contrario a 200-300 r.p.m. El tamaño y forma de los orificios deberá adaptarse al tipo de uva del proceso. Los granos se recogen por la parte inferior y los raspones caen por su propio peso, saliendo por el extremo opuesto a la entrada de uva de la despalilladora. La evacuación del raspón se realiza mediante una cinta transportadora que lo lleva fuera de la planta. En la Figura 14 se muestra una despalilladora destacando sus partes mencionadas, y el recorrido que harían la materia prima, para un mejor entendimiento de la máquina.

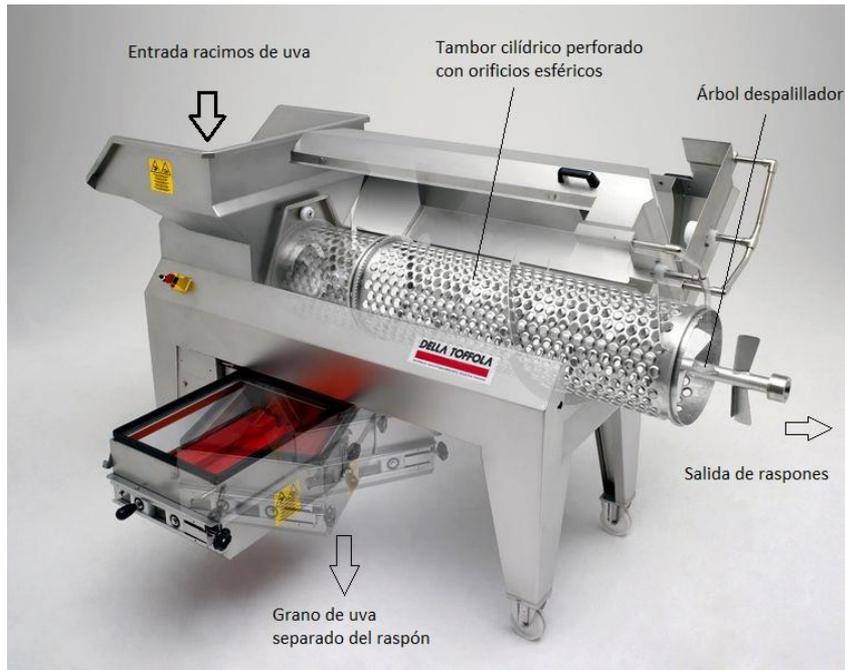


Figura 14. Despalilladora

Una vez la vendimia despalillada, cae por gravedad a la estrujadora, ésta es la encargada mediante un prensado de extraer el mosto de la uva, es el proceso que se le llamaba pisado, operación que realizaban los operarios aplastando la vendimia con los pies.

El estrujado rasga el hollejo por un meridiano de la uva, liberando la pulpa que contiene el mosto y las pepitas en su interior, sin triturar los hollejos y sin laminar las pepitas. Hay que tener un especial cuidado, ya que una excesiva rotura del hollejo en consecuencia de un excesivo estrujado originaría un aumento de volumen de fangos, lías y de ácidos grasos, entre otros. La máquina que se encarga de realizar esta operación es una estrujadora de rodillos.

La estrujadora de rodillos contiene una serie de rodillos paralelos situados a una cierta distancia, giran en sentido contrario, permitiendo el paso de los granos de uva entre ellos, provocando un aplastamiento de las bayas. Los rodillos son macizos, contruidos en aluminio o sus aleaciones, o mejor de un material más blando como el nylon o mejor de goma alimentaria. El perfil de los rodillos toma forma de estrella, como se puede apreciar en la Figura 15. La velocidad de giro de los rodillos es variable según modelos, oscilando desde 100 a 200 r.p.m. Y, por último, dichos rodillos tienen sistemas de seguridad antibloqueo [20].



Figura 15. Estrujadora de rodillos

Aunque se haya estudiado los dos equipos por separados para conocer mejor el procedimiento de ambos, lo más habitual es que formen un solo equipo, tal y como se muestra en la siguiente figura.

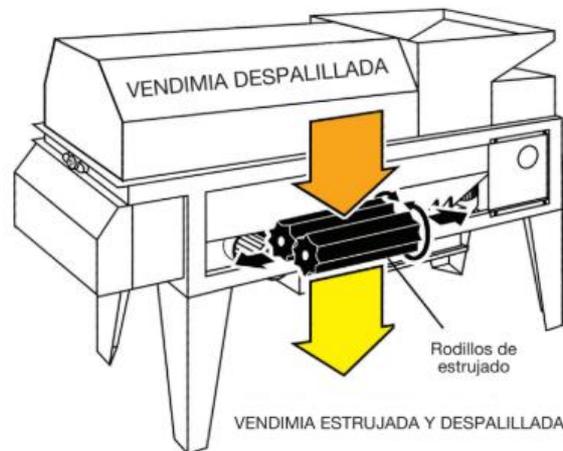


Figura 16. Equipo despalladora-estrujadora

Pasada la vendimia por la despalladora-estrujadora, se obtiene el mosto a temperatura ambiente. El mosto es una pasta líquida espesa por llevar el jugo de uva con la parte sólida, los hollejos y las pepitas.

### 4.3 Encubado: Maceración y Fermentación alcohólica

Obtenido el mosto, éste es transportado a depósitos mediante la bomba de vendimia, este proceso es llamado encubado.

La bomba de vendimia es una bomba helicoidal con una tolva para introducir la pasta. En dicha tolva también se introduce el sulfito, porque una dosificación antes de la fermentación en vinificación en tinto es muy importante por sus grandes ventajas como se comentó anteriormente.

Dicho sulfitado se puede adicionar manual o automáticamente, hoy en día en la mayoría de las bodegas se realizan de la segunda forma, empleando una instalación que consta [31]:

- Depósito de acero inoxidable para almacenar la solución acuosa de sulfuroso. Estos depósitos pueden alimentar varios sulfitómetros distribuidos por toda la planta, que están conectados por medio de una tubería de botella de gas.
- Bomba dosificadora. Dosifica exactamente la cantidad requerida de solución en cada punto.
- Uno o varios inyectores, estos se encuentran sobre la tubería de vendimia.
- Caudalímetro y un filtro de aspiración.

Esta instalación debe de estar coordinada con la bomba de vendimia, de manera que dosifique por volumen que lleve dicha bomba. Por ello, ambas bombas (vendimia y dosificadora) actúan simultáneamente.

Una vez el mosto sulfitado, el mosto es dirigido hacia el fermentador, donde gracias a un intercambiador de tubo y carcasa se adecua la temperatura para proceder a realizar la maceración prefermentativa, dicha maceración consiste en permitir la maceración del mosto con los hollejos y pepitas, antes de la fermentación alcohólica, en un medio acuoso sin presencia de alcohol para una extracción más selectiva. La duración de esta maceración es de 2 días a una temperatura de 14°C.

Una vez transcurrido esos dos días finaliza la maceración prefermentativa e imponiendo una subida de temperatura comenzaría la fermentación alcohólica. La fermentación comienza espontáneamente con ayuda de las levaduras autóctonas a 21°C, no es necesario utilizar levaduras comerciales.

Los depósitos encargados para esta parte del proceso son autovaciantes, también llamados depósitos de descube automatizado, estos depósitos tienen una camisa de refrigeración para tener un control de la temperatura y

mecanismos para llevar a cabo remontados automáticamente con ayuda de una bomba centrífuga y así aumentar la maceración y evitando de esta forma la oxidación del sombrero. Su fondo tiene forma cónica para que sirva de ayuda a la extracción del vino generado y también lleva un sistema de extracción de orujo tipo tornillo sin fin o una hélice. Lleva un conjunto de rejillas en la parte inferior para facilitar el sangrado y que quede retenidos ahí los orujos. Estos depósitos son de acero inoxidable, la selección de este material respecto al resto se debe a sus grandes ventajas entre las que destacan, fácil limpieza y desinfección, gran capacidad de intercambio térmico, aguanta rangos amplios de presiones, presenta un mantenimiento a bajo coste y, además, es un material inerte, no aporta al mosto sabores ni aromas, como se puede observar en la siguiente figura.

	Higiene	Limpieza	Refrigeración	Mantenimiento	Precio
Madera	▼	▼▼	▼▼	▲▼	▼
Arcilla	▼	▼	▼▼	▲	▼
Hormigón	▼	▼	▼▼	▲	▲▲
Hormigón revestido	▲	▲	▼▼	▲▼	▲
Poliéster	▲	▲	▲▼	▲	▲▲
Acero al carbono	▼	▼	▲▲	▲	▲▲
Acero al carbono revestido	▲	▲	▲	▲▼	▲
Acero inoxidable	▲▲	▲▲	▲▲	▲▲	▲
▲▲ Óptimo / ▲ Bueno / ▲▼ Regular / ▼ Deficiente / ▼▼ Malo					

Figura 17. Comparativa de materiales para depósitos

Nota importante, en los depósitos se dejará un 20% de su capacidad sin cubrir, ya que cuando fermenta la pasta aumentará su volumen y es necesario disponer de espacio para que no rebose.

Además de estos depósitos mencionados, es necesario también unos depósitos auxiliares para realizar el remontado con vaciado total, esta operación se realiza con el fin de oxigenar el mosto con el objetivo de airear la masa propiciando un mayor desarrollo de las levaduras.

#### 4.4 Descube y prensado de orujos. Fermentación maloláctica

Acabada la fermentación alcohólica, al pasar los días necesarios hasta conseguir unas densidades de 950-1005 g/L, se procede a realizar el descube, operación que consiste en separar la parte líquida, el vino, de la parte sólida, los orujos.

Se extrae el líquido mediante el sangrado del depósito o se escurre por gravedad durante aproximadamente 24h, éste es denominado vino de yema, es el vino con mayor calidad. Es trasegado a otro depósito, normalmente se airea y no se sulfita para poder realizar correctamente la segunda fermentación ya que sino ésta se vería retrasada.

El orujo, es la parte sólida del mosto que no tiene aprovechamiento para la elaboración del vino, como son los hollejos, las pepitas y las levaduras muertas, éste es sacado del depósito con ayuda de unas paletas y es traspasado a la prensa para aprovechar al máximo el vino que queda impregnado en él y desperdiciar lo menos posible. El vino de la primera prensada, aplicándole poca presión entre 0,2-3 bares, se podría considerar aún de gran calidad como el vino yema, por ello ambos se juntan, pero el vino de prensadas superiores es de menor calidad y éste será denominado vino prensa, que se venderá a granel a alcoholerías, donde gracias a la destilación adquieren un mayor valor.

El prensado dura aproximadamente una hora, se realiza con una prensa horizontal neumática, ya que son las más adecuadas en función del precio, rendimiento y calidad. El orujo prensado, es un residuo que es extraído de la planta mediante una cinta transportadora hacia los contenedores.

De cada 100 kg de racimo se obtienen 72-75 litros de vino después de la fermentación alcohólica, de este vino se obtiene el vino yema en torno a 80-85% y el vino prensa 15-20%. El vino prensa posee más azúcares, más

acidez volátil, mayor contenido en nitrógeno y es más rico en antocianos y taninos que el de yema. El vino prensa conviene separar dos prensadas, la primera obtiene el 10% del vino y la segunda el 5% restante [20].

Tras egados el vino yema junto con el vino de primera prensada a depósitos destinados para realizar espontáneamente la fermentación maloláctica a una temperatura comprendida entre 19 y 23 °C, con el fin de modificar las propiedades organolépticas del vino al disminuir la acidez. Los depósitos para realizar esta fermentación son isoterms de acero inoxidable, sin la necesidad de que lleven camisas periféricas ya que en esta fermentación no hay desprendimiento de calor.

Tras terminar la fermentación maloláctica, se realiza un trasiego que consiste en separar el vino limpio de las lías acumuladas en el fondo de los depósitos. Las lías no es más que los restos de parte sólida, las levaduras y bacterias muertas, residuos, etc.

El vino limpio es traspasado a otros depósitos con ayuda de bombas y mangueras.

## 4.5 Acondicionamiento

Tras terminar el proceso de fermentación, es decir, al acabar la fermentación alcohólica y la fermentación maloláctica, las levaduras y las bacterias lácticas mueren, liberando al medio en el que se encuentran los componentes del interior celular; la mayor parte caen al fondo del depósito, constituyendo las lías, pero algunos componentes son tan pequeños y ligeros que se quedan en suspensión, haciendo un vino turbio e inestable, por ello para poder ser consumido y comercializado tiene que pasar por unos procesos de acondicionamiento para ser apto.

Estos componentes que son tan pequeños, podrían llegar a causar problemas olfativos o gustativos como amargor o astringencia, por ello para que el vino este estable y limpio es necesario una clarificación. Esta es la primera operación de acondicionamiento, la clarificación.

La clarificación consiste en dejar en reposo el vino en un depósito junto con un clarificante así provocar la floculación de dichos componentes que se encuentran en suspensión, para así obtener un vino limpio, transparente y estable, se utiliza para ello la gelatina como clarificante, con una dosis de 10 a 15 g/hl. El tiempo de esta etapa es de una semana.

Al transcurrir dicho tiempo, el vino pasa por la primera filtración, con dicha filtración elimina las partículas de suspensión formadas en flóculos gracias a la clarificación, llevando el vino desde los depósitos de clarificación al intercambiador de placas encargado de realizar la siguiente operación.

Posterior a la primera filtración, da comienzo a la segunda operación de acondicionamiento, la estabilización tartárica mediante frío. Para ello el vino se enfría con ayuda de un intercambiador de placas, dicho equipo lleva el producto a la temperatura de estabilización, conociendo el grado de alcohol del vino y mediante la Ecuación 3.1 es conocida dicha temperatura, siendo esta de -5.5°C, a esta temperatura el vino no llega a la congelación. Esta operación se realiza en depósitos isoterms con un aislamiento térmico con lana de roca de 30 mm de espesor, en ellos se introducen una siembra de cristales de bitartrato potásico molido de un tamaño de 50 micras, con una dosis recomendada de 30 a 40 g/hl provocando dichos cristales una precipitación en un tiempo aproximadamente de 6 días. Seguidamente se realiza la segunda filtración para eliminar los cristales formados en dicha operación.

Una vez acabado los procesos de acondicionamiento, el vino determinado vino tinto joven ya estaría listo para pasar por el proceso de embotellado y ser comercializado, en cambio el vino tinto crianza será enviado a las barricas de almacenamiento, en dichas barricas se mantiene el vino el tiempo necesario hasta que se produce su expedición y posterior su venta. Aunque es super importante, antes de introducirlo por el proceso de embotellado el vino pasa por una última filtración con el objetivo de eliminar los microorganismos (mohos, levaduras y bacterias) para prevenir enfermedades de origen microbiano que procoquen alteraciones en botella, esta filtración es denominada filtración amicróbica. Consiste en hacer pasar el vino a través de una membrana porosa donde, por efecto del tamizado, quedan retenidos los microorganismos de mayor tamaño que los poros de la membrana. El diámetro de los poros oscila entre los 0,45-1,20 µm, valor que cumple con el límite inferior de 0,2 µm permitido por el reglamento. Es muy importante que el vino a filtrar por dicha filtración llegue a la membrana lo más limpio posible, por este motivo, el vino se ha sometido previamente a dos filtraciones ya mencionadas.

## 4.6 Almacenamiento y conservación de vinos

Una vez realizadas las operaciones de acabado mencionadas anteriormente, el vino ya está listo para ser embotellado y posteriormente comercializado. De esta forma se obtendría un vino joven, pero para obtener un vino de más calidad, como son los de crianza, reserva o gran reserva, el vino tiene que estar un tiempo en conservación, en la Tabla 5 se recoge, de forma general, el período de tiempo que necesita los distintos vinos.

Tabla 5. Período de tiempo de conservación de los diferentes vinos

Tipo de vino	Período de tiempo (mes)
Joven	-
Crianza	24
Reserva	36
Gran reserva	60

Con ayuda bibliográfica, estudios experimentan cual es el material más favorable para la conservación de vinos de variedad tempranillo, siendo el material de estudio acero inoxidable, hormigón y madera.

Los resultados del estudio concluyen que los vinos conservados en barricas (madera) tienen un mayor contenido en antocianos, taninos, polifenoles totales y grado de polimerización de los taninos, así como una mayor estabilización de la materia colorante y una mayor astringencia con relación a los conservados en acero inoxidable, situándose los de hormigón en una posición intermedia. En cuanto a los compuestos aromáticos, con el tiempo de conservación provoca la pérdida de algunos ésteres importantes, dicha pérdida es inferior en depósitos de acero inoxidable. La crianza de los vinos en barrica de roble da lugar a la aparición de los aromas terciarios, incrementando significativamente la intensidad y calidad aromática de los vinos, y este hecho junto con el mejor comportamiento cuantitativo y cualitativo de los polifenoles de los vinos conservados en barrica, es el motivo por el cual estos vinos son mejor valorados organolépticamente [32].

Como conclusión se podría decir que realizar la crianza o conservación en barrica es el método más recomendable para incrementar la calidad del vino de Tempranillo, tanto desde el punto de vista polifenólico, como aromático y organoléptico.

## 4.7 Embotellado

Tanto si el embotellado es directo como si es tras el envejecimiento, el vino se lleva a la línea de embotellado, previamente se ha realizado una microfiltración como se comentó en el apartado de filtración.

El embotellado consiste, como su propio nombre indica, en llenar las botellas de un volumen preciso de vino, dejando espacio para el tapón, una vez taponadas las botellas se le realiza un vacío, para evitar que quede oxígeno dentro de la botella para prevenir posibles desarrollos de los microorganismos aerobios y una posible evolución incontrolada en la botella.

A modo de resumen, en la línea de embotellado se realizan las siguientes operaciones:

- Enjugado de botellas
- Embotellado
- Taponado y capsulado

Se emplearán botellas tipo borgoña de 75 cl. Este tipo de botella es la que se encuentra en segunda posición de la Figura 18, este diseño de botella es el más antiguo que se conoce, da nombre a la ciudad de procedencia Borgoña y es cilíndrica con los hombros poco marcados y cuello alargado.



Figura 18. Tipos de botella para vinos

Las botellas que se usarán serán nuevas y de un solo uso, por lo que se dispondrá de máquinas enjuagadoras para retirar las impurezas que pudieran contener. Tras el enjuagado, es el turno de de las máquinas llenadoras de botellas o embotelladoras. El vino ha de llegar a la embotelladora totalmente estabilizado biológica y fisicoquímicamente, esto se asegura con la filtración amicróbica. Además, los niveles de  $\text{SO}_2$  libre deberán oscilar los 25-35 mg/l.

Las embotelladoras introducen el vino en el interior de la botella alcanzando el nivel deseado en función de la capacidad nominal de dicha botella y su temperatura. Se emplea una llenadora isobarométrica de gravedad, funcionan a presión atmosférica, estando el depósito de líquido situado por encima de las boquillas de llenado, donde el líquido baja hacia las botellas por gravedad y con una velocidad dependiente de la altura de llenado del depósito.

Inmediatamente después del llenado, se procede al taponado de las botellas. Se persigue cerrar herméticamente las botellas para conservar las condiciones de estabilidad en el producto terminado. Se emplea para ello, tapones de corcho natural entero por cuestiones de imagen para el consumidor que busca un producto de calidad. Las máquinas de taponadoras constan de una tolva y dispositivo de distribución de tapones, un mecanismo de posicionamiento de las botellas y unos cabezales de taponado donde se introducen los tapones comprimidos en el cuello de las botellas.

Tras el taponado, se realiza el sobretaponado de las botellas o capsulado. La cápsula sirve de elemento de garantía del vino embotellado, completa la decoración y asegura la limpieza del tapón de corcho y del cuello de la botella. La máquina de sobretaponado consta de un dispositivo de acumulación de cápsulas y colocación de éstas en las botellas y un dispositivo de alisado sobre el cuello de las botellas. Se utilizarán cápsulas monopieza de estaño y aluminio.

Para las operaciones de enjuagado, llenado y taponado se empleará un equipo tribloc, permite sincronizar las etapas de la línea de embotellado, facilita el trabajo y ahorra más espacio, dinero y energía que si se utilizaran los tres equipos por separado.

Una vez embotelladas, las botellas de vino se introducen en cajas y se apilan en pallets para su comercialización.

## 5 MEMORIA DE CÁLCULO

---

En este apartado se realizará los cálculos correspondientes al balance de materia y energía de cada uno de los equipos, además de su diseño, incluyendo el cálculo de algún tiempo de operación necesario.

### 5.1 Bases de diseño

La producción de vino depende exclusivamente de la materia prima que es la uva. La uva es un producto temporal, es decir, que se obtiene durante un período del año en concreto, entorno a los meses de septiembre y octubre. Por esta razón, el vino es producido por campañas, la campaña dura entorno a tres meses y las jornadas de trabajo durante ella son 12 horas al día, de los siete días de la semana, repartidos en turnos de 6 horas cada día, lo que hace un total de dos turnos al día. Por ello, la planta opera 1.116 horas al año.

Durante la campaña, en el periodo de vendimia siendo éste de 20 días, llega un suministro de uva recién recolectadas, ya que ésta no puede ser almacenada porque perderían parte de su esencia hasta llegar a descomponerse y no ser aptas para la elaboración. La recepción de uva es a primera hora de la mañana.

El viñedo de la planta está comprendido de 20 ha, para saber los kilogramos de uva que proporciona dicha parcela es necesario conocer el rendimiento por hectárea de dicha zona, dicho dato es cogido del Consejo Regulador de La Rioja, en el último año es de 7.475 kg/ha, por ello, una estimación aproximada de la capacidad de la bodega según estos datos es de 149.500 kg de uva, redondeando a 150.000 kg uva al año.

La recepción diaria de cada día es regular por ello, como la vendimia dura 20 días y teniendo un total de 150.000 kg de uvas, al día entran a la planta 7.500 kg de uva.

Uno de los puntos claves de la planta son los tiempos de residencia de la uva o el mosto, en los diferentes equipos, de ellos dependerán su dimensionamiento, concepto que se estudiará en un subapartado 5.4.

En la Figura 19 se muestra el diagrama de flujo del proceso detallado las corrientes del proceso.

En este capítulo se realizarán los balances de materia y energía de todos los procesos, así como el diseño de los equipos que componen la instalación experimental.

Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo

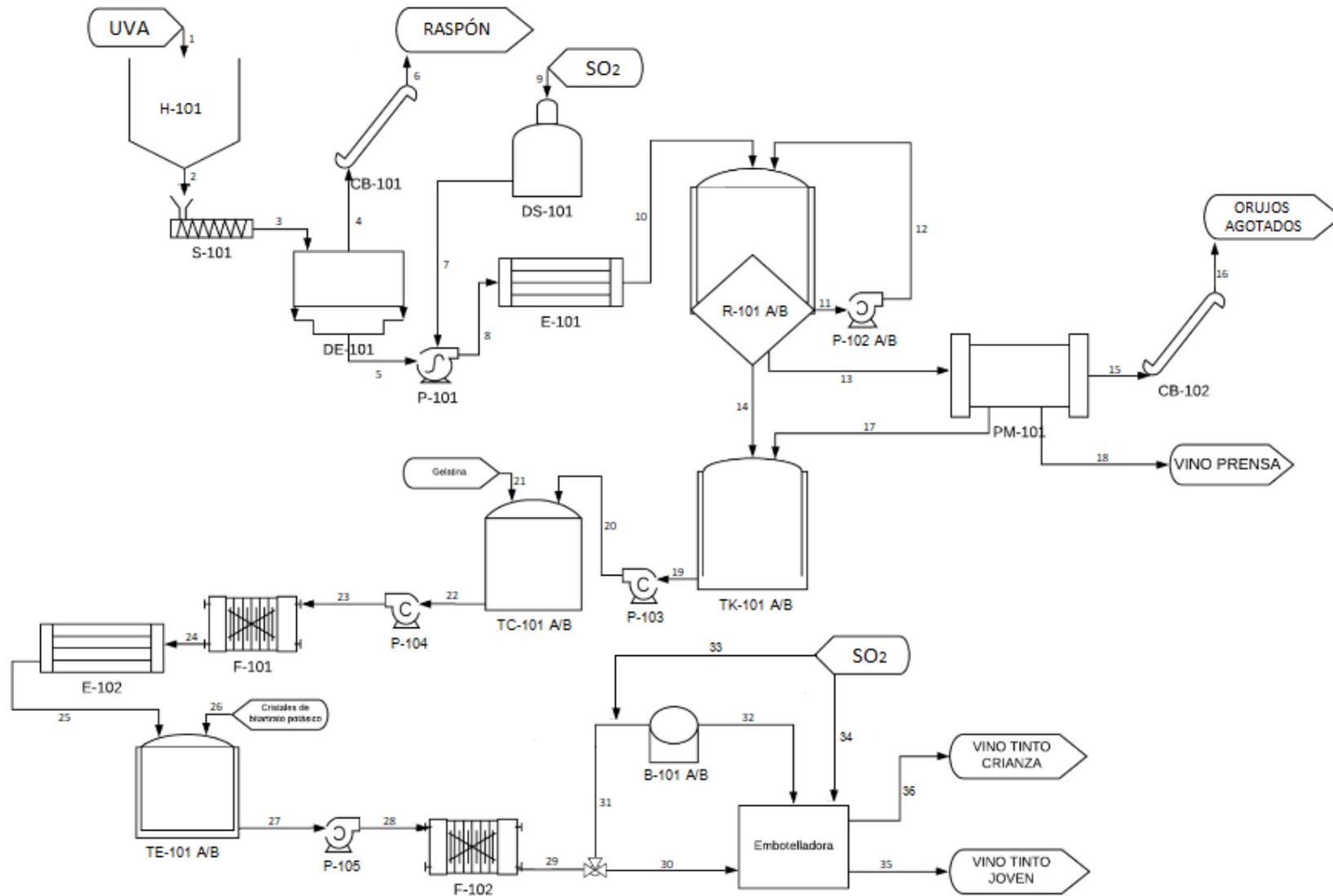


Figura 19. Diagrama de flujo del proceso



La nomenclatura empleada en la Figura 19 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Descripción de los equipos existentes en el diagrama de flujo

<b>Etiqueta</b>	<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>H-101</b>	Tolva de recepción	1
<b>S-101</b>	Tornillo sin fin	1
<b>DE-101</b>	Despalilladora-Estrujadora	1
<b>CB-101</b>	Cinta transportadora de raspones	1
<b>P-101</b>	Bomba de vendimia	1
<b>DS-101</b>	Dosificador de SO <sub>2</sub>	1
<b>E-101</b>	Intercambiador de calor de mosto	1
<b>R-101 A/B</b>	Fermentador alcohólico	10
<b>P-102 A/B</b>	Bomba de remontado	5
<b>PM-101</b>	Prensa neumática de orujos	1
<b>CB-102</b>	Cinta transportadora de orujos	1
<b>TK-101 A/B</b>	Fermentador maloláctico	11
<b>P-103 / P-104 / P-105</b>	Bomba centrífuga	1/1/1
<b>TC-101 A/B</b>	Tanque de clarificación	5
<b>F-101</b>	Filtro de placas	1
<b>E-102</b>	Intercambiador de calor de vino	1
<b>TE-101 A/B</b>	Depósito isoterma-estabilización	4
<b>F-102</b>	Filtro abrillantador	1
<b>B-101 A/B</b>	Barrica de roble	301
<b>Embotelladora</b>	Embotelladora	1

A continuación, una vez descritas las bases de diseño y el diagrama de proceso, se van a realizar los balances de materia y los balances de energía correspondientes a los equipos de dicha planta, además de su diseño. Primero se analiza la planta de forma global por ello, en el siguiente apartado se comienza con un balance de materia global con el fin de determinar la producción anual, seguidamente se realizará el balance de materia por etapas, analizando corriente por corriente y posteriormente se realizarán el balance de energía de los equipos en los que intervienen calor.

## 5.2 Balance global de materia

En este apartado se calculará de forma global el balance de materia de toda la planta, se realizará a nivel de cantidades totales por campaña.

### 5.2.1 Especificaciones del balance de materia

Para realizar el balance de materia de la planta es necesario conocer los rendimientos de las operaciones que se han asumido de datos bibliográficos. Los datos proporcionados son datos experimentales de una bodega de Córdoba llamada "La Aurora", con ellos se podrá calcular la producción de vino de la planta.

- En el despalillado-estrujado se elimina el raspón que corresponde a un 6% del total de la uva recibida.
- En la fermentación alcohólica hay una pérdida del 7% por formación de dióxido de carbono. El CO<sub>2</sub> debe de ser expulsado al exterior, esto ocurre mientras se hace el remontado.
- En el sangrado se obtiene vino de yema, que se separa de los orujos fermentados o también denominada pasta fermentada que forman el 21%. El orujo es posteriormente prensado obteniendo vino de primera prensada, vino de segunda prensa y orujos agotados, las proporciones de estos respectivamente son 10%, 5% y 85%.
- En la fermentación maloláctica también se obtiene dióxido de carbono, que supone un 0,06% de la materia introducida en dicha fermentación. Y también se producen un 3% de lías que hay que eliminar.
- Al vino se le somete unas operaciones de acondicionamiento que son clarificación, filtración y estabilización por frío en dichos procesos se eliminan las lías y sales (cristales de tartrato) que supone un 1,5% del vino después de la fermentación maloláctica.
- En el proceso de crianza se producen unas mermas que puede considerarse como el 0,8% por año en la bodega en condiciones ideales de humedad y temperatura. En el periodo en que el vino se encuentra en la bodega, se puede calcular una pérdida de vino por imbibición por parte de la madera del 1%. En total temenos una pérdida para los vinos de crianza del 1,8%.

### 5.2.2 Balance de materia de la planta

En este apartado se trabajará con la totalidad de la materia prima que dispone la planta, es decir, con los 150.000 kg de uva, aunque hay que decir que toda la cantidad es procesada durante toda la campaña de forma regular, pero para conocer la producción de la planta se hará de esta manera. En la siguiente tabla se muestra el balance global expresado en kilogramos, de forma muy resumida.

Tabla 7. Balance global de la planta durante la campaña

Cantidad (kg)		
Uva	150.000	Entrada: 150.000
Raspón	9.000	Salida: 150.000
Orujos agotados	25.169	
Fango, lías y pérdidas	5.551	
CO <sub>2</sub> (Procedente FA y FM)	9870 + 63	
Vino prensa	1481	
Productos finales		
- Vino tinto joven	49.882	
- Vinto tinto crianza	48.984	

A continuación, en la Figura 20 se muestra el balance de materia de toda la planta teniendo en cuenta los datos proporcionados por la bodega remarcados en el apartado anterior, expresado cada corriente con la unidad necesaria para su mejor entendimiento.

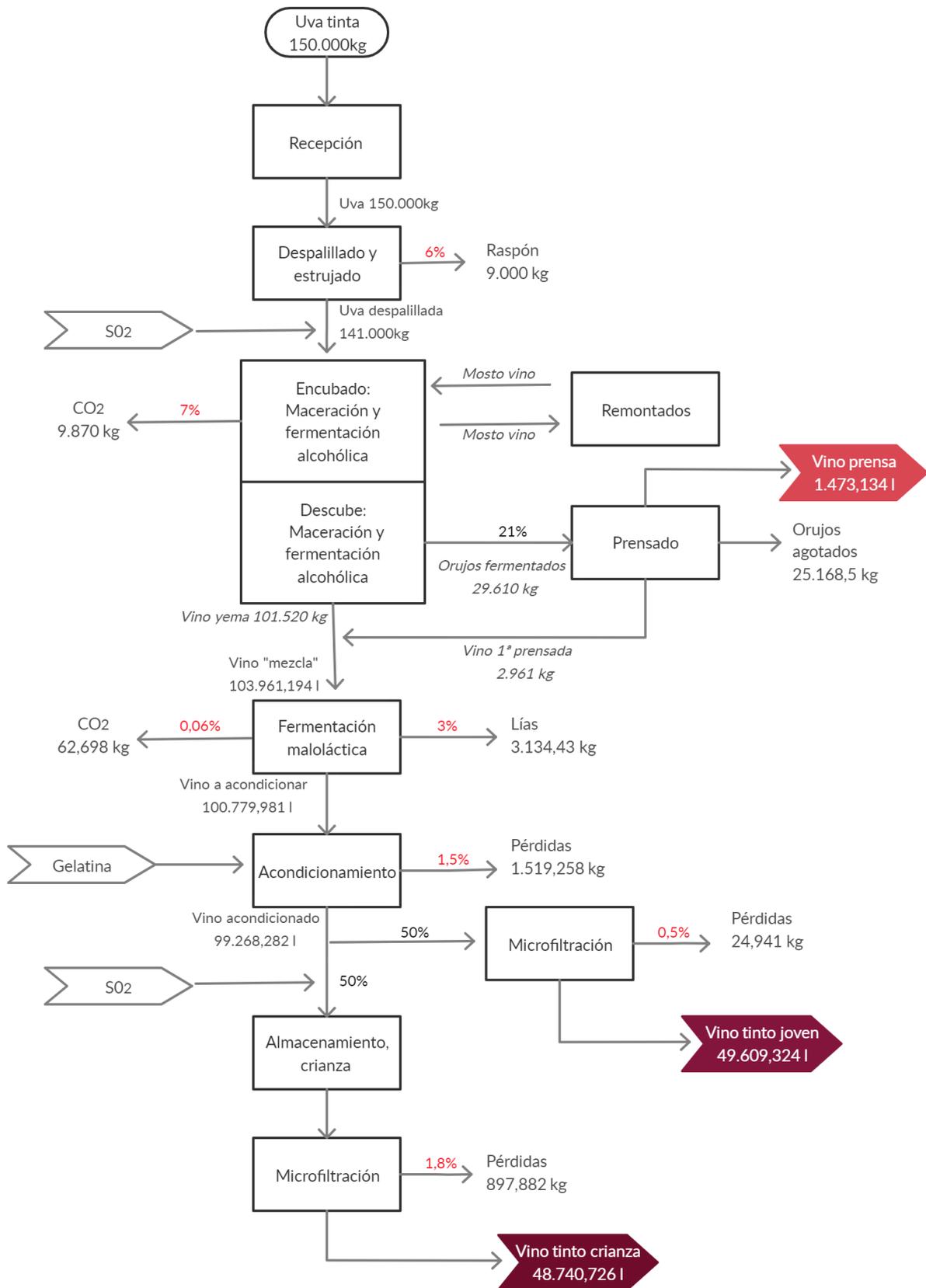


Figura 20. Balance de materia

Se puede concluir, que dicha planta estará diseñada para producir en toda la campaña tantos litros como viene reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 8. Producción de vino

<b>Tipo de vino</b>	<b>Producción (l/campaña)</b>
Vino prensa	1.473
Vino tinto joven	49.609
Vino tinto crianza	48.741

### 5.3 Balance de materia por etapas

En este apartado se recoge la resolución del balance de materia de cada una de las etapas del proceso. Como la planta trabaja en discontinuo, es decir, por lotes, no se puede abordar el balance de materia a partir de los caudales que afectan a los distintos equipos, ya que se introduce por lotes y se sacan cuando la operación termina.

La planta trabaja con un lote al día, siendo este de 7.500 kg uvas, dicho lote va sufriendo varias transformaciones hasta convertirse en vino. En la Figura 21 se recoge un esquema de las transformaciones que sufre la uva hasta obtener el vino tinto.

En el diseño de algunos equipos es necesario la determinación de los caudales de las Corrientes, en estos casos se definirá como la cantidad del lote por el tiempo de operación del proceso, el cual está recogido en el apartado 5.4 de Secuencias de etapas del proceso.

Nota, en dichas tablas también se recogen los datos de temperatura y presión para que cada corriente quede definida, aunque dichos datos sean proporcionados del balance de energía.

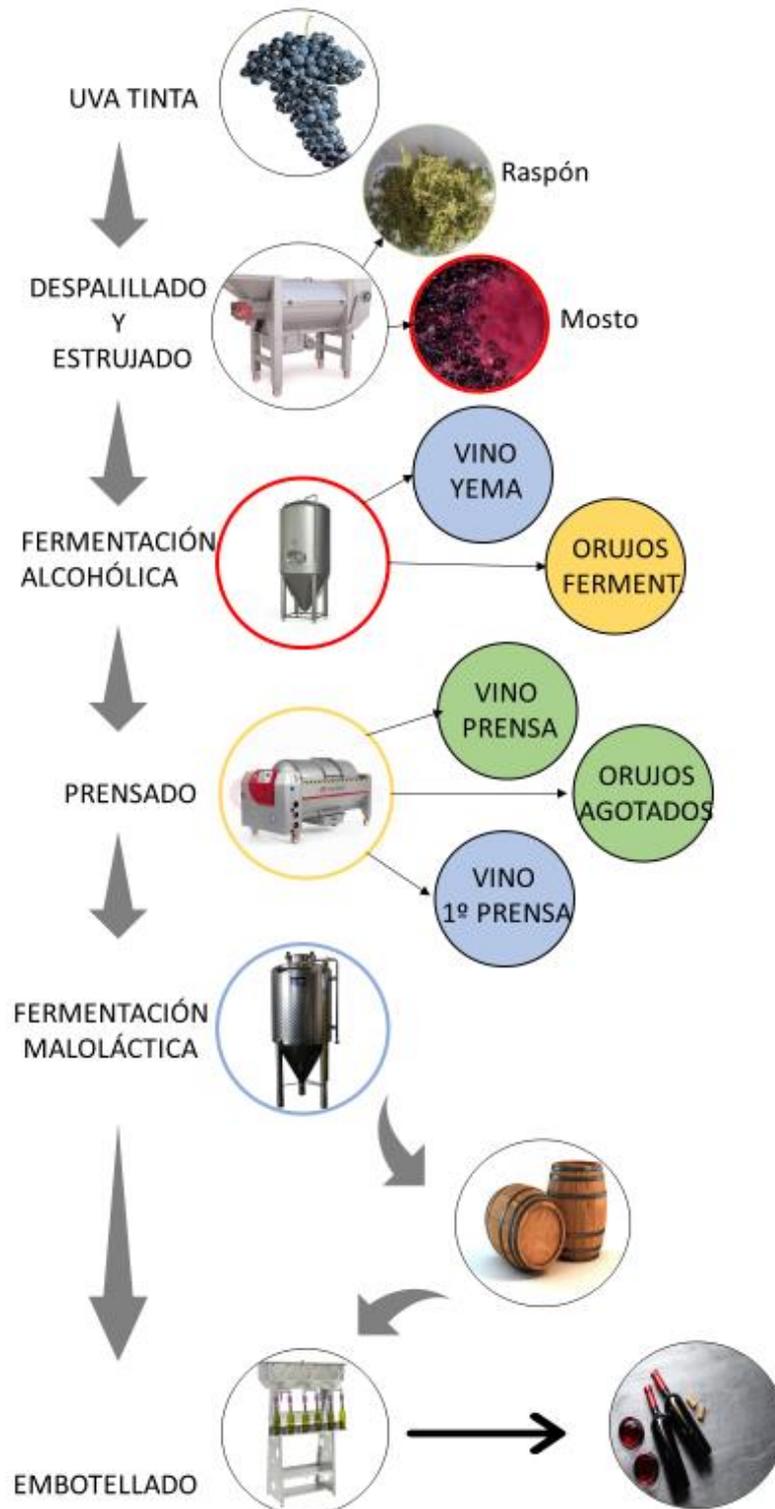


Figura 21. Transformaciones de la uva

### 5.3.1 Balance de materia de la zona de recepción

En esta zona solo se produce una separación de una corriente sólida (raspón) y una líquida (mosto). Las operaciones que engloban esta zona no tienen implicada calor y por ello, la temperatura se mantiene constante como se puede comprobar en la Tabla 9. Aclarando que cada corriente está identificada con un número.

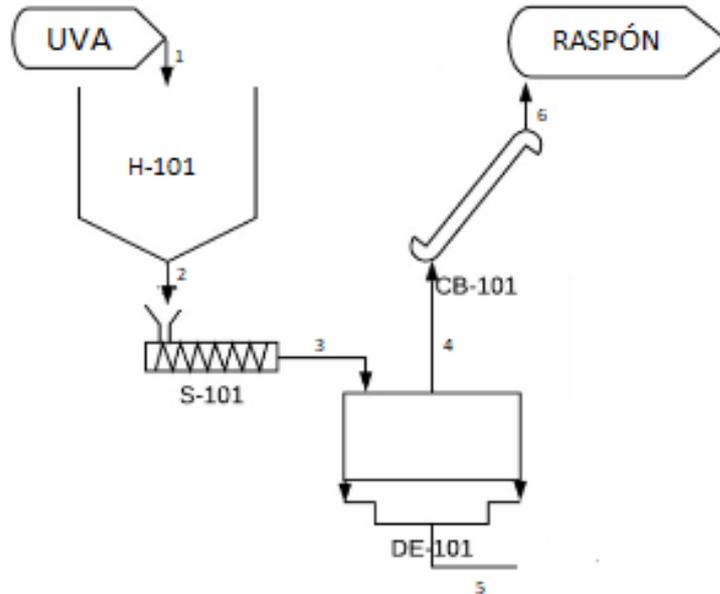


Figura 22. Zona de recepción

Tabla 9. Balance de materia de la zona de recepción

	1	2	3	4	5	6
<b>Uva (kg)</b>	7.500	7.500	7.500	-	-	-
<b>Raspón (kg)</b>	450	450	450	450	-	450
<b>Mosto (kg)</b>	-	-	-	-	7.050	-
<b>SO<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-
<b>CO<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-	-
<b>Presión (bar)</b>	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
<b>Temperatura (K)</b>	298	298	298	298	298	298

### 5.3.2 Balance de materia de zona de preparación para la fermentación

En esta zona y en las que vienen a continuación, solo se trata la corriente líquida, ya que la corriente sólida fue separada y eliminada de la planta en la zona anterior. En dicha zona se trata de un enfriamiento del mosto para ser introducido en los fermentadores para comenzar a realizar la maceración, por ello, hay una variación de temperatura de la corriente 8 a la corriente 10, en concreto un salto de 9°C, pero la presión es constante en todo el proceso.

Tanto las operaciones de la zona anterior como la de ésta, tardan en procesarse seis horas por cada lote de uva.

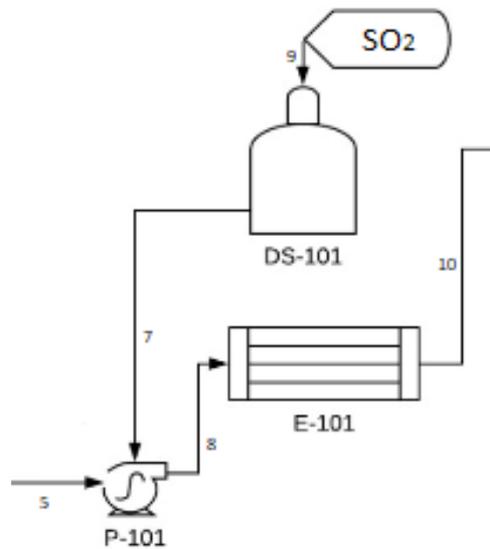


Figura 23. Zona de preparación para la fermentación

Tabla 10. Balance de materia de la zona de preparación para la fermentación

	5	7	8	9	10
<b>Uva</b>	-	-	-	-	-
<b>Raspón</b>	-	-	-	-	-
<b>Mosto (kg)</b>	7.050	-	7.050	-	7.050
<b>SO<sub>2</sub> (g)</b>	-	320,5	320,5	320,5	320,5
<b>CO<sub>2</sub></b>	-	-	-	-	-
<b>Presión (bar)</b>	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
<b>Temperatura (K)</b>	298	298	298	298	287

### 5.3.3 Balance de materia de la zona de fermentación y prensado de orujos

Una de las zonas más importantes, ya que de ella sale el primer vino, vino yema, el vino de mayor calidad.

La maceración es la primera operación que se realiza en el fermentador y esta operación se realiza a 14°C durante dos días, transcurridos esos días la temperatura del mosto va incrementando hasta su temperatura óptima, 25°C. Dicha temperatura se mantiene constante gracias a la circulación de agua por las camisas que rodean el fermentador.

Transcurriendo la fermentación alcohólica, a medida que va finalizando dicha operación la temperatura va disminuyendo tal y como aparece en la Figura 31, hasta una temperatura de 21°C. Por ello, la corriente 14 tiene dicha temperatura y también, dicha temperatura es la que da comienzo al arranque de la fermentación maloláctica. La fermentación alcohólica tiene un periodo de 7 días mientras que la fermentación maloláctica 10 días.

La operación de presado no tienen implicación de calor y por ello, la temperatura se mantiene constante. Dicha operación tiene un tiempo de operación de 3,7 horas.

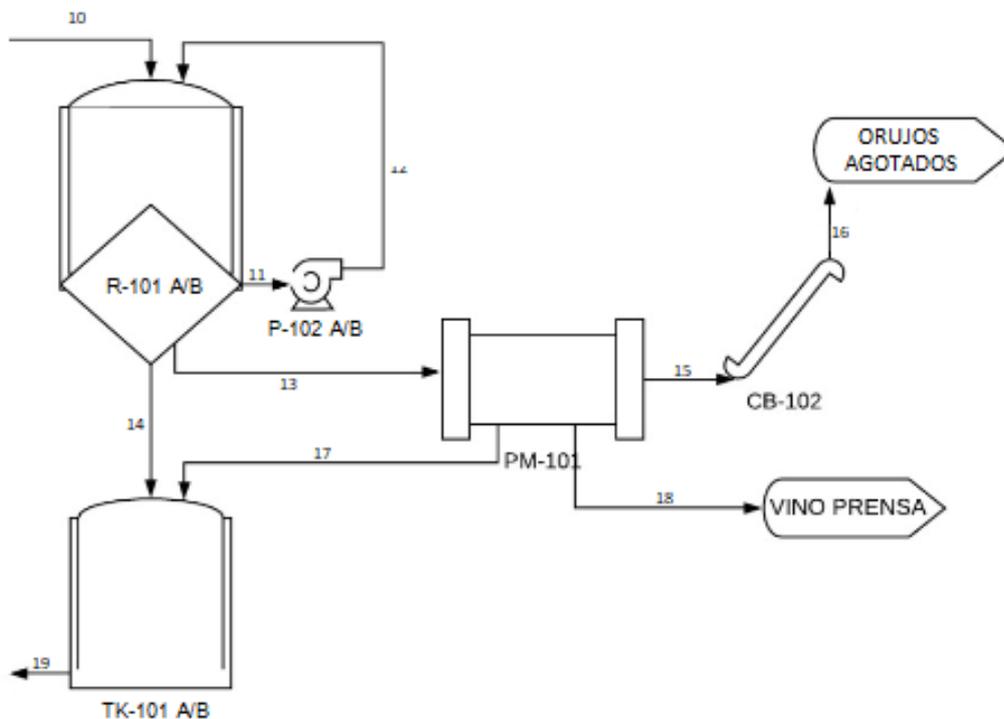


Figura 24. Zona de fermentación y prensado de orujos

Tabla 11. Balance de materia de la zona de fermentación y prensado de orujos

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>Mosto (kg)</b>	7.050	7.050	7.050	-	-	-	-	-	-	-
<b>Vino yema (kg)</b>	-	-	-	-	5.076	-	-	-	-	-
<b>Vino 1° prensa (kg)</b>	-	-	-	-	-	-	-	148	-	-
<b>Vino prensa (kg)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	74	-
<b>Orujo fermentados (kg)</b>	-	-	-	1.481	-	-	-	-	-	-
<b>Orujo agotados (kg)</b>	-	-	-	-	-	1.258	1.258	-	-	-
<b>SO<sub>2</sub> (g)</b>	320,5	320,5	320,5	-	-	-	-	-	-	-
<b>CO<sub>2</sub> (kg)</b>	-	493,5	493,5	-	-	-	-	-	-	3
<b>Vino tinto (kg)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.064
<b>Heces (kg)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	157
<b>Presión (bar)</b>	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
<b>Temperatura (K)</b>	287	298	298	294	294	294	298	294	294	294

Como aclaración, las corrientes 11 y 12 son las líneas de remontados, en ellas se recircula el mosto con el fin de favorecer la extracción de las sustancias de los hollejos y por más motivos ya mencionados anteriormente, en dichos remontados se saca el mosto por la zona inferior del fermentador y se vuelve a introducir por la parte superior y mientras se realiza dicha operación el CO<sub>2</sub> producido en la fermentación se desprende fuera de la planta. En la fermentación maloláctica no hay remontados, pero el CO<sub>2</sub> también es desprendido cuando se hace el traslado de dicho fermentador al siguiente tanque de clarificación.

### 5.3.4 Balance de materia de la zona de acondicionamiento del vino

El acondicionamiento del vino se trata como ya se ha dicho anteriormente de tres operaciones y tras ellas ya estaría destinado para la comercialización si se trata de tinto joven o para envejecimiento si se trata de tinto crianza.

Tanto en la clarificación, primera operación de acondicionamiento, como en la filtración, no hay implicación de calor por ello, la temperatura se mantiene constante. En cambio en la estabilización tartárica es mediante frío, es decir, antes de introducirlo en depósitos isotérmicos donde se realiza dicha operación, es adecuado con ayuda de un intercambiador de calor a la temperatura de  $-5,5^{\circ}\text{C}$ , por ello, el vino experimenta un salto térmico de  $26,5^{\circ}\text{C}$ .

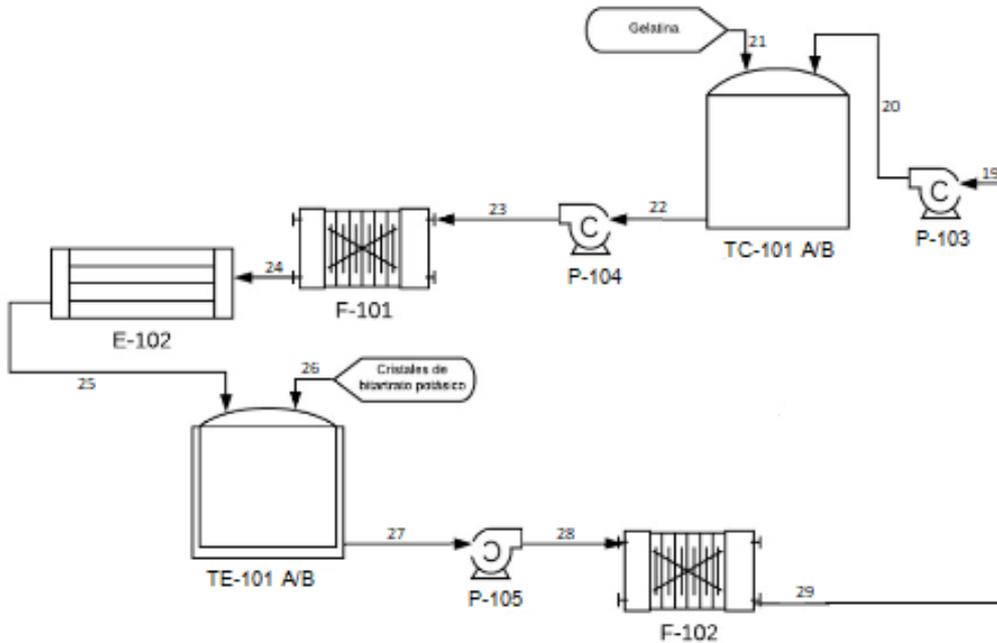


Figura 25. Zona de acondicionamiento del vino

Tabla 12. Balance de materia de la zona de acondicionamiento del vino

	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
<b>Vino tinto (kg)</b>	5.064	5.064	-	10.042	10.042	10.042	10.042	-	9.977	9.977	9.977
<b>CO<sub>2</sub></b>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gelatina (g)</b>	-	-	1.260	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bitartrato potásico (g)</b>	-	-	-	-	-	-	-	4.218	-	-	-
<b>Heces (kg)</b>	157	-	-	86	86	-	-	-	65	65	-
<b>Presión (bar)</b>	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
<b>Temperatura (K)</b>	294	294	298	294	294	294	267,5	298	275	275	280

Aclaraciones:

- En esta zona donde se está realizando el balance de materia del acondicionamiento del vino, solo se encuentra el vino ya formado de las fermentaciones con algunos compuestos a eliminar siendo el conjunto de éstos denominados heces o también lías, y estos compuestos son eliminados en la operación de clarificación, filtración y estabilización tartárica siendo estas las operaciones de acondicionamiento del vino.
- La clarificación y la estabilización, ya explicadas en apartados anteriormente, se realizan con el almacenamiento de vino obtenido de dos fermentaciones consecutivas, con el hecho de ahorrar espacio en la planta al tener así menos depósitos para realizar dichas operaciones, se refleja la Figura 56 del anexo 7.
- El tiempo de estas operaciones son los siguientes, clarificación tiene una duración de una semana, la estabilización tartárica transcurre en seis días y las demás operaciones tales como la primera filtración, el enfriamiento previo a la estabilización y la segunda filtración, están regidas con el tiempo de vaciado de los depósitos de ambas operaciones, siendo dichos tiempos de vaciado iguales, de 2,4 horas.

### 5.3.5 Zona de almacenamiento y embotellado

La zona de almacenamiento y embotellado, la última zona del proceso, en ella no hay una gran variación de temperatura, la pequeña variación que se produce es a causa de los trasiegos del vino.

Lo único importante de esta zona, en concreto en el envejecimiento del tinto crianza es que debe estar en una habitación climatizada a una temperatura de 12-15°C.

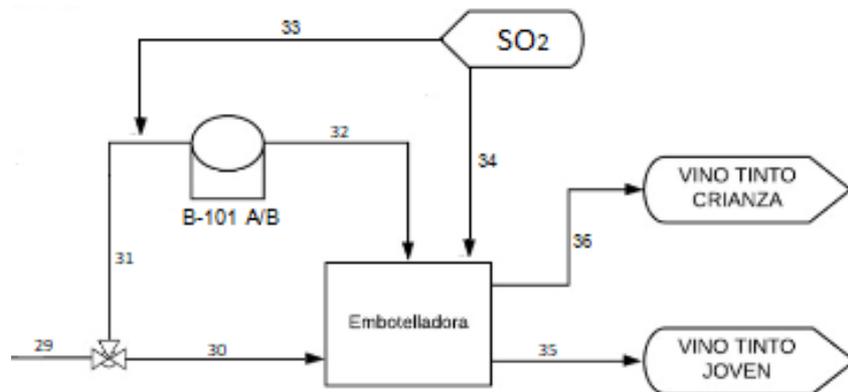


Figura 26. Zona de almacenamiento y embotellado

Tabla 13. Balance de materia de la zona de almacenamiento y embotellado

	29	30	31	32	33	34	35	36
<b>Vino tinto (kg)</b>	9.977	4.988	4.988	4.898	-	-	4.988	4.898
<b>SO<sub>2</sub> (g)</b>	-	-	-	-	124	246	246	246
<b>Vino tinto crianza (kg)</b>	-	-	-	4.898	-	-	-	4.898
<b>Vino tinto joven (kg)</b>	-	4.988	-	-	-	-	4.988	-
<b>Presión (bar)</b>	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
<b>Temperatura (K)</b>	280	285	285	285	298	298	285	285

## 5.4 Secuencias de etapas del proceso

Una vez resuelto el balance de materia de forma global, conociendo así la producción de la planta y los balances de materia por lote de cada etapa se va a realizar la definición de los tiempos de operación de los diferentes procesos que componen la planta. A partir de esta información se pondrán definir caudales en los distintos equipos para poder diseñar los equipos correctamente.

En primer lugar, hay que tener en cuenta las bases de diseño, es decir, la planta trabajará 12 horas por día, y que en ellas se procesarán un lote de material, siendo éste de 7.500 kg de uva de variedad tempranillo. Para abordar esto se debe calcular los tiempos que trabajarán los equipos, aunque algunos de estos tiempos son recogidos de bibliografía, de la misma que proporcionó las especificaciones de los balances de materia (Bodega “La Aurora”), tales como, el tiempo de recepcionamiento, los tiempos de operación de las fermentaciones y los tiempos de las operaciones de acondicionamiento, el resto están calculados y dichos cálculos realizados se encuentran en el apartado de diseño de los equipos.

Para plasmar el diagrama cronológico de la planta hay que tener en cuenta uno de los puntos claves de la planta, que son los tiempos de residencia de la uva o el mosto, en los diferentes equipos, de ellos dependerán su dimensionamiento.

- El tiempo de las operaciones para convertir la uva en mosto refrigerado es de 6 h.
- El tiempo de residencia del mosto en el fermentador es en total de 9 días, los dos primeros días efectúa la maceración prefermentativa y posterior la fermentación alcohólica. En los fermentadores se tendrá un control estricto de la temperatura y de la densidad.
- El tiempo del ciclo de prensado consta de varios parámetros temporales, como son el tiempo de llenado, durante el cual el mosto escurre una importante cantidad de vino de primera prensa, el tiempo de trabajo de prensado y el tiempo invertido en el vaciado y limpieza, siendo el sumatorio de todos ellos de un total de 3,7 horas.
- El tiempo de residencia del vino yema junto con el vino de primera prensa en los depósitos isotérmicos encargados de realizar la fermentación maloláctica es de 10 días.
- El tiempo del vino en los depósitos para acondicionarlo, primero para clarificarlo sería de 7 días y para estabilizarlo tartáricamente 6 días.
- También hay que tener en cuenta, el tiempo de vaciado de los depósitos y el tiempo de limpiado de los mismos. El tiempo de vaciado será calculado mediante el teorema de Torrecelli y el tiempo de limpiado será impuesto con bibliográfica. En la siguiente tabla se recoge los valores calculados de los tiempos de vaciado de los depósitos de las diferentes operaciones.

Tabla 14. Tiempos de vaciados de los distintos depósitos

	Tiempo de vaciado (h)
<b>Fermentador alcohólico</b>	1,35
<b>Fermentador maloláctico</b>	1,14
<b>Depósito de clarificación</b>	2,4
<b>Depósito de estabilización tartárica</b>	2,4

## Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo

Para que quede mejor reflejado los tiempos de funcionamiento a continuación se muestra un diagrama de Gantt, teniendo en cuenta que la planta opera en discontinuo, de manera que hay que acoplar temporalmente las etapas según las horas de trabajo al día de la planta. Hay que tener en cuenta que al día solo entra un lote de uva de 7.500 kg, pero en dicho diagrama se pondrá apreciar el trabajo en paralelo que se realiza en la planta. A continuación, se aprecia el diagrama de cuatro lotes que entran en cuatro días consecutivos, sabiendo que los demás lotes restantes hasta llegar a 20 operarían igual. Veinte es el número de lotes que entran a la bodega por campaña.

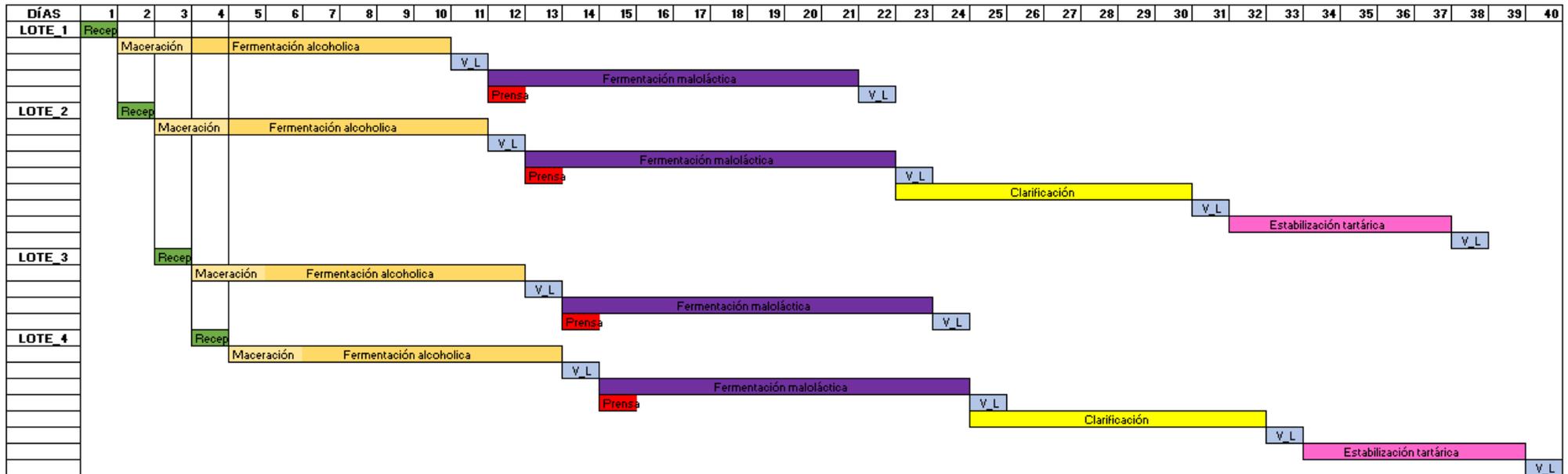


Figura 27. Diagrama de Gantt con las secuencias de actividades que operan cuatro lotes de uva

La planta está diseñada para producir como producto principal vino tinto joven y vino tinto crianza ambos en proporciones iguales, es decir, a partir de 150.000 kg de uva tinta transformarlo al 50% en ambos vinos, aunque durante el proceso también es producido el vino prensa que éste será vendido a granel a un menor precio al tener menor calidad que los mencionados. Dicha planta estará diseñada para producir en toda la campaña tantos litros como viene reflejado en la Tabla 8.



## 5.5 Balance de energía

El balance de energía de esta planta se basa en los intercambiadores de enfriamiento del mosto para realizar la maceración prefermentativa a una temperatura de 14°C y de la estabilización tartárica y el encamisado de los fermentadores que realizan el control estricto de temperatura, debido a que en los fermentadores ocurre una reacción exotérmica.

### 5.5.1 Intercambiadores de calor

Los dos intercambiadores de calor que hay en la planta, tanto el intercambiador encargado de enfriar el mosto y el encargado de realizar la estabilización tartárica, son de carcasa y tubo y, por tanto, se pueden resolver el balance de energía por medio de las mismas ecuaciones que se muestran a continuación.

$$Q = m_c \cdot Cp_c \cdot (T_{ec} - T_{sc}) \quad \text{Ecuación 5.1}$$

$$Q = m_f \cdot Cp_f \cdot (T_{sf} - T_{ef}) \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Donde:

- $Q$  es el calor intercambiado entre el fluido frío y el fluido caliente (kW).
- $m$  es el caudal másico alimentado al intercambiador (kg/s).
- $Cp$  es el calor específico del fluido (kJ/kg·K).
- $T_{ec}$  y  $T_{sc}$  son las temperaturas de entrada y salida del fluido caliente, respectivamente (°C).
- $T_{ef}$  y  $T_{sf}$  son las temperaturas de entrada y salida del fluido frío, respectivamente (°C).

La diferencia de ambos intercambiadores es el refrigerante a utilizar, para la refrigeración del mosto se utiliza agua y para la estabilización tartárica agua glicolada debido a las bajas temperaturas que se necesitan, es una mezcla de agua y glicol etilénico utilizada en este caso para evitar que se forme hielo en el intercambiador, ya que tiene un punto de congelación menor.

Por tanto, como resultado del balance de energía, el intercambiador de refrigeración del mosto se obtiene:

Tabla 15. Resolución balance de energía E-101

	Caudal másico (kg/min)	Condición de entrada $T_e$ (°C)	Condición de salida $T_s$ (°C)	Q (kW)
Agua refrigerante	22,1	10	18,5	13,12
Mosto	19,6	25	14	

La resolución de dicho balance se ha conseguido con las ecuaciones descritas y conociendo la condición de entrada y salida del mosto ya que estas vienen impuestas por el proceso, la condición de entrada de agua e imponiendo la temperatura de salida de agua siendo ésta de 18.5°C, tal y como viene reflejado en la Figura 28.

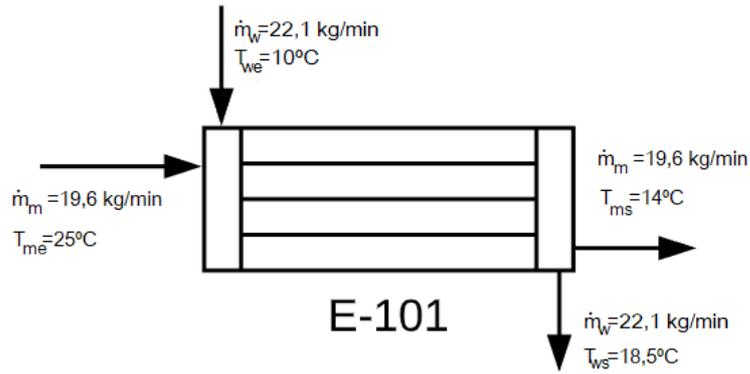


Figura 28. Intercambiador de calor E-101

De igual forma para el intercambiador previo a la estabilización tartárica, sabiendo que el refrigerante cambiaría a agua glicolada se obtiene la Tabla 16 y la Figura 29 que se muestran a continuación.

Tabla 16. Resolución balance de energía E-102

	Caudal másico (kg/min)	Condición de entrada $T_e$ (°C)	Condición de salida $T_s$ (°C)	Q (kW)
Refrigerante glicérol	90,36	-10	15	124,1
Vino	70,32	21	-5,5	

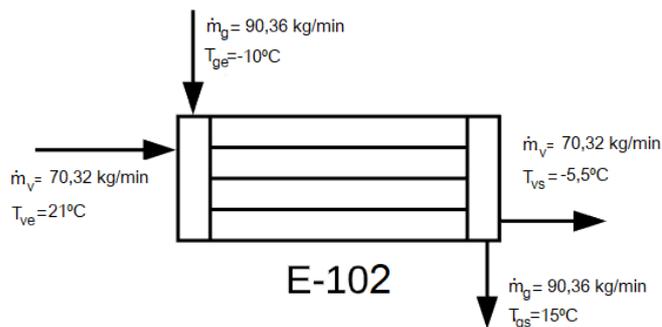


Figura 29. Intercambiador de calor E-102

### 5.5.2 Fermentador alcohólico

En este subapartado se estudiará la operación del fermentador alcohólico, es decir, se estudiará la evolución de temperatura y densidad, que son los parámetros fundamentales de dicho proceso, estos datos también son proporcionados por la bodega mencionada en el balance de materia, ya que solo se podrían obtener con la experiencia y además se realizará el balance de energía.

### 5.5.2.1 Control de temperatura y densidad

De forma introductoria a este subapartado, se explicará de forma breve el balance de materia ya reflejado en el apartado anterior y después se explicará el control de temperatura y densidad con datos experimentales.

En el fermentador se introduce la uva una vez despalillada, estrujada y sulfitada a una temperatura determinada, con un rango estipulado entre 14-20 °C. No se añaden sustancias auxiliares, como son las levaduras comerciales ya que en esta bodega se operará con las levaduras autóctonas de la propia uva. Por lo tanto, la única entrada que tiene el fermentador es el mosto y la salida que se producen son, el CO<sub>2</sub> formado que es expulsado a la atmósfera, los orujos fermentados y el producto que es el vino, tal y como se muestra en la siguiente figura.

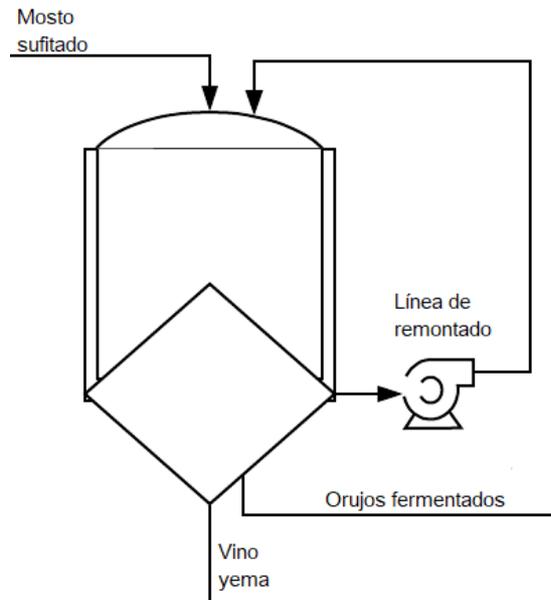


Figura 30. Corrientes de entrada y salida del fermentador alcohólico

En este equipo es de vital importancia un control estricto de la temperatura y densidad para definir el procedimiento de la elaboración del vino, a continuación, en la siguiente tabla se encuentran los datos experimentales de una fermentación de la bodega mencionada anteriormente, donde transcurre los 7 días necesarios para finalizar la fermentación alcohólica, en dicho experimento se realizan dos medidas al día, una por la mañana (M) y otra por la tarde (T).

Dejando a un lado los dos días previos a la fermentación, donde se produciría la maceración prefermentativa a una temperatura constante de 14 °C, donde el mosto se mantiene en reposo sin realizar ninguna operación.

Tabla 17. Transcurso de la fermentación alcohólica

Días	Temperatura (°C)	Densidad (kg/l)	Tiempo de volteo (min)
1	16,5	1100	-
2 - M	19,0	1097	10
2 - T	20,9	1095	10
3 - M	21,5	1093	10
3 - T	22,4	1086	10
4 - M	21,7	1075	V. T.
4 - T	24,1	1063	60
5 - M	26,6	1040	V. T.
5 - T	27,7	1030	30
6 - M	25,2	1015	30
6 - T	27,3	1010	10
7 - M	21,7	1005	10

Durante los 7 días de fermentación a medida que va cambiando la densidad, se efectúa una operación ya mencionada, el remontado para favorecer la extracción de las sustancias de los hollejos y sobre todo para propiciar su difusión por toda la masa de líquido, para evitar la oxidación del sombrero formado, homogenizar toda la masa y de esta forma también airear la masa propiciando un desarrollo mayor de las levaduras, es decir, una mayor actividad fermentativa. Estos remontados se realizan con ayuda de una bomba centrífuga, se extrae el vino por la parte inferior del fermentador y se vuelve a introducir por la parte superior. La duración de dichos remontados se encuentra en la última columna de la Tabla 17.

Además, las iniciales V.T significa vaciado total, donde se extrae todo el líquido a un depósito auxiliar para después volverlo a introducir al fermentador, con el vaciado total se consigue oxigenar el mosto.

En la Figura 31 se muestra una gráfica de la evolución de la temperatura y la densidad, donde se puede observar que a medida que transcurre los días la densidad va disminuyendo hasta que se mantiene constante en un valor de 1005 kg/L, lo que indica el fin de la fermentación, Sobre la temperatura, sabiendo que es un factor fundamental para la vida de las levaduras, se observa que conforme va transcurriendo la fermentación ésta va aumentando debido a que las levaduras están realizando su correcto trabajo de convertir los azúcares en etanol, ya que la cantidad de azúcar que pueden transformar las levaduras o el grado alcohólico que pueden alcanzar depende de la temperatura. Y al igual que ocurre con el parámetro de la densidad cuando la fermentación finaliza la temperatura sufre un gran salto de temperatura.

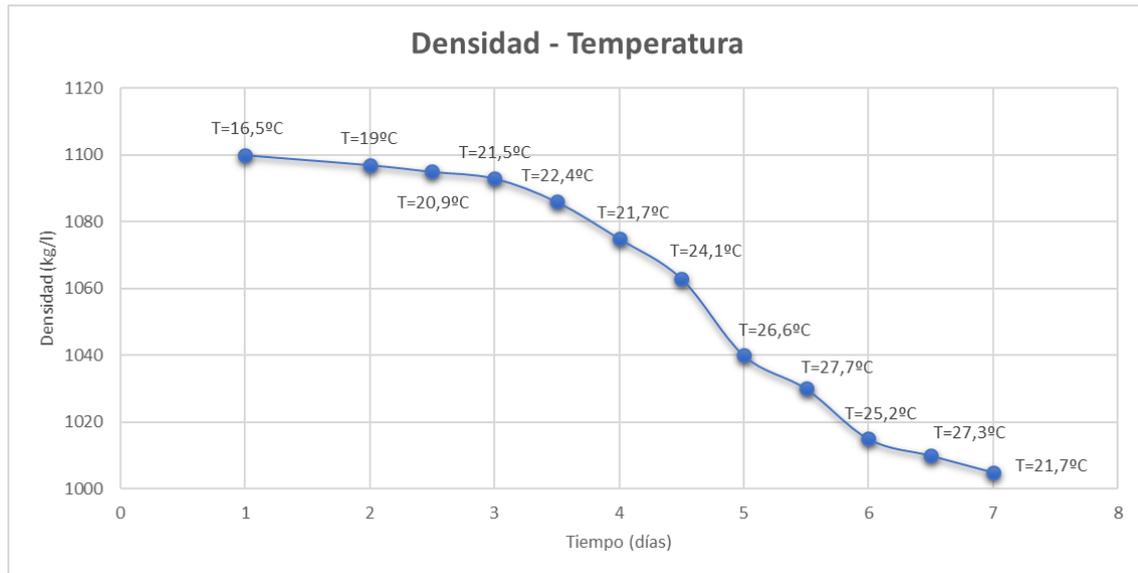


Figura 31. Evolución de la temperatura y densidad en el fermentador

### 5.5.2.2 Balance de energía

El balance de energía del fermentador se realiza con bibliografía y además se va a suponer que la temperatura permanece constante, siendo esta la temperatura óptima de los vinos tintos, con un valor de 25°C. Primero hay que tener en cuenta que la refrigeración de los depósitos se realiza absorbiendo el calor producido por la fermentación de los azúcares, mediante la circulación de agua fría por camisas de refrigeración, este calor descrito se calcula con la Ecuación 5.3.

$$Q_f = \frac{V_m A c_f}{T} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

Donde:

- $Q_f$  calor absorbido por la camisa de refrigeración, en kcal/h.
- $V_m$  es el volumen del mosto encubado en el fermentador, en litros.
- $c_f$  es el calor de fermentación, siendo este de 140 kcal/kg<sub>azúcar</sub>.
- $T$  duración de la fermentación, en horas.
- $A$  concentración media de azúcares, medida en kg<sub>azúcar</sub>/l.

Para determinar la riqueza de azúcares, es decir el parámetro  $A$ , se utiliza el grado de Baumé (°Bé), coincide de manera aproximada con la gradación alcohólica probable del mosto.

La riqueza probable en alcohol de un mosto se calcula en función del rendimiento de las levaduras de fermentación, que oscila entre 16 y 17 grados por litro de azúcares por cada grado alcohólico formado. Según la normativa europea, se utiliza el valor de 16,83 gramos por litro de azúcar por cada grado de alcohol [33]. Por tanto, la concentración media de azúcares sería de 218,79 g<sub>azúcar</sub>/l.

Obteniendo todos los parámetros, se puede obtener:

$Q_f$ (kcal/h)	1179,8
----------------	--------

Durante la fermentación alcohólica se produce un importante desprendimiento de anhídrido carbónico, así como también de vapores de agua y alcohol especialmente durante las operaciones de remontado. Por tanto, el calor de los gases o vapores desprendidos contribuyen a refrigerar la masa de mosto en la fermentación. El calor total de los gases desprendidos es el sumatorio de todos los calores, medidos en kcal/h.

$$Q_g = Q_{CO_2} + Q_w + Q_{alcohol} \quad \text{Ecuación 5.4}$$

- Absorción de calor por desprendimiento de CO<sub>2</sub>, en kcal/h.

$$Q_{CO_2} = \frac{V_m A t_f}{9,0 T} \quad \text{Ecuación 5.5}$$

Siendo  $t_f$  la temperatura de fermentación, en °C.

- Absorción de calor por evaporación de agua, en kcal/h.

$$Q_w = \frac{V_m A P_v (580 + 0,43 t_f)}{3.695 T} \quad \text{Ecuación 5.6}$$

Siendo  $P_v$  la presión de vapor de saturación del agua sobre el vino, sabiendo que:

Tabla 18. Valores de presión de vapor del agua sobre el vino a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Presión de vapor (mmHg)
25	41,13
18	12,27

- Absorción de calor por evaporación de alcohol, en kcal/h.

$$Q_{alcohol} = \frac{V_m A P'_v (225 + 0,45 t_f)}{1.453 T} \quad \text{Ecuación 5.7}$$

Siendo  $P'_v$  la presión de vapor de saturación del alcohol sobre el vino, sabiendo que:

Tabla 19. Valores de presión de vapor del alcohol sobre el vino a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Presión de vapor (mmHg)
25	1,92
18	0,62

El resultado de todos los calores calculados se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 20. Resultado de calor absorbido por desprendimiento de gases o vapores

Q <sub>CO2</sub> (kcal/h)	Q <sub>w</sub> (kcal/h)	Q <sub>alcohol</sub> (kcal/h)	Q <sub>g</sub> (kcal/h)
23,4	55,4	2,6	81,5

Otro parámetro a determinar del balance del fermentador es la cantidad de agua a circular por el camisado para que se produzca una fermentación a una temperatura óptima, siendo ésta de 25°C.

$$Q = m_w \cdot Cp_w \cdot (T_{sw} - T_{ew}) \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Donde:

- $Q$  calor intercambiado entre el refrigerante circulando por la camisa y el mosto, en kW.
- $m_w$  es el caudal másico del refrigerante, siendo agua. Medido en kg/s.
- $Cp_w$  es el calor específico del refrigerante (kJ/kg·K).
- $T_{sw}$  y  $T_{ew}$  son las temperaturas de entrada y salida del agua, respectivamente (°C).

Sabiendo que por la camisa circula normalmente el agua a unos 7°C calentándose hasta 12 °C. Se toman estos valores por ser el rango usual con el que se trabaja en una bodega [33]. Se obtiene:

$m_w$ (kg/h)	237,6
--------------	-------

Para terminar con el balance del fermentador, hay que calcular las pérdidas de calor en las paredes del depósito,  $Q_d$ (kcal/d), sabiendo que cuando la temperatura ambiente es superior a la de fermentación, se produce una absorción de calor hacia el interior del depósito, precisándose un aporte suplementario de frío para compensarla. Por lo contrario, cuando la temperatura ambiente es inferior a la de fermentación, la absorción de calor se hace en sentido inverso, contribuyendo en este caso a su refrigeración. Dicho calor se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q_d = K (S_d - S_c) (t_a - t_f) \quad \text{Ecuación 5.9}$$

Donde:

- $K$  es el coeficiente de transmisión de calor de las paredes del depósito, en kcal/(°C·h·m<sup>2</sup>).
- $S_d$  es la superficie total del depósito, en m<sup>2</sup>.
- $S_c$  es la superficie de la camisa de refrigeración, en m<sup>2</sup>.
- $t_a$  es la temperatura del ambiente, en °C.
- $t_f$  es la temperatura de fermentación, en °C.

El coeficiente de transmisión de calor de las paredes del depósito ( $K$ ) se evalúa con la siguiente expresión:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_i}} \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Siendo:

- $L_i$  es el espesor del material, en m.  $h_e$  es el coeficiente superficial exterior de transmisión de calor, en kcal/(°C·h·m<sup>2</sup>).
- $h_i$  es el coeficiente superficial interno de transmisión de calor, teniendo éste un valor entre 200-400 kcal/(°C·h·m<sup>2</sup>).
- $\lambda_i$  es el coeficiente de conductividad térmica, en kcal/(°C·h·m).

El valor del coeficiente superficial externo ( $h_e$ ) se calcula en función de la velocidad del aire.

Tabla 21. Valores del coeficiente superficial externo en función de la velocidad del aire

Velocidad del aire (m/s)	$h_e$ (kcal/(°C·h·m <sup>2</sup> ))
0,0	5,5
1,5	10,0
5,0	41,0

En la práctica el coeficiente de transmisión se calcula en función del calor de  $h_e$  aplicando la siguiente tabla:

Tabla 22. Valores del coeficiente de transmisión en función del coeficiente superficial externo

Material	Espesor (m)	$\lambda$ (kcal/(°C·h·m))	K (kcal/(°C·h·m <sup>2</sup> ))		
			$h_e=5,5$	$h_e=10,0$	$h_e=41,0$
Madera	0,05	0,1	1,46	1,65	1,89
Hormigón	0,10	0,3	0,7	0,74	0,78
Acero	0,03	45,0	5,40	9,50	35,4
Acero inoxidable	0,03	43,0	5,34	9,32	32,0

Considerando la ausencia de corrientes de aire en el recinto, ya que se encuentra cerrado. Se obtiene un coeficiente de transmisión de 5,34 kcal/(°C·h·m<sup>2</sup>).

Por tanto, obteniendo todos los parámetros de la Ecuación 5.9, donde las áreas del depósito y el encamisado están calculadas en el diseño de los equipos, es decir, en el apartado siguiente. Se obtiene entonces:

$Q_d$ (kcal/h)	326,8
----------------	-------

Al igual que se ha calculado las pérdidas de calor por las paredes del depósito ( $Q_d$ ), a continuación, se va a calcular las pérdidas de calor por las paredes de la camisa, ya que la camisa se encarga de absorber el calor producido por la fermentación y también de compensar las pérdidas de frío en la zona de la camisa con el ambiente, ya que está no está aislada.

$$Q_c = K S_c (t_a - t_h) \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Siendo  $t_h$  la temperatura media del agua (°C), conociendo la temperatura de entra y salida.

$Q_c$ (kcal/h)	299,4
----------------	-------

A modo resumen en la Tabla 23 vienen expuestos todos los calores intervenidos en el conjunto de fermentador y camisado en unidades del sistema internacional, ya que hasta ahora han sido calculados en kcal/h por estar estipulados con esas unidades en las fórmulas dadas. Además, a modo explicativo se refleja dichos calores en la siguiente figura.

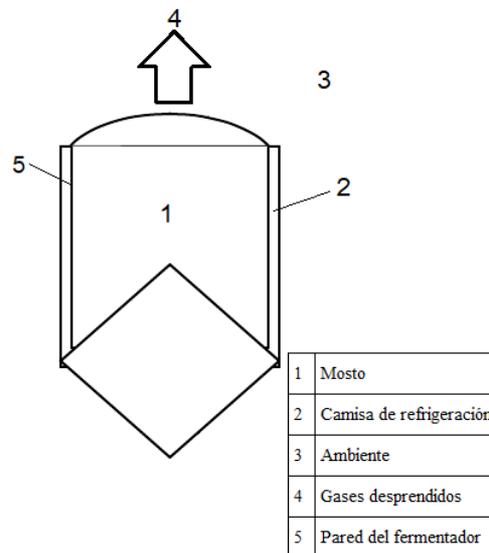


Figura 32. Calores intervenidos en el proceso de fermentación

Tabla 23. Resolución del balance de energía del fermentador

	kcal/h	kW
$Q_f(1-2)$	1179,8	1,372
$Q_g(1-4)$	81,5	0,095
$Q_d(5-3)$	326,8	0,380
$Q_c(2-3)$	299,4	0,348

## 5.6 Diseño de los equipos

Partiendo de los resultados obtenidos en los balances de materia y de energía se procederá a realizar el diseño de los equipos de la planta.

### 5.6.1 Diseño de los equipos del grupo de recepción

El grupo de recepción lo forman los equipos que se encargan de recibir la uva y acondicionarla para obtener el mosto. Dichos equipos trabajan de 6 horas al día para procesar los 7.500 kg/día., obteniéndose un caudal de uva de 1.250 kg/h en este bloque de la planta.

#### 5.6.1.1 Tolva de recepción

Para llevar a cabo su diseño será necesario determinar algunos parámetros mostrados en la siguiente imagen.

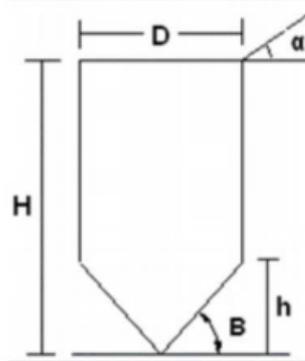


Figura 33. Parámetros a determinar para el diseño de una tolva.

Siendo:

- D el diámetro de entrada de la uva que, al tratarse de una tolva cuadrada, será la medida del lado.
- $\alpha$  el ángulo con el que se introduce la uva desde el remolque. Se considera de  $30^\circ$ , ángulo que proporciona gran estabilidad al remolque, y la uva cae uniformemente a la tolva [34].
- $\beta$  el ángulo de reposo de la tolva. Para calcularlo se aproxima mediante la ecuación siguiente:

$$\beta = \alpha + 15 \quad \text{Ecuación 5.12}$$

En este caso, es de  $45^\circ$ .

- H es la altura total de la tolva.
- h es la altura de la zona inclinada de la tolva.

El material empleado es acero inoxidable, esto se debe a que se está operando con productos alimenticios y por seguridad para no contaminar la muestra es de obligado cumplimiento el uso de este material.

Para diseñar la tolva, se comienza calculando el volumen total necesario para almacenar la uva mediante la Ecuación 5.13.

$$T = V \cdot \rho_c \quad \text{Ecuación 5.13}$$

Siendo:

- T es la capacidad de la tolva en toneladas.

- $V$  es el volumen de la tolva en  $m^3$ .
- $\rho_c$  es la densidad corregida del material empleado en  $t/m^3$ , calculada mediante la Ecuación 5.14

$$\rho_c = \rho_m \cdot (1 - \varepsilon) \quad \text{Ecuación 5.14}$$

- $\rho_m$  es el peso específico del material, en este caso para la uva  $1,02 t/m^3$ .
- $\varepsilon$  es la porosidad del sólido a almacenar, al tratarse de una tolva para gruesos se considera del 40%, es decir, 0,4.

Por otro lado, para calcular la geometría de la tolva se usa:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} \quad \text{Ecuación 5.15}$$

$$\tan(\beta) = \frac{2 \cdot h}{D} \quad \text{Ecuación 5.16}$$

La tolva será diseñada con una capacidad de 7.500 kg, ya que esta es la cantidad diaria de uva al día, aunque se sobredimensiona con un 10% por motivos de seguridad e incluso para dar cabida en ella una mayor cantidad de materia prima si fuese necesario. Por tanto, la capacidad de la tolva será de 8,3 t, sobredimensionado ya que la cantidad diaria de uva es menor. Conociendo la capacidad y la densidad corregida, se calcula el volumen total de la tolva con la Ecuación 5.13. Se estima la altura de la tolva de unos 3,5 m, de esta forma, mediante la Ecuación 5.15 y Ecuación 5.16, se podrán obtener las dimensiones de la misma, recogidas en la Tabla 24.

Tabla 24. Características de la tolva de recepción.

Capacidad (t)	Volumen ( $m^3$ )	$\beta$	$\alpha$	D (m)	H (m)	h (m)
8,3	13,56	45	30	2,22	3,5	1,11

### 5.6.1.2 Tornillo sin fin

El tornillo sin fin de la planta seleccionado es de tipo de hélice, este tipo es el más habitual para el transporte de sólidos, en este caso se va a utilizar la hélice continua, de paso igual al diámetro.



Figura 34. Hélice de un tornillo sin fin

Lo primero que hay que determinar para el diseño del tornillo sin fin es el tipo de clase del material transportado y el diámetro del tornillo.

En este caso la uva se supone como un material de clase IV, el cual comprende un peso específico entre  $0,8 - 1,6 t/m^3$ . El diámetro del tornillo seleccionado es de 500 mm, siendo la velocidad de giro ( $n$ ) de 50 r.p.m, dicha velocidad se obtiene de la Figura 40 del Anexo 3.

El diseño del tornillo sin fin se basa en determinar algunos parámetros, tales como, el área de relleno, la velocidad de desplazamiento, las dimensiones geométricas de éste ( $H$ ,  $D$  y  $L$ ) y la potencia de accionamiento, tras haber hallado la capacidad de transporte, parámetro extraído del balance de materia. Dicho valor es el caudal de uva en la zona de recepción,  $1.250 \text{ kg/h}$ .

El área de relleno ( $S$ ) del canalón que ocupa el material que mueve el transportador, se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$S = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad \text{Ecuación 5.17}$$

Siendo:

- $S$  es el área de relleno del transportador en  $m^2$ .
- $D$  es el diámetro del canalón del transportador en m.
- $\lambda$  es el coeficiente de relleno de la sección.

El coeficiente de relleno ( $\lambda$ ) deberá ser menor que la unidad con objeto de evitar que se produzca amontonamiento del material que dificultaría su correcto flujo a lo largo del canalón. En la siguiente tabla se indican los valores del coeficiente de relleno en función del tipo de carga que transporta el tornillo:

Tabla 25. Coeficiente de relleno en función del tipo de carga

Tipo de carga	Coeficiente de relleno, $\lambda$
Pesada y abrasiva	0.125
Pesada y poco abrasiva	0.25
Ligera y poco abrasiva	0.32
Ligera y no abrasiva	0.4

La velocidad de desplazamiento ( $v$ ) del transportador es la velocidad con la que desplaza el material en la dirección longitudinal del eje del tornillo. Depende tanto del paso del tornillo como de su velocidad de giro. La expresión que permite conocer la velocidad de desplazamiento en un transportador de tornillo es la siguiente:

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \quad \text{Ecuación 5.18}$$

Siendo:

- $v$  es la velocidad de desplazamiento del transportador en m/s.
- $p$  es el paso del tornillo o paso de hélice en m.
- $n$  es la velocidad de giro del eje del tornillo, en r.p.m.

A su vez, la capacidad de transporte depende de varios parámetros de diseño, como se puede reflejar en la Ecuación 5.19.

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho \cdot i \quad \text{Ecuación 5.19}$$

Donde:

- $Q$  es el flujo de material transportado, en t/h.
- $S$  es el área de relleno del transportado, en  $m^2$ .
- $v$  es la velocidad de desplazamiento del transportador, en m/s.
- $\rho$  es la densidad del material transportado, en  $t/m^3$ .
- $i$  es el coeficiente de disminución del flujo de material debido a la inclinación del transportador. En la Tabla 26 se muestran los valores de dicho coeficiente que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación.

Tabla 26. Valores del coeficiente de disminución del flujo

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
<i>i</i>	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Por ultimo, el cálculo de la potencia de accionamiento (P) del tornillo sin fin se compone de la suma de tres componentes principales, según se refleja en la siguiente ecuación:

$$P = P_N + P_H + P_i \quad \text{Ecuación 5.20}$$

Donde:

- $P_N$  es la potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío.
- $P_H$  es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material.
- $P_i$  es la potencia necesaria para el caso de un tornillo sin fin inclinado.

A continuación, se conocen las diferentes potencias que componen la potencia de accionamiento (P).

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío se puede calcular con bastante aproximación mediante la siguiente expresión:

$$P_N = \frac{D \cdot L}{20} \quad \text{Ecuación 5.21}$$

Donde:

- D es el diámetro de la sección del canalón de la carcasa del transportador, en m.
- L es la longitud del transportador, en m.

Normalmente, el valor nominal de esta potencia es muy pequeña en comparación con la potencia necesaria para el desplazamiento del material ( $P_H$ ), descrita a continuación.

La potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal del material se calcula:

$$P_H = c_o \frac{Q \cdot L}{367} \quad \text{Ecuación 5.22}$$

Donde:

- Q es el flujo de material transportado, en t/h.
- $c_o$  es el coeficiente de resistencia del material transportado. Para conocer el valor de este coeficiente, se emplea la Tabla 27 obtenida empíricamente a partir de ensayos con materiales de distinta naturaleza.

Tabla 27. Valores del coeficiente de resistencia

Tipo de material	Valos de $c_o$
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Y, por último, la potencia necesaria para el caso de un tornillo sin fin inclinado. Como su propio nombre indica, este componente se aplica en el caso que se use un transportador inclinado, donde exista una diferencia de cota (H) entre la posición de la boca de entrada del material y la boca de salida o de descarga. Dicha potencia viene expresada con la siguiente ecuación.

$$P_i = \frac{Q \cdot H}{367} \quad \text{Ecuación 5.23}$$

Donde:

- H es la altura de la instalación, en m.

Por tanto, calculando la velocidad de desplazamiento (Ecuación 5.18), conociendo la capacidad de transporte e imponiendo el resto de parámetros de la Ecuación 5.19 se halla de esta misma ecuación el área de relleno y a su vez al calcular el área de relleno con la Ecuación 5.17 se determina el diámetro del canalón del transportador. Imponiendo el resto de características geométricas (L y H), se pondrá a calcular el resto de parámetros necesarios para definir el diseño del tornillo

De este modo se obtiene:

Tabla 28. Características del tornillo sin fin

D (mm)	L(m)	H(m)	S (cm <sup>2</sup> )	v (m/s)	Q (t/h)	P <sub>N</sub> (W)	P <sub>H</sub> (W)	P <sub>i</sub> (W)	P (W)
77,1	4	1	11,66	0,417	1,25	15,42	54,50	3,41	73,33

### 5.6.1.3 Despalilladora-estrujadora

La cantidad de uva a procesar por la despalilladora-estrujadora en esta planta será como máximo de 7.500 kg de uva al día, sabiendo el tiempo de operación de los equipos de recepción al día de 6 horas, se obtendría el caudal máximo, que sería de 1.250 kg/h, para conocer las necesidades de esta maquinaria se incrementa un 10% por motivos de seguridad.

Tabla 29. Cantidad de uva a procesar aplicando el coeficiente de seguridad

Cantidad de uva a procesar (kg/h)	
<b>Despalilladora</b>	1.375
<b>Estrujadora</b>	1.663,75

Modelo Delta E2 de Bucher Vaslin. Este modelo de despalilladora-estrujadora, la uva es tratada con cuidado ya que es tratada de forma progresiva y sin choque gracias a la velocidad idónea del despalillado, la higiene de esta máquina se realiza con enjuagues que se efectúan por tubos rotativos colocados en la parte superior del tambor, tiene multitud de características positivas. Hablando técnicamente y de características, la despalilladora está formada por hoyos con diámetros que varían entre 22-25 mm. Estos orificios tienen los bordes redondeados para conservar la integridad de los granos de uva y así evitar la liberación de sustancias herbáceas. La estrujadora está articulada a un eje vertical, la distancia de los rodillos es ajustable, están fabricados con un material polimérico de alta resistencia. Todas las características técnicas necesarias se recogen en el Anexo 4 [35].

#### 5.6.1.4 Cintas transportadoras

Para el diseño de la cinta encargada de expulsar los raspones fuera de la planta, se utiliza las siguientes ecuaciones que se muestran a continuación. Dicha cinta tiene que transportar los raspones fuera de la planta, sabiendo que los raspones lo forman el 6% de la uva total recibida. Por tanto, de los 7500 kg de uva por lote, se obtiene 450 kg de raspones, que con 6h de operación se obtiene un caudal de 75 kg/h.

$$Q = Q_m \cdot v \cdot K \quad \text{Ecuación 5.24}$$

$$Q = \frac{m}{\rho_B} \quad \text{Ecuación 5.25}$$

Donde:

- Q es el caudal volumétrico en m<sup>3</sup>/h.
- Q<sub>m</sub> es un factor a definir y a partir del cual se obtienen datos estandarizados en una tabla en (m<sup>3</sup>/h)/(m/s).
- v es la velocidad nominal de la cinta, se calcula por medio de la iteración, en un primer momento se supone de 1 m/s.
- K es una constante que depende del ángulo de inclinación de la cinta (δ). Se obtiene según la Figura 41 del Anexo 3 que relaciona el ángulo de inclinación de la cinta obtenido segundo la Ecuación 5.26 y dicha constante.

$$\delta = \arctg\left(\frac{h}{l}\right) \quad \text{Ecuación 5.26}$$

Siendo h la altura que tiene que superar la cinta y l la distancia que recorre, ambas en m.

- m es el caudal másico expresado en t/h.
- ρ<sub>B</sub> es la densidad aparente del material empleado en t/m<sup>3</sup>.

Para comprobar que el valor de v supuesto se deberá acudir a la Figura 42 del Anexo 3 que relaciona el factor Q<sub>m</sub> con v (para velocidades de 1 m/s). Se escoge así el tipo de cinta a implantar y se calcula nuevamente dicha velocidad con el Q<sub>m</sub> de diseño.

Para calcular la potencia de la cinta se acude a la Ecuación 5.27.

$$W = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \cdot (1 + \beta) \cdot (1 + K_1) \quad \text{Ecuación 5.27}$$

Donde:

- W<sub>1</sub> es la potencia neta en CV necesaria para el movimiento de la banda en vacío horizontal para cada 30 m/min de velocidad, por tanto, como se tiene una velocidad distinta, el valor W<sub>1</sub> que habrá que utilizar en la fórmula del cálculo de la potencia es el siguiente.

$$W_1 = W_{1,tubulado} \cdot \left(\frac{v}{0,5}\right) \quad \text{Ecuación 5.28}$$

Dicho valor de W<sub>1</sub> tabulado se obtiene de la Figura 43 del Anexo 3 que relaciona el ancho de banda en mm con la distancia entre centros de tambores o poleas extremas en m.

- W<sub>2</sub> es la potencia neta en CV necesaria para el transporte horizontal de la carga. Este valor depende el caudal de alimentación en t/h y de la distancia entre centros de tambores o poleas extremas en m y se representa en la Figura 44 del Anexo 3.

- $W_3$  es la potencia en CV necesaria para la elevación del material. Este valor se calcula con la Figura 45 del Anexo 3 y depende del caudal másico de alimentación en t/h y de la elevación en m.
- $W_4$  es la potencia en CV a añadir por cada tripper de descarga. Se obtiene mediante la Figura 46 del Anexo 3 y relaciona el ancho de banda en mm y la potencia en CV.
- $\beta$  es el factor de tensión en las poleas finales y del tensor, cuyo valor depende del tipo de accionamiento, del tipo de tensor y de los cojinetes finales usados. Se calcula usando la Figura 47 del Anexo 3.
- $K_1$  es un coeficiente cuyo valor depende del arco de contacto en grados y del tipo de tensor, ya sea de tornillo o de contrapeso. Se obtiene mediante la Figura 48 del Anexo 3.

Teniendo como dato la distancia entre centros de tambores de menos de 15 metros y además se selecciona para la cinta un accionamiento simple, con poleas desnudas, tensor vertical automático y cojinetes finales de bola dichos datos para el factor de tensión y para el último parámetro, es decir, coeficiente  $K_1$ , teniendo como dato un arco de contacto de  $210^\circ$ .

La cinta queda definida de la siguiente manera:

Tabla 30. Características de la cinta transportadora para raspones

Q (m <sup>3</sup> /h)	L(m)	H(m)	Q <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /h)/(m/s)	Tipo	Ancho de banda (mm)	v (m/s)
4,49	5	1,5	12	Banda planta	300	0,440

La cinta se ha seleccionado de banda plana porque además de cumplir con los requisitos necesarios resulta más económica.

Tabla 31. Potencia de la cinta transportadora para raspones

W <sub>1</sub> (CV)	W <sub>2</sub> (CV)	W <sub>3</sub> (CV)	W <sub>4</sub> (CV)	$\beta$	K <sub>1</sub>	W (CV)	W (kW)
0,264	0,1	0,05	0,4	0,110	0,4	1,265	0,93

A continuación, se muestra el diseño de la cinta transportadora para los orujos, que aunque no se encuentra en el grupo de equipos de recepción, se calcula de la misma forma.

Para el diseño se necesita el caudal volumétrico a transportar, del balance de materia se obtiene la masa de orujo, pero no se conoce el tiempo de evacuación de orujos, este tiempo condiciona el ciclo de prensado, es importante dimensionar correctamente el rendimiento de extracción de los mismos, pues de alargarse este tiempo, aumentaría en consecuencia el ciclo de prensado, distorsionando gravemente el programa de prensado [14]. En consecuencia, el cálculo del sistema de evacuación de orujos prensados se realiza de la siguiente forma:

$$Q_{ev} = \frac{D}{T_v} \cdot \frac{R}{100} \quad \text{Ecuación 5.29}$$

Donde:

- $Q_{ev}$  es el caudal de evacuación de orujos, en kg/h.
- $D$  es la cantidad de vendimia encubada, bajo la hipótesis de utilizar una prensa para recibir la vendimia descubada de un depósito, en kg/depósito.
- $T_v$  es la duración de la fase de vaciado de una prensa, en horas.  $T_v=0,5$  h.
- $R$  es el porcentaje de orujo, es decir, rendimiento de orujo entre vendimia despallada, en %.

Tabla 32. Características de la cinta transportadora para orujos

Q (m <sup>3</sup> /h)	L(m)	H(m)	Q <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /h)/(m/s)	Tipo	Ancho de banda (mm)	v (m/s)
8,027	6	2	12	Banda planta	300	0,787

Tabla 33. Potencia de la cinta transportadora para orujos

W <sub>1</sub> (CV)	W <sub>2</sub> (CV)	W <sub>3</sub> (CV)	W <sub>4</sub> (CV)	$\beta$	K <sub>1</sub>	W (CV)	W (kW)
0,472	0,1	0,05	0,4	0,110	0,4	1,588	1,167

### 5.6.1.5 Dosificador de SO<sub>2</sub>

Para calcular la cantidad de sulfito necesario para añadir al mosto antes de introducirlo al fermentador, teniendo en cuenta que dicho mosto proviene de uvas de una vendimia sana, una madurez y una acidez adecuada, ya que las uvas han pasado por un control para que cumplan dichos requisitos, por ello, a dicho mosto la cantidad necesaria sería de 5 g/hl de mosto, cogido dicho valor de la Tabla 1.

Posteriormente, durante el periodo de almacenamiento y la fase de embotellado también se le añade una dosis recomendada como viene estipulada en Tabla 2 y Tabla 3.

Teniendo las cantidades de mosto a fermentar, de vino a almacenar y embotellar del balance de materia, se podrá obtener la cantidad total de sulfito necesario por campaña como viene reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 34. Cantidad total de SO<sub>2</sub> en la campaña

	Dosis de SO <sub>2</sub>	Cantidad de sulfito (g/campaña)
<b>Prefermentativa</b>	5 g/hl	6.410
<b>Almacenamiento</b>	20 – 30 mg/l	1.241
<b>Fase embotellado</b>	20 – 30 mg/l	2.459
<b>Total</b>		10.109

A modo resumen, en toda la campaña se utiliza un máximo de 10,109 kg de SO<sub>2</sub> por campaña.

Hasta ahora se ha calculado la cantidad de sulfito para toda la campaña, pero como se dijo en apartados anteriores, la instalación de sulfitado viene con una serie de elementos y estos tienen que ser diseñados para suministrar las cantidades necesarias en cada punto de la planta.

La instalación de sulfito está implantada de la siguiente forma, del depósito donde se almacena toda la cantidad de sulfito necesario para abastecer en todos los puntos de la planta, es decir, en la planta además de tener el depósito principal se necesita tres sulfitómetros, ya que son tres puntos en la planta donde se necesita la solución acuosa de sulfito. La instalación además tiene una bomba dosificadora y varios inyectores.

La instalación se compra por catálogo, pero es necesario determinar la capacidad del depósito principal, de los tres sulfatómetros y el caudal de la bomba dosificadora, para elegir una buena instalación, y dichos parámetros se calculan a continuación teniendo en cuenta:

- Caudal de la bomba de vendimia: 1.175 kg/h.
- Densidad de la vendimia: 1,1 kg/l.
- Dosis máxima de sulfito: 5 g/hl.
- Riqueza de la solución de gas sulfito en agua: 50 g/l.
- Cantidad total máxima de SO<sub>2</sub>: 10,109 kg/campaña.

Los resultados se encuentra recogidos en la Tabla 35.

Tabla 35. Parámetros de diseño para la instalación de sulfitado

	Parámetro de diseño	Valor
<b>Depósitos principal</b>	Volumen (l)	202,2
<b>Sulfatómetro prefermentativo</b>	Volumen (l)	128,2
<b>Sulfatómetro almacenamiento</b>	Volumen (l)	24,8
<b>Sulfatómetro embotellado</b>	Volumen (l)	49,2
<b>Bomba dosificadora</b>	Caudal (l/h)	1,6

Obteniendo los resultados y acordes a ellos, se adquiere un dosificador de agua sulfitada modelo “Sulfatómetro automático MPB 25/250 l/h” de la casa commercial Maquinaria para Bodegas, S.L. (MPB). Se consigue una homogenización total del SO<sub>2</sub>, ya que la adición es controlada sobre las canalizaciones por donde circula la vendimia. Cuenta con un conjunto compuesto por una bomba dosificadora volumétrica, construida totalmente en acero inoxidable, calidad molibdeno titanio. Incluye doble membrana, rendimiendo regulable en marcha, filtro de protección de impurezas posibles contenidas en la solución, cuadalímetro que permite el control del rendimiendo real de inyección, absorbiendo las pérdidas de carga acosaciones por la altura monométrica y la presión en el interior de la tubería de vendimia, depósito para la preparación de la solución sulfurosa y otro para la distribución por toda la planta [36].

## 5.6.2 Fermentadores alcohólicos

La fermentación se realiza en depósitos autovaciantes de acero inoxidable con camisas periféricas, para el cálculo del número de depósitos y volumen se debe tener en cuenta unas pautas:

- En cuanto al volumen de los depósitos de fermentación hay que tener en cuenta al aumento del volumen debido a la formación del CO<sub>2</sub>, hay que mantener un 20% de espacio libre.
- La fermentación alcohólica tiene una duración de 7 días. Añadiendo 2 días más para la maceración prefermentativa.
- Se requiere de un tiempo para el encubado, es decir, el llenado del depósito y para el vaciado. Y también tiempo de limpieza.

Con ayuda de estas pautas se puede estimar el volumen ocupado por le mosto en la Tabla 36, el volumen unitario de los depósitos de fermentación es muy importante tenerlo en cuenta, pues tiene una importante influencia en el proceso de elaboración de los vinos tintos, especialmente en los aspectos relativos a los fenómenos de maceración, por lo que es conveniente que éstos sean del volumen lo mas pequeño posible, armonizando como

es lógico, por una parte la operatividad de la bodega y otra la inversión económica a realizar.

Tabla 36. Estimación del volumen unitario de los depósitos

Cantidad de uva diaria (kg)	Uva despalillada (kg)	Mosto (L)	Volumen a considerar (+20%) (L)
7.500	7.050	6.471	7.762

El volumen ocupado por el mosto redondeado será de 8.000 L, por lo tanto, el fermentador tendrá un volumen total de 8.000 L. Y con respecto a la cantidad de fermentadores, se conoce la duración que se encuentra el mosto en los depósitos que es un total de 9 días (2 días macerando y 7 días fermentando), pero se desconoce el tiempo de vaciado de éste, para ello se aplica el Teorema de Torriceli. Por tanto, a partir de ese teorema se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio. “La velocidad de un líquido en una vasija abierta, por un orificio, es la que tendría un cuerpo cualquiera, cayendo libremente en el vacío desde el nivel del líquido hasta el centro de gravedad del orificio”.

Este teorema o principio es una aplicación del principio de Bernoulli en los puntos (1) y (2) siendo estos puntos la superficie libre del líquido y el orificio de salida, respectivamente.

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} \quad \text{Ecuación 5.30}$$

Siendo:

- $h_1$  y  $h_2$  siendo las alturas en la superficie libre del líquido y en el orificio de salida del depósito, respectivamente, medidas en metros. Siendo el dos el punto de referencia, por lo tanto,  $h_2 \approx 0$ .
- $v_1$  es la velocidad del fluido en la superficie libre, suponiendo ésta despreciable comparada con la velocidad del fluido en el punto de salida,  $v_2$ . Ambas medidas en m/s.
- $P_1$  y  $P_2$  son las presiones en la superficie libre del fluido y en el orificio de salida del depósito, respectivamente, medida en Pa. Siendo estas presiones iguales ya que ambos puntos se encuentran en contacto con el aire.
- $g$  es la gravedad, por lo tanto, tiene el valor de  $9.8 \text{ m/s}^2$ .
- $\rho$  es la densidad del fluido, siendo este el mosto.  $\rho=1,1 \text{ kg/l}$ .

Dicha ecuación especificada con las suposiciones impuestas quedaría:

$$h_1 = \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 5.31}$$

Despejando a la velocidad.

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 5.32}$$

Teniendo en cuenta también, que la variación del volumen del depósito respecto al tiempo es igual a menos la velocidad por el área del orificio por donde sale el mosto o vino, siendo negativo debido a que el volumen del mosto va disminuyendo conforme se va vaciando. Cambiando la variación del volumen por la altura por área, quedaría de tal forma:

$$\frac{A dh}{dt} = -va \quad \text{Ecuación 5.33}$$

La última ecuación, es una derivada que estudia como va cambiando la altura conforme se va desocupando el depósito con respecto al tiempo. Siendo A el área del depósito y a el área del orificio de salida del depósito, ambas medidas en m<sup>2</sup>.

Introduciendo la Ecuación 5.32 en la Ecuación 5.33, queda:

$$\frac{A dh}{dt} = -a\sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 5.34}$$

Integrando la Ecuación 5.34 e imponiendo los límites tales como, en t<sub>1</sub> en el instante inicial (t<sub>1</sub>=0s) donde el tanque se encuentra lleno con una h<sub>1</sub> y en t<sub>2</sub> es el tiempo final en el que el depósito se encuentra vacío, por ello, h<sub>2</sub>=0 m.

Resolviendo la integral e imponiendo los límites que son cero queda tal expresión.

$$t = \frac{A}{a} \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{Ecuación 5.35}$$

El t es el tiempo total en vaciar el fermentador, este tiempo depende exclusivamente del área del depósito, el área del orificio de salida y la altura que alcanza el mosto cuando el tanque se encuentra lleno.

A modo resumen, se está calculando el tiempo de vaciado para conocer el número de fermentadores necesarios en la planta, ya que cada día de la vendimia se llena un fermentador, es decir, que al día 9 de llenarlo ya estaría listo para ser vaciado y ser llenado de nuevo, por ello, se necesita conocer tanto el tiempo de vaciado como el tiempo de limpiado, siendo este último buscado en bibliografía, para ver si esos tiempos son de gran magnitud.

Para el calcular el tiempo de vaciado de los fermentadores se necesita las dimensiones de éste, es decir, su diseño.

Para diseñar los depósitos de fermentación con la capacidad descrita (8000 L), al tratarse de un proceso discontinuo, el tamaño del tanque sólo depende de la capacidad, no hace falta ecuaciones de diseño referentes a la cinética y transferencia de materia. Por lo tanto, el tamaño del tanque podrá ser calculado sólo con referencias geométricas.

El tanque es de forma cilindro-cónica, formado por un cono en su parte inferior que sirve de ayuda para vaciarlo, un cilindro y una cabeza semielipsoidal. Por lo tanto, las diferentes partes del depósito tiene los siguientes volúmenes que se muestran en las siguientes ecuaciones.

$$V_{cono} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_1}{3} \quad \text{Ecuación 5.36}$$

$$V_{cilindro} = \pi \cdot r^2 \cdot h_2 \quad \text{Ecuación 5.37}$$

$$V_{cabeza} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h_3}{3} \quad \text{Ecuación 5.38}$$

Donde r es el radio (m) y las diferentes h son las alturas señaladas en la Figura 35 (m).

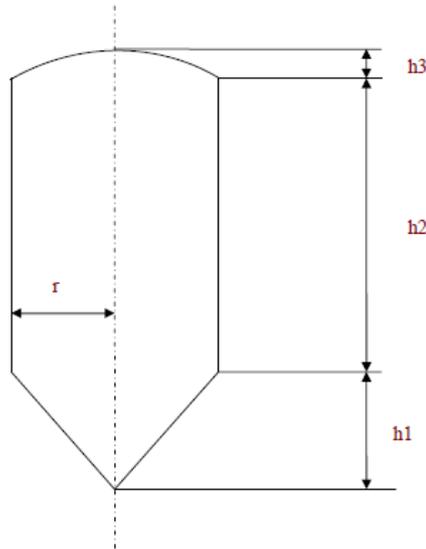


Figura 35. Dimensiones del fermentador

Además, se deben de cumplir las siguientes relaciones para un correcto diseño [33]:

- El cono debe de tener un ángulo de 75°, para así tener el tanque lo más próximo al suelo. Por tanto, de esta imposición se deduce que:

$$\frac{r}{h_1} = \operatorname{tg}(37.5) \quad \text{Ecuación 5.39}$$

- La relación altura/diámetro debe ser 1, este valor es necesario para que la altura del sombrero de orujo formado sea lo más baja posible, con el fin de optimizar al máximo los fenómenos de extracción que se produce durante las operaciones de remontado.

$$\frac{h_2}{2 \cdot r} = 1 \quad \text{Ecuación 5.40}$$

- El volumen del mosto lo contiene el cilindro y el cono:

$$V_{\text{cono}} + V_{\text{cilindro}} = V_{\text{mosto}} \quad \text{Ecuación 5.41}$$

Por tanto, el volumen de la cabeza semielipsoidal ( $V_{\text{cabeza}}$ ) ocupa la diferencia del volumen total del tanque con el volumen del mosto.

Con todas las ecuaciones de volúmenes expuestas y las relaciones de diseño, se consigue el diseño del tanque, que no es más que calcular los parámetros de altura (H), sumatorio de todas las alturas calculadas y diámetro (D), los resultados se encuentran en la Tabla 37.

Tabla 37. Diseño del fermentador alcohólico

	Parámetros calculados (m)	Diseño (m)
$h_1$	0,81	
$h_2$	1,89	$H = 3,11$
$h_3$	0,41	
$r$	0,95	$D = 1,90$

Una vez obtenido el diseño del fermentador, se puede calcular el tiempo de vaciado aplicando Ecuación 5.35 y conociendo las áreas con las siguientes fórmulas.

$$a = \frac{\pi D_a^2}{4} \quad \text{Ecuación 5.42}$$

$$A = A_{cilindro} + A_{cono} = 2\pi r h_2 + \pi r h_1 \quad \text{Ecuación 5.43}$$

Aplicando todas las ecuaciones necesarias, se puede concluir que el tiempo de vaciado es de 4872,024 s, es decir, 1,35 h. Teniendo calculado el tiempo de vaciado y conociendo el tiempo de limpieza, siendo este de 1h se necesitan 10 fermentadores, ya que cada día se rellena un fermentador y a los diez días éste queda vacío para ser llenado de nuevo. Los depósitos auxiliares para realizar el vaciado total son elegidos por catálogo.

Otra forma de calcular el número de fermentadores de forma matemática según José Hidalgo Togores sería:

$$N = \frac{m_v \frac{R}{100}}{V V_u n} \quad \text{Ecuación 5.44}$$

Donde:

- $N$  es el numero de depósitos de fermentación (uds).
- $m_v$  es la cantidad total de vendimia, en kg.
- $R$  es el rendimiento vendimia despalillada, siendo este 94%.
- $V$  es la capacidad unitaria de los depósitos de fermentación (litros/depósitos).
- $V_u$  es el volumen útil del depósito: 0,80 a 0,85.
- $n$  es el número de rotaciones de los fermentadores, este valor es calculado de la siguiente forma:

$$n = \frac{\text{duración de la vendimia (días)}}{\text{duración del fluido en el fermentador (días)}} \quad \text{Ecuación 5.45}$$

Siendo la duración de la vendimia 20 días y la duración del fluido en el fermentador 9 días, dos de maceración prefermentativa y siete de fermentación alcohólica.

Por tanto, teniendo todos los datos necesarios se obtiene que, de forma matemática, el número de fermentadores sería de 9,914 uds, es decir, serían necesarios 10 fermentadores. Mediante los dos métodos se llega a la misma conclusión.

Ya diseñados los fermentadores, no se puede olvidar, que cada depósito tiene un encamisado donde circula agua preenfriada para mantener unas condiciones de temperaturas idóneas. El conjunto formado por el fermentador y el encamisado tienen coeficientes de transmisión térmica muy bajos debido a que el fluido que se encuentra en el interior no se mueve. El rendimiento de la camisa disminuye rápidamente a medida que aumenta el tamaño del depósito, debido a que la superficie de la camisa por unidad de volumen varía con la inversa del diámetro del depósito. Las camisas refrigerantes suelen ocupar aproximadamente un 20% de la superficie total de pared del tanque de fermentación, sin tener en cuenta la cúpula, y se disponen en una sola pieza, dispuestas normalmente en la parte central del tanque, tal y como se refleja en la Figura 51, dicha figura se encuentra en el Anexo 5 y también se muestra todos los elementos necesarios de un fermentador.

Como medio refrigerante se emplea únicamente agua ya que para las temperaturas necesarias en los tanques es suficiente. Este fluido circula por el interior de dos camisas helicoidales en acero al carbono adosadas mediante soldaduras al cuerpo del tanque. Estas camisas están formadas por medios tubos de 2" y 3.9 mm de espesor.

Ya descrita y conociendo todas sus características se puede deducir que el área del encamisado de cada fermentador es 2,732 m<sup>2</sup>.

### 5.6.3 Prensado

El prensado se realiza con una prensa horizontal neumática, tal y como se dijo en la memoria descriptiva. Este equipo debe de afrontar la capacidad calculada en el balance de materia, siendo ésta de 1.481 kilogramos de orujos. Las dimensiones y el resto de características técnicas viene dadas por el fabricante, ver anexo 6.

Se selecciona una prensa de la gama smart press cuba cerrada SPC 40, de la empresa francesa Pellenc Pera Cenoprocess, dicha elección se debe a varias razones, entre las cuales se encuentran las siguientes, tanto por la calidad como la rapidez de extracción del vino, preservación de los aromas, protección del color, mejor conservación y aprovechamiento del mosto final de la prensa, el sistema de lavado automático que ofrece con el lavado integral y el lavado debajo de las rejillas con unos resultados muy satisfactorios, ahorro de agua y energía y reducción del tiempo de prensado.

Una vez seleccionada la prensa, se debe de conocer la composición y duración del ciclo de prensado de la máquina elegida ( $T$ ), es decir el tiempo de llenado ( $T_{II}$ ) durante el cual el mosto escurre una importante cantidad de vino de primera prensa, el tiempo de trabajo de prensado ( $T_t$ ), y por último el tiempo invertido en el vaciado y limpieza ( $T_v$ ) de la prensa, quedando ésta preparada para iniciar un nuevo ciclo de trabajo. A efectos de cálculo se estiman los siguientes valores:

$$T = T_{II} + T_t + T_v \quad \text{Ecuación 5.46}$$

Todos los tiempos están expresados en horas, obteniendo el tiempo de trabajo y el tiempo de vaciado y limpieza de la ficha técnica de la prensa y conociendo el tiempo de llenado aproximado a una hora, se calcula que la duración del ciclo de prensado es 3,7 horas.

Calculado el tiempo de prensado, por último, se calcula el número de prensas necesarias para conocer si hace falta más de una para no ralentizar el proceso mediante la Ecuación 5.47.

$$N^{\circ} \text{ de prensas} = \frac{N^{\circ} \text{ depósitos descubados por día} \cdot T}{H} \quad \text{Ecuación 5.47}$$

Siendo  $T$  la duración del ciclo de prensado en horas y  $H$  jornada laboral (h/d)

Utilizando la Ecuación 5.47 y también estudiando el diagrama de Gantt, como ocurría con el número de fermentadores alcohólicos, de nuevo coinciden los resultados, y se necesita solamente una prensa ya que no se solapa la operación de prensado en toda la campaña.

### 5.6.4 Fermentadores malolácticos

Los fermentadores malolácticos se diseñan igual que los fermentadores alcohólicos, es decir, son depósitos autovaciantes de acero inoxidable, pero éstos tienen unas diferencias comparadas con los alcohólicos que son:

- Los fermentadores malolácticos no necesitan una camisa de refrigeración debido a que la reacción química que se da en ellos no desprende calor.
- En cuanto al volumen de estos depósitos hay que tener en cuenta al aumento del volumen debido a la formación del  $\text{CO}_2$ , sabiendo que en esta fermentación se produce una menor cantidad de ese compuesto, por ello, solo hay que mantener un 2% de espacio libre, comparado el 20% que había que dejar para la fermentación alcohólica.
- La fermentación maloláctica tiene una duración de 10 días, en este periodo no se producen remontados ni se moviliza el vino. Durante ese tiempo el vino se queda reposando en el depósito.
- La fermentación maloláctica se realiza con el vino yema obtenido de la fermentación alcohólica más el vino de la primera prensa.
- Y al igual que los alcohólicos se necesita un tiempo de llenado de depósito, vaciado y la limpieza del mismo.

Por tanto con todas estas pautas y comparativas con los fermentadores alcohólicos, los fermentadores malolácticos se van a diseñar con la siguiente capacidad que se muestra la siguiente tabla.

Tabla 38. Estimación del volumen de los fermentadores malolácticos

Vino yema (L)	Vino 1° prensa (L)	Vino a fermentar (L)	Volumen a considerar (+2%) (L)
5.051	147	5.198	5.302

Concluyendo el volumen ocupado por el vino a fermentar más el 2% de espacio libre que hay que dejar por el desprendimiento de  $\text{CO}_2$  redondeado será de 5.500 L.

Para el número de fermentadores necesarios para efectuar la fermentación maloláctica se necesita calcular el tiempo de vaciado y también la geometría de éste, sabiendo que la geometría de éste es igual que los fermentadores alcohólicos, es decir, como en la Figura 35 y que el tiempo de vaciado se calcula con el mismo mecanismo que se ha calculado en el fermentador alcohólico, es decir, con el teorema de Torricelli.

Por tanto, para el diseño de los fermentadores malolácticos se ha seguido la misma geometría, por ello, las mismas ecuaciones de diseño y las mismas relaciones obteniéndose así la siguiente tabla.

Tabla 39. Diseño fermentador maloláctico

	Parámetros calculados (m)	Diseño (m)
$h_1$	0,76	
$h_2$	1,77	$H = 2,65$
$h_3$	0,12	
$r$	0,89	$D = 1,77$

Obtenido el diseño del fermentador y aplicando todas las ecuaciones necesarias para calcular el tiempo de vaciado expuestas en el apartado del fermentador alcohólico se obtiene un tiempo de 4124 s, es decir, 1,14h.

Una vez obtenido el tiempo de vaciado y conociendo el tiempo de limpiado del fermentador, siendo éste de una hora y sin olvidar que el vino de primera prensa se obtiene en el primer ciclo de la prensa, es decir, a lo largo de una hora, se necesitan de 11 fermentadores malolácticos, estos fermentadores se llenan una vez finalizar la fermentación alcohólica y añadiendo el vino de primera prensa de la prensadora transcurridos 11 días éste queda vacío para ser llenado de nuevo. El llenado y el vaciado de los fermentadores ya sea alcohólicos como malolácticos queda muy bien reflejado en el anexo 5, donde se puede comprobar de nuevo las unidades de ambos fermentadores.

### 5.6.5 Diseño de los equipos del grupo de acabado

El grupo de acabado lo forman equipos necesarios de acondicionar el vino para su posterior comercialización, en ellos se encuentran los depósitos para realizar la clarificación y la estabilización y por último la filtración.

#### 5.6.5.1 Clarificación

Esta operación se realiza en tanques de almacenamiento y para su dimensionamiento se usará el código API-650, tiene un tiempo de residencia de 7 días. Esta norma distingue entre tanques para el almacenamiento de sólidos y líquidos. En este caso se debe tener en cuenta que se almacenará vino a presión ambiente y a una temperatura entre 21-25°C, tal y como sale de la fermentación maloláctica.

El primer paso para el dimensionamiento del depósito de clarificación es conocer el volumen ocupado por el vino. Sabiendo que para ahorrar espacio en la planta se almacenará en dichos tanques el vino obtenido de dos fermentaciones malolácticas consecutivas, tal y como se refleja en la Figura 56 del anexo 7, en dicha figura muestra como en su propio nombre indica el llenado y vaciado de los depósitos de clarificación para así contabilizar la cantidad de unidades de ellos.

Por tanto, los tanques de clarificación se van a diseñar con la siguiente capacidad mostrada en la Tabla 40, teniendo en cuenta que es muy importante considerar que el volumen del fluido en el tanque no debe exceder el 80% del volumen total de este [37].

Tabla 40. Estimación del volumen de los tanques de clarificación

Vino a clarificar de un fermentador (L)	Volumen del tanque de clarificación (L)	Volumen a considerar (+20%) (L)
5.039	10.078	12.094

Concluyendo el volumen de los tanques de clarificación redondeado sería de 12.100 L, con un total de 5 unidades de ellos.

Para un tanque de líquidos a la presión y temperatura de trabajo, las correlaciones impuestas para su diseño se muestran en la Figura 36.

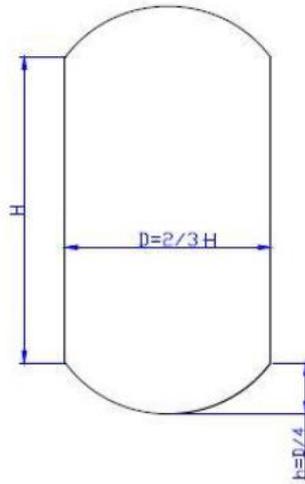


Figura 36. Correlaciones de diseño impuestas por el código API-650 [37]

Obtenidas por la norma las relaciones entre el diámetro (D), la altura de la parte cilíndrica (H) y la altura de la parte de la cabeza y el fondo (h) se pueden saber todos los valores de diseño con las siguientes ecuaciones.

$$V_T = V_{cil} + 2 \cdot V_{c-c} \quad \text{Ecuación 5.48}$$

Donde:

- $V_T$  es el volumen total del tanque, expresado en  $m^3$ .
- $V_{cil}$  es el volumen de la parte cilíndrica, expresado en  $m^3$ .
- $V_{c-c}$  es el volumen de la parte de la cabeza y el fondo, que son iguales, expresados en  $m^3$ .

Además, cada volumen viene expresado con su ecuación, que se muestran a continuación:

$$V_{cil} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} \quad \text{Ecuación 5.49}$$

$$V_{c-c} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{6} \quad \text{Ecuación 5.50}$$

Con todas las ecuaciones y relaciones de diseño se puede obtener todos los parámetros que definen el tanque de clarificación y estos valores se recogen en la Tabla 41.

Tabla 41. Diseño tanque de clarificación

$V_T$ ( $m^3$ )	D (m)	H (m)	h (m)
12,1	2,03	3,05	0,51

Una vez diseñados los tanques de clarificación hace falta calcular la cantidad de clarificante necesario para cada depósito. Sabiendo que el clarificante usado para esta operación es la gelatina y que la cantidad recomendada es de 10 a 15 g/hl, se muestra el resultado de la cantidad necesaria de gelatina en la siguiente tabla.

Tabla 42. Cantidad necesaria de gelatina en clarificación

Clarificante	Dosis (g/hl)	Cantidad de gelatina por tanque (g)	Cantidad total de gelatina por campaña (kg)
Gelatina	12,5	1.260	6,3

### 5.6.5.2 Estabilización tartárica

La estabilización tartárica se realiza en depósitos isoterms durante un periodo de seis días, estos depósitos se dimensionarán de la misma forma que los tanques de clarificación, descritos en el subapartado anterior, la única diferencia es que éstos tienen un aislamiento térmico con lana de roca de 30 mm de espesor.

Previamente el vino antes de introducirlo en estos depósitos ha sido enfriado hasta casi su punto de congelación mediante un intercambiador de calor de placas. Luego se dejará reposar en dichos depósitos para que precipiten las sales tartáricas. Para disminuir el tiempo de precipitación de dichas sales se añade una siembra de cristales de bitartrato potásico molido de un tamaño de 50 micras, con una dosis recomendada de 30 a 40 g/hl.

Para el diseño de estos depósitos se van a seguir las mismas pautas y el mismo orden que para los tanques de clarificación, por tanto, lo primero es conocer la capacidad de ellos sabiendo el volumen que ocupa el vino, parámetro obtenido por el balance de materia y añadiendo el coeficiente de seguridad mencionado anteriormente por la norma API-650.

Tabla 43. Estimación del volumen de los depósitos de estabilización

Vino a estabilizar (L)	Volumen a considerar (+20%) (L)
10.042	12.050

Una vez estimado el volumen de cada depósito de estabilización se comprueba que tiene la misma capacidad que los tanques de clarificación, ya que el resultado obtenido como se refleja en la Tabla 43, el volumen redondeado sería de 12.100 L, por ello como se van a diseñar con las mismas relaciones y ecuaciones de diseño, los parámetros que definen los depósitos de estabilización son iguales que los que se recogen en la Tabla 41, que se muestran a continuación.

Tabla 44. Diseño depósito de estabilización

$V_T$ (m <sup>3</sup> )	D (m)	H (m)	h (m)
12,1	2,03	3,05	0,51

Para conocer las unidades que se necesitan de estos depósitos se calcula de la misma manera que se ha calculado todas las cantidades de depósitos necesarios en la planta, ver en anexo 8, con todo eso, se sabe que se necesitan 4 depósitos de estabilización y cada uno tendrá su aislamiento térmico.

Como ya se ha dicho, tanto los depósitos de clarificación como los de estabilización tienen las mismas dimensiones y por tanto, el tiempo de vaciado será idéntico. A continuación, se calculará el tiempo de vaciado de estos depósitos para conocer el caudal, parámetro que es característico para las bombas que se encuentra posicionadas después de cada depósito. El tiempo será calculado con la Ecuación 5.35 introduciendo las dimensiones de estos depósitos se obtiene un tiempo de 8.624,6 segundos, es decir, de 2,4 horas.

Y para terminar con esta operación se necesita calcular la cantidad necesaria de siembra de bitartrato de potasio para cada depósito y la cantidad total necesaria para la toda la campaña ambos resultados se recogen en la Tabla 45.

Tabla 45. Cantidad necesaria de bitartratos de potasio en estabilización

Estabilizante	Dosis (g/hl)	Cantidad de bitartratos por depósito (g)	Cantidad total de bitartratos por campaña (kg)
Bitartrato potásico	35	4.218	16,9

### 5.6.5.3 Filtración

El sistema de filtrado a instalar será de placas de celulosa dado los motivos explicados anteriormente, este sistema será usado tras la operación de clarificación y la estabilización tartárica.

Conociendo el volumen que tiene que procesar la filtradora, dicho dato proporcionado por el balance de materia, siendo este de 10.100 litros y sabiendo que el tiempo de filtrado debe ser de seis horas aproximadamente, se puede conocer el caudal con el que trabaja dicha filtradora así poder seleccionar de catálogo cual sería la idónea para la planta. Estudiando dicho parámetro se ha seleccionado el modelo “filtro de placas 40x40 FIL-H 2000 l/h” con 20 elementos filtrantes de la casa comercial de Magusa. El filtro está fabricado enteramente en acero inoxidable AISI 304, vienen montados sobre un chasis que hace de apoyo de la bomba y con ruedas para su fácil manejo, ya que dicho filtro hay que transportarlo para realizar la filtración tras las dos operaciones mencionadas. La bomba monofásica incorporada a la instalación tiene una potencia de 220V. Todas las características técnicas se encuentran recogidas en el anexo 9.

En todo el proceso se realizan tres filtración, dos de ellas se realizan mediante la filtración por placas con el equipo mencionado pero la última filtración que tiene como objetivo dejar el vino completamente transparente y brillante para su posterior embotellado, se realiza por filtración por membranas mediante un equipo de microfiltración de filtración tangencial donde se retienen los microorganismos y partículas más pequeñas, con un tamaño de 10 micras. El filtro encargado para realizar esta filtración se ha seleccionado de la casa commercial Bucher Vaslin el filtro tangencial “Flavy FX3 ICS 12-20 hl/h” este consta de una superficie de filtración de 36 m<sup>2</sup>. Dicha elección ha sido porque la técnica de estos filtros permite garantizar una calidad de vino óptima y constante, caudales de filtración estables y un bajo índice de colmatado [38].

### 5.6.6 Barricas de almacenamiento

El vino destinado a crianza una vez acabado las operaciones de acabado o acondicionamiento se introducen en barricas de madera, en concreto en barricas de roble de una capacidad máxima de 330 litros, en la que permanecerá el tiempo estipulado en la Tabla 5, siendo el de crianza de 24 meses.

Para el cálculo del número de barricas se realiza en función de la siguiente ecuación.

$$b = \frac{V t}{v} \quad \text{Ecuación 5.51}$$

Donde:

- $b$  es el número de barricas, uds.
- $V$  es el volumen de vino a envejecer, en litros.
- $v$  es la capacidad unitaria de las barricas, siendo este de 330 l/barricas.

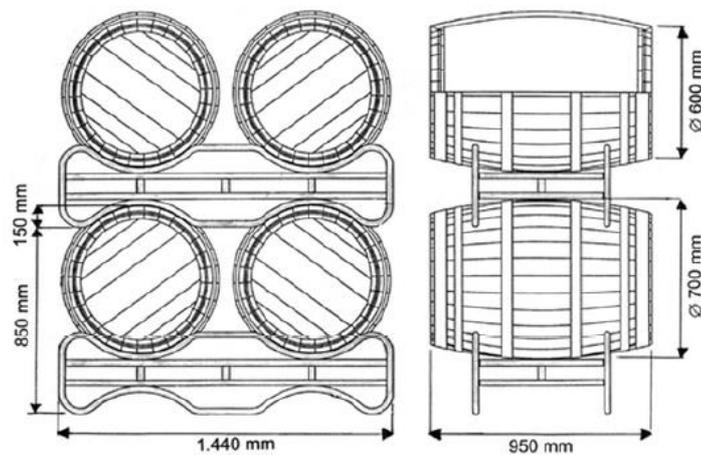
- $t$  es el tiempo de crianza, en años.

Sabiendo que la planta va a producir vino joven y vino de crianza en igualdad de proporciones, es decir de la totalidad de materia prima que entra a la planta el 50% es destinado a vino joven y el otro 50% es para vino de crianza. Por ello, el total de vino a envejecer es de 49.634 litros y por consecuencia, el número de barricas es de 301 unidades.

Las barricas se almacenarán apiladas en diferentes alturas, para ello se utiliza durmientes para el apilado de barricas, la necesidad de éstos se calcula fácilmente dividiendo el número de barricas, entre las barricas que soporta un durmiente, tal y como se refleja en la Ecuación 5.52, generalmente suele ser de dos barricas por durmiente.

$$N^{\circ} \text{ de durmientes} = \frac{b}{n^{\circ} \text{ de barricas por durmiente}} \quad \text{Ecuación 5.52}$$

Por tanto, la cantidad de durmientes es 151 unidades. El dimensionado del conjunto de barrica y durmiente será tal y como se muestra en la siguiente figura.



**Apilado de barricas con durmientes**

	Altura total de barricas
1 altura:	$1 \times 0,85 + 0,15 = 1,00 \text{ m}$
2 alturas:	$2 \times 0,85 + 0,15 = 1,85 \text{ m}$
3 alturas:	$3 \times 0,85 + 0,15 = 2,70 \text{ m}$
4 alturas:	$4 \times 0,85 + 0,15 = 3,55 \text{ m}$
5 alturas:	$5 \times 0,85 + 0,15 = 4,40 \text{ m}$

Figura 37. Dimensiones para el apilado de barricas con durmientes [14]

## 5.6.7 Equipos de intercambio de energía mecánica y calor

En este subapartado se estudiará el diseño tanto de las bombas necesarias en la planta como el diseño de los dos intercambiadores de calor.

### 5.6.7.1 Bombas

En la planta cuenta con varias bombas encargadas de la impulsión del mosto o vino, exceptuando la bomba de vendimia que es una bomba helicoidal las demás son centrífugas. La bomba de vendimia será elegida de catálogo.

Las bombas centrífugas son equipos que vienen definidos por cinco parámetros fundamentales. Estos son: el caudal a impulsar, la altura que son capaces de dar, la potencia consumida, el rendimiento y el NPSH. A continuación, se va a explicar como se obtiene cada uno de estos parámetros.

Se comienza conociendo el caudal volumétrico ( $m^3/h$ ) que deberá impulsar la bomba, que se hace con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ecuación 5.53}$$

Donde:

- $m$  es el caudal másico en kg/h.
- $\rho$  es la densidad del fluido en  $kg/m^3$ .

Para el dimensionado de las bombas de remontado, se realiza calculando el número de bombas necesarias para realizar esta operación, y estimando también el caudal unitario de cada una de ellas. Generalmente se sigue el criterio de remontar el volumen total de mosto que contiene un depósito cada vez que se realiza una operación de remontado, y de utilizar una bomba para atender el remontado de uno a cuatro depósitos como máximo [14], por tanto para las bombas de remontado el número de unidades de ella y el caudal es calculado con fórmulas específicas que viene descritas a continuación:

$$n^{\circ}bombas = \frac{n^{\circ}depósitos}{n^{\circ}depósito/bomba} \quad \text{Ecuación 5.54}$$

$$Q_r = \frac{V V_u \frac{R}{100}}{H \cdot n^{\circ}depósito/bomba \cdot n^{\circ}remontado/día} \quad \text{Ecuación 5.55}$$

Donde:

- $V$  es la capacidad unitaria de los depósitos de fermentación (litros/depósitos).
- $V_u$  es el volumen útil del depósito: 0,80 a 0,85.
- $R$  es el rendimiento vendimia despalillada, siendo este 94%.
- $H$  jornada diaria de trabajo, siendo de 12 h/día.
- $n^{\circ}$  de depósito por bomba, siendo 1 a 4 depósitos por bomba.
- $n^{\circ}$  de remontados por día, siendo este de 1 a 2 veces por día.

En la siguiente tabla se recogen los caudales volumétricos de cada bomba.

Tabla 46. Caudal a impulsar de las distintas bombas

	P-102 A/B/C/D/E	P-103	P-104	P-105
Q (l/h)	1.946	4.420	4.199	4.163

Para el cálculo de la altura desarrollada por la bomba se emplea la ecuación de Bernoulli que se muestra en la Ecuación 5.56.

$$H_b = \frac{P_{out} - P_{in}}{\rho} + \frac{u_{out}^2 - u_{in}^2}{2} + h_{out} - h_{in} \quad \text{Ecuación 5.56}$$

Donde:

- $H_b$  es la altura que da la bomba ( $m^2/s^2$ ). Es necesario dividirla entre la gravedad  $g$  ( $9.8 m/s^2$ ) para obtener su valor en metros.
- $P_{in}$  es la presión del fluido en la zona de aspiración, en Pa.
- $P_{out}$  es la presión del fluido en la zona de impulsión, en Pa. Su valor se determinará a partir de la pérdida de carga calculada en cada equipo.
- $u_{in}$  es la velocidad del fluido en la zona de aspiración (m/s). Si la bomba aspira el fluido de un tanque dicha velocidad se puede considerar despreciable, en el caso contrario, se supondría una velocidad típica del fluido de 1 m/s [39].
- $u_{out}$  es la velocidad del fluido en la zona de impulsión (m/s). En este caso, se supondrá una velocidad típica del fluido de 2 m/s [39].
- $h_{out}$  y  $h_{in}$  son las alturas del fluido en las zonas de aspiración e impulsión, respectivamente en m.

Para calcular las presiones de los fluidos se va a utilizar la ecuación de Darcy plasmada a continuación:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \frac{v^2}{2} \quad \text{Ecuación 5.57}$$

Donde:

- $f$  es el factor de fricción, adimensional.
- $L$  es la longitud de la línea, en metros.
- $D$  es el diámetro interno de la tubería, en metros.
- $\rho$  es la densidad del fluido que circula por la tubería, en  $kg/m^3$ .
- $v$  es la velocidad media del fluido, en m/s.

Siendo el factor de fricción ( $f$ ) calculado mediante la Ecuación 5.58.

$$\frac{1}{f^{0,5}} = -0,86 \cdot \ln \left( \frac{2,51}{Re \cdot f^{0,5}} \right) \quad \text{Ecuación 5.58}$$

Donde  $Re$  es el número de Reynolds (adimensional) calculado tal y como se refleja a continuación:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ecuación 5.59}$$

Siendo  $\mu$  la viscosidad dinámica del fluido, medido en  $kg \cdot s \cdot m^{-1}$ .

Teniendo en cuenta que la altura desarrollada de la bomba calculada con la Ecuación 5.56 puede ser simplificada simplemente con la pérdida de carga calculada mediante la ecuación de Darcy ya que el resto de los términos son insignificantes con respecto al mencionado e incluso se desconoce las diferencias de cota entre los tramos de impulsión y aspiración de las bombas debido a que no se ha realizado la implantación de la instalación ya que estaría fuera del alcance del proyecto, por tanto, se supone dichos términos nulos.

Añadiendo un 30% de seguridad a la pérdida aportada por la longitud de las mangueras, en la bodega el mosto o vino es transportando mediante mangueras, ver anexo 10 las características técnicas de las mangueras seleccionadas para la planta donde se puede apreciar que la longitud de éstas son de 20 m. A continuación, en la siguiente tabla se obtiene la altura desarrollada de las bombas de la planta.

Tabla 47. Altura desarrollada de las distintas bombas

	<b>P-102 A/B/C/D/E</b>	<b>P-103</b>	<b>P-104</b>	<b>P-105</b>
<b>H<sub>b</sub> (m)</b>	0,053	0,408	0,375	0,370

Una vez calculados el caudal y la altura, ya es posible determinar la potencia suministrada por la bomba al fluido ( $W$ ), calculada mediante la siguiente ecuación.

$$W = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_b \quad \text{Ecuación 5.60}$$

Dicha potencia de las diferentes bombas se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 48. Potencia teórica de las distintas bombas

	<b>P-102 A/B/C/D/E</b>	<b>P-103</b>	<b>P-104</b>	<b>P-105</b>
<b>W (W)</b>	0,285	4,938	4,31	4,213

Sin embargo, como el rendimiento de las bombas no es del 100% para calcular la potencia real de la bomba es necesario utilizar la Ecuación 5.61.

$$W_{real} = \frac{W}{\eta} \quad \text{Ecuación 5.61}$$

El valor del rendimiento de la bomba ( $\eta$ ) es dado por el fabricante. En algunos casos, el fabricante proporciona directamente la potencia real.

Por último, el parámetro NPSH que permite conocer lo cerca que se encuentra una bomba de la cavitación. El NPSH disponible (Ecuación 5.62) es la altura mínima que requiere la succión de una bomba para que no haya cavitación, si la presión en algún punto del circuito es menor que la presión de vapor del líquido tendrá lugar la cavitación, lo que puede causar daños en el equipo.

$$NPSH_d = \frac{P_{in} - P_v}{\rho} \quad \text{Ecuación 5.62}$$

Siendo  $P_v$  la presión de vapor del fluido en pascales.

Los resultados de dicho parámetro se reflejan en la Tabla 49.

Tabla 49. Altura neta positiva de succión disponible de las distintas bombas

	<b>P-102 A/B/C/D/E</b>	<b>P-103</b>	<b>P-104</b>	<b>P-105</b>
<b>NPSH<sub>d</sub> (m)</b>	0,524	4,002	3,676	3,625

El NPSH disponible se calcula antes de llevar a cabo el diseño de la bomba. Posteriormente, se busca en catálogos una bomba cuyas características concuerden con las requeridas por las condiciones del proceso. En este catálogo, el fabricante proporciona como dato el NPSH requerido de la bomba. Como criterio, se elige una bomba cuyo NPSH requerido cumpla la condición mostrada en la Ecuación 5.63.

$$NPSH_r \geq \frac{NPSH_d}{1,2} \quad \text{Ecuación 5.63}$$

Tabla 50. Altura neta positiva de succión requerida de las distintas bombas

	P-102 A/B/C/D/E	P-103	P-104	P-105
<b>NPSH<sub>r</sub> (m)</b>	0,437	3,335	3,064	3,021

Y, por último, en la Tabla 51 se recogen las características de las bombas y el modelo elegido, escogidas del catálogo que se localiza en el anexo 11.

Tabla 51. Modelo seleccionado para cada bomba

Bomba	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia consumida (kW)	Modelo
<b>P-102 A/B/C/D/E</b>	1.946	91	5,5	MSVA-3/5,5
<b>P-103</b>	4.420	13	0,75	NKP-G 32-125.1-102-0.75 AA
<b>P-104</b>	4.199	13	0,75	NKP-G 32-125.1-102-0.75 AA
<b>P-105</b>	4.163	13	0,75	NKP-G 32-125.1-102-0.75 AA

Debido al bajo caudal y a la pequeña altura, las bombas escogidas han sido las más pequeñas y las que consumen la menor potencia posible.

Como se dijo al principio de este subapartado, la bomba de vendimia es una bomba diferente a las diseñadas ya que es una bomba helicoidal. Por tanto, ésta va ser directamente seleccionada de catálogo, teniendo en cuenta que su parámetro de diseño es el caudal a impulsar. Este parámetro es proporcionado por la balance de materia, que sería de 1.175 kg/h, para conocer las necesidades de la bomba se incrementa un 10% por motivos de seguridad.

Obteniendo el parámetro característico de la bomba, se adquiere una bomba helicoidal del modelo “Bomba VIAR 600” de la casa comercial Magusa S.L. Ha sido la mejor elección para un trato cuidadoso para el mosto. El cuerpo de la bomba está fabricado en acero inoxidable, anclado a un chasis fabricado también en acero inoxidable. Con ruedas que facilitan el transporte de la bomba. Motor de 1 velocidad a 380V y 50 Hz. Cuadro eléctrico de acero inoxidable incorporado al chasis de la bomba, con protección térmica, inversos de giro y variador electrónico. Tiene incluso dos campanas expansoras en acero inoxidable AISI 304 con presostato de seguridad, en el anexo 11 se puede apreciar las demás características técnicas.

### 5.6.7.2 Intercambiador de calor

Para el diseño de los intercambiadores, el área de transferencia (A) se puede obtener por medio de la Ecuación 5.64.

$$Q = A \cdot U \cdot F \cdot DTLM_{ce} \quad \text{Ecuación 5.64}$$

Donde:

- $Q$  es el calor intercambiado entre el fluido frío y el fluido caliente (kW).
- $U$  es el coeficiente global de transferencia (kW/m<sup>2</sup>·K), que depende de los coeficientes de película de

ambos fluidos, se calcula mediante correlaciones.

- $F$  es un factor corrector que se calcula por correlaciones con el EES.
- $DTLM_{ce}$  es la diferencia de temperatura logarítmica media de ambos fluidos en un intercambiador contracorriente equivalente ( $^{\circ}\text{C}$ ), se determinará con la Ecuación 5.65.

$$DTLM_{ce} = \frac{(T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})}{\ln\left(\frac{T_{ec} - T_{sf}}{T_{sc} - T_{ef}}\right)} \quad \text{Ecuación 5.65}$$

Para calcular el coeficiente global de transferencia ( $U$ ) se va a utilizar la Ecuación 5.66, dicho parámetro depende de los factores de ensuciamiento y los coeficientes de película de ambos fluidos. Cabe destacar, que para determinar este parámetro no se ha tenido en cuenta la resistencia de conducción a través del espesor de los tubos del intercambiador, debido a que esta resistencia se puede considerar despreciable con respecto a las de transferencia por convección.

$$U = \frac{1}{\frac{de}{hi \cdot di} + Fsi \cdot \frac{de}{di} + Fse + \frac{1}{he}} \quad \text{Ecuación 5.66}$$

Siendo:

- $di$  y  $de$  son el diámetro interno y externo del tubo, respectivamente (m). Para dichos diámetros se han empleado medidas normalizadas, se muestran en el anexo 12.
- $Fsi$  y  $Fse$  son los factores de ensuciamiento interno y externo, respectivamente ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{kW}$ ). Su valor será de  $0,0002 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  cuando se trate de fluidos orgánicos, y  $0,0001 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  para el resto de los fluidos [40].
- $hi$  y  $he$  son los coeficientes de película de los fluidos que circulan por el intercambiador ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ).

Para el cálculo de dichos coeficientes se utiliza la Ecuación 5.67.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{d} \quad \text{Ecuación 5.67}$$

Donde:

- $k$  es la conductividad térmica de los fluidos ( $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ).
- $Nu$  es el número adimensional de Nusselt.

El número de Nusselt depende del régimen en que se encuentre el fluido y es calculado por medio de correlaciones [41]. En cualquier caso, este parámetro es función de los números adimensionales de Prandtl y Reynolds, que vienen definidos mediante las Ecuaciones 5.68 y 5.69.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad \text{Ecuación 5.68}$$

$$Pr = \frac{Cp \cdot \mu}{k} \quad \text{Ecuación 5.69}$$

Siendo  $v$  la velocidad del fluido (m/s), obtenida mediante la Ecuación 5.70.

$$v = \frac{m}{\rho \cdot A_{paso}} \quad \text{Ecuación 5.70}$$

Se tienen en cuenta las velocidades típicas de circulación de fluidos pocos viscosos en líneas de conducción por lo que deben estar en el rango de 1,2 – 2,4 m/s [40]. Esto es solo una aproximación, luego las velocidades pueden ser distintas a las marcadas en un primer momento en función de los diámetros de las mangueras comerciales.

Teniendo en cuenta que el área de paso del fluido que circula por el interior de los tubos viene definida por la Ecuación 5.71.

$$A_{paso} (interior) = \frac{n_{tubos}}{n_{pasos}} \cdot \frac{\pi \cdot di^2}{4} \quad \text{Ecuación 5.71}$$

Mientras que el área de paso del fluido que circula por la carcasa se calcula con la Ecuación 5.72.

$$A_{paso} (exterior) = \frac{(pitch - de) \cdot Ds \cdot Lb}{pitch} \quad \text{Ecuación 5.72}$$

Donde:

- $Ds$  es el diámetro de la carcasa del intercambiador ( $m^2$ ).
- $Lb$  es la distancia entre los bafles del intercambiador ( $m^2$ ).
- $pitch$  hace referencia a la distancia entre los tubos del intercambiador (m). Es recomendable que el  $pitch$  sea 1,25 veces el diámetro externo del tubo [40].

Para calcular el diámetro de la carcasa y la distancia entre los bafles se van a emplear las Ecuaciones 5.73 y 5.74 [40].

$$Ds = de \cdot \left( \frac{n_{tubos}}{k_1} \right)^{\frac{1}{n_1}} \quad \text{Ecuación 5.73}$$

$$Lb = \frac{Ds}{5} \quad \text{Ecuación 5.74}$$

Siendo  $n_1$  y  $k_1$  constantes que toman un valor u otro en función del número de pasos por tubo. En este caso, se suponen que los tubos de los intercambiadores darán dos pasos, por tanto:  $n_1=2,207$  y  $k_1=0,249$  [40].

Para calcular la longitud es necesario fijar el número de tubos del intercambiador. Conociendo el número de tubos se puede calcular el área de un tubo y con ésta la longitud, mediante las siguientes ecuaciones:

$$A_{tubos} = \frac{A}{n_{tubos}} \quad \text{Ecuación 5.75}$$

$$A_{tubos} = \pi \cdot L \cdot de \quad \text{Ecuación 5.76}$$

La longitud del intercambiador debe ser entre 5 y 10 veces el diámetro de la carcasa, intentando no superar los 6 metros [41].

Debido que la pérdida de carga no es muy elevada, ambos intercambiadores de la planta serán carcasa y tubo tipo E, con un paso por carcasa y dos pasos por tubos. Además, los tubos tendrán forma de U, para facilitar la limpieza y los bancos de tubos [40].

La disposición de los tubos en el interior de los intercambiadores serán triangular, de este modo se puede conseguir aumentar el área de transferencia en un 15% [41]. Y por motivos de seguridad, será el fluido caliente el que circula por el interior de los tubos, mientras que el fluido frío lo hará por la carcasa, aunque en esta planta no se alcance temperaturas elevadas se dispondrán así.

Con las ecuaciones mencionadas anteriormente se estiman los valores de los parámetros de diseño de los intercambiadores. Pero para normalizar estos valores se ha seguido la norma TEMA (*ver anexo 12*). En la Tabla 52 se muestran los resultados obtenidos acerca de los parámetros de diseño de los intercambiadores.

Tabla 52. Resultados del diseño de los intercambiadores

Intercambiador	Diámetro externo		N° tubos (uds)	Diámetro carcasa (in)	Longitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Pulgadas	BWG				
E-101	5/8	14	5	2,434	3,865	0,964
E-102	5/8	14	5	2,434	35,75	8,916

### 5.6.8 Embotelladora

El proceso de embotellado es el último por donde pasa el vino para su posterior comercialización, como se dijo anteriormente en la memoria descriptiva la línea de embotellado tiene varias operaciones como son enjuagado, llenado y taponado y todas ellas se realizan con un mismo equipo denominado el tribloc, así de esta manera ahorrar espacio, dinero y energía, facilitando el trabajo por tener una sincronización de las tres etapas.

Para este equipo será seleccionado de catálogo de la empresa Irundin S.L, empresa especializada en maquinarias de embotellado. Seleccionado a la máquina “Tribloc 36/6/6” con un rendimiento de hasta 8000 botellas por hora, siendo este el parámetro de diseño de la máquina.

Las características técnicas de esta máquina son [42]:

- Compuesto por llenadora enológica de 36 caños de llenado, enorchadora de 6 cabezales y capsuladora de 6 cabezales.
- Bancada de la máquina y chasis en INOX AISI 304.
- Construcción muy robusta, un mínimo mantenimiento y gran fiabilidad.
- Sistema de engrase afectuando mediante tuberías INOX centralizafo en la regleta general de engrase.
- Cuba, conducciones y caños de llenado en INOS AISI 316.
- Cambios rápidos de formado.
- Máquina de mínimo mantenimiento.



Figura 38. Tribloc 36/6/6 8000 botellas/h

## 5.7 Calendario anual del proceso

Por último, tras conocer todo el proceso, haber calculado los balances de materia, los balances de energía y los diseños de los equipos se muestra en la Tabla 53, un calendario genérico de las diferentes actividades que se llevarán a cabo en la bodega.

Tabla 53. Calendario planificación del proceso de elaboración de vino tinto joven y crianza

Fase	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agt.
Recepción												
Fermentación alcohólica												
Descube y prensado												
Fermentación maloláctica												
Clarificación y 1º filtración												
Estabilización y 2º filtración												
Microfiltración joven												
Embotellado joven												
Envejecimiento crianza												
Microfiltración crianza												
Embotellado crianza												
Distribución												



## Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo

La recepción de la uva se realiza entre finales de septiembre y principios de octubre, es el tiempo que dura la vendimia en La Rioja. La elaboración de vino tinto joven, está comprendido entre finales de septiembre con el comienzo de llenado de fermentadores nada más recibir el primer lote de uva hasta finales de noviembre que acaba con el embotellado de éste y comercializado.

En cambio el vino tinto crianza es operado igual que el vino tinto joven simplemente que éste es almacenado en barrica de roble durante 24 meses, posterior a ese tiempo es embotellado y comercializado.

El embotellado se llevará a cabo entre principio de octubre hasta finales de diciembre, sin olvidar que el vino tinto joven es del mismo año y el vino tinto de crianza es dos años más tarde. Y finalmente, la distribución se realizará durante todo el año.



## 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica se realiza después de realizar los balances de materia y energía y el diseño de cada equipo que hay en la planta. Los costes de capital fijo se estiman a partir del dimensionamiento de los equipos, partiendo de estos datos, de los costes de los servicios, mano de obra y materias primas se obtienen los costes de operación de la planta, que serán la base, junto a otros parámetros que se verán más adelante, de los flujos de caja y el cálculo de la viabilidad económica de la planta.

### 6.1 Coste de inversion

Para calcular el coste total de inversion de la planta se tienen en cuenta varios parámetros, como son el coste de compra de los equipos, el capital fijo, el coste del terreno y el capital circulante, todos estos parámetros se irán explicando a transcurso de este subapartado.

En primer lugar, se determina el coste de compra de los equipos, tras su dimensionamiento. Para ello es necesario conocer los parámetros característicos de cada equipo, en la siguiente tabla se muestran dichos parámetros.

Tabla 54. Parámetro característico de cada equipo

Equipo	Parámetro
Bomba	Potencia (kW)
Intercambiador	Área de transferencia (m <sup>2</sup> )
Fermentador (depósito vertical)	Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )
Tanque	Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )

Una vez conocido el parámetro característico de cada equipo en la Tabla 56 se presentan las correlaciones para el cálculo del coste de compra suponiendo que están constuidos con acero al carbono y trabajan en condiciones ambiente ( $C_i^o$ ). El coste del equipo deben corregirse en función del material y las condiciones de operación mediante factores  $F_M$  y  $F_p$ , respectivamente, que multiplican a  $C_i^o$ . Dando que toda la planta opera a presión ambiente ningún equipo tiene que ser corregido por dicho factor de presión pero si de material, por ello, a continuación se muestra una tabla factores de corrección dependiendo del tipo de material.

Tabla 55. Factor de corrección por material [43]

Material	$F_M$
Acero al carbono	1,0
Bronce	1,05
Aluminio	1,075
Hierro colado	1,11
Acero inoxidable	1,28-1,50
Titanio	2,0

Tabla 56. Coste de compra de equipos [43]

Equipo	Factor de escala	Coste de compra, $C_i^0$ (\$)	Rango del factor de escala	Año
Bomba	Potencia, W (kW)	$C_i^0 = 10^{\{3,3892 + 0,0536 \cdot \log_{10}(W) + 0,1538 \cdot (\log_{10}(W))^2\}}$	1-300	2001
Intercambiador	Área de transferencia, A (ft <sup>2</sup> )	$C_i^0 = 10^{\{4,8306 - 0,8509 \cdot \log_{10}(A) + 0,3187 \cdot (\log_{10}(A))^2\}}$	10-1000	2000
Fermentador	Volumen del recipiente, V (m <sup>3</sup> )	$C_i^0 = 10^{\{3,55 + 0,3776 \cdot \log_{10}(V) + 0,0905 \cdot (\log_{10}(V))^2\}}$	1,1-628	2001
Tanque	Volumen del recipiente, V (m <sup>3</sup> )	$C_i^0 = 10^{\{3,54 + 0,4485 \cdot \log_{10}(V) + 0,1074 \cdot (\log_{10}(V))^2\}}$	0,3-520	2001

El coste de compra de los equipos puede actualizarse hasta el año de comienzo del proyecto (2020) mediante el *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI), cuyos valores necesarios se encuentra recogido en la Tabla 57. Con dicho valor se realiza el ajuste del precio de compra por la inflación.

Tabla 57. Índice CEPCI

Años	CEPCI
2000	394,1
2001	394,3
2020	596,0

Teniendo las correlaciones de diseño de cada equipo, el factor corrección de material y el ajuste del precio de compra por la inflación se obtiene en la Tabla 58 el coste de cada equipo corregido al año actual y el coste total de los equipos que han sido dimensionados.

Tabla 58. Coste de equipos dimensionados (\$)

Equipo	Factor escala		Cantidad	Coste de compra, $C_i^0$	Coste actualizado	Coste corregido
Bomba	Potencia	Unidades		\$	\$	\$
P-101	3	kW	1	2816,99	4257,99	5918,61
P-102 A/B	5,5	kW	5	3259,77	4927,27	34244,53
P-103	0,75	kW	1	2426,07	3667,11	5097,28
P-104	0,75	kW	1	2426,07	3667,11	5097,28
P-105	0,75	kW	1	2426,07	3667,11	5097,28
Intercambiador	Área de transf.	Unidades		\$	\$	\$
E-101	0,964	m <sup>2</sup>	1	69860,17	124623,36	173226,46
E-102	5,13	m <sup>2</sup>	1	24382,09	43495,14	60458,24
Fermentador	Volumen	Unidades		\$	\$	\$
R-101 A/B	8	m <sup>3</sup>	10	9221,81	13939,12	193753,83
TK-101 A/B	5,5	m <sup>3</sup>	11	7571,25	11444,24	174982,38
Tanque	Volumen	Unidades		\$	\$	\$
TC-101 A/B	12,1	m <sup>3</sup>	5	14175,80	21427,28	148919,61
TE-101 A/B	12,1	m <sup>3</sup>	4	14175,80	21427,28	119135,69
<b>COSTE EQUIPOS (\$)</b>					<b>925.931 \$</b>	

Hay equipos que no han sido dimensionados, han sido seleccionados directamente de catálogo, o incluso algunos equipos dimensionados no se han encontrado correlaciones para calcular su precio de compra, y todos ellos también forman parte del coste de inversión inicial de la compra de equipos y éstos se enumeran a continuación en la siguiente tabla con sus respectivos precios.

Tabla 59. Coste de equipos comprados (\$)

Equipo	Descripción	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste corregido (\$)
Tolva de recepción	Para la recepción de la vendimia	1	1.913,30	2.156,53
Tornillo sin fin	Transportador de vendimia	1	1.500,00	1.690,69
Despalilladora estrujadora	Para el despalillado y estrujado de la uva	1	7.304,82	8.233,47
Dosificador automatico de SO2	Adición de sulfuroso a la uva estrujada y despalillada	1	1.215,00	1.369,46
Cinta transportadora de raponés	Transportadora de raspón	1	1.000,00	1.127,13
Cinta transportadora de orujos	Transportadora de orujos	1	1.000,00	1.127,13
Prensa horizontal neumática	Prensado de orujos tras realizar la fermentación alcohólica para extraer el vino de ellos	1	16.595,21	18.704,93
Filtro de placas	Se realiza para el filtrado	1	7.256,13	8.178,59
Filtro amicróbico	Para realizar la microfiltración	1	12.744,50	14.364,68
Barrica de roble	Empleadas para el envejecimiento del vino de crianza	301	600,00	203.559,32
Tribloc de enjuagado, llenado y taponado	Para el embotellado del vino	1	25.000,00	28.178,20
<b>COSTE EQUIPOS (\$)</b>			<b>288.690 \$</b>	

Por tanto, el total de coste de compra de todos los equipos que hay en planta es:

<b>COSTE DE EQUIPOS TOTAL (\$)</b>	1.214.621
------------------------------------	-----------

Para el cálculo de los costes fijos de la planta se ha utilizado el factor de Lang para fluidos y sólidos, puesto que ambos estados se tratan en la planta, dicho valor se encuentra en el anexo 14. Dicho parámetro a calcular depende del coste de los equipos tal y como se refleja en la Ecuación 6.1.

$$C_F = F_{LANG} \cdot C_{EQUIPOS} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Donde:

- $C_F$  es el coste fijo del proyecto, en M\$.
- $F_{LANG}$  es el factor de Lang, siendo este de 4,28.
- $C_{EQUIPOS}$  es el coste total de compra de equipos, en M\$.

El resultado de aplicar dicha ecuación se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 60. Coste fijo de la planta

Coste total de los equipos (M\$)	Coste fijo (M\$)
1,21	5,20

Una vez calculado los costes fijos, ya se puede calcular también los costes de los terrenos. Este coste es presencial para llevar el proyecto adelante, ya que se necesita un terreno para ubicar la planta. Es por ello que este coste representa un porcentaje de los costes fijos. Para este proyecto, el coste de los terrenos representa un 6% de los costes fijos.

Tabla 61. Costes de terrenos

Coste de terrenos (M\$)
0,31

Por último, se calcula el último parámetro que depende del coste de inversión, el capital circulante. Este parámetro depende exclusivamente del coste de operación, ya que el capital circulante se estima como el coste de operación de 2 meses.

COSTE CIRCULANTE (M\$)	0,052
------------------------	-------

El coste de operación será calculado y especificados en el siguiente subapartado.

### 6.1.1 Coste de operación

Para calcular el coste de operación hay que tener presente las horas al año que está operativa la planta, siendo de 1.116 horas al año. Hay que recordar que esta planta no opera las 8.000 horas al año que es lo que suelen operar las plantas químicas ya que la bodega es operativa solo cuando hay suministro de materia prima, siendo la uva un producto temporal, es decir, solo es proporcionada en unos meses concretos al año.

Mediante la Ecuación 6.2 se puede estimar los costes de operación.

$$C_{OP} = MO + C_{MP} + C_S \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Donde:

- $C_{OP}$  es el coste de operación, en M\$/año.
- $MO$  es el coste de la mano de obra, en M\$/año.
- $C_{MP}$  es el coste de materias primas, en M\$/año.
- $C_S$  es el coste de los servicios, en M\$/año.

Con respecto al coste de mano de obra ( $MO$ ) en la siguiente tabla se especifica los trabajadores necesarios junto con su salario bruto anual.

Tabla 62. Coste de mano de obra (\$/año)

Cargo	Número	Sueldo bruto anual (€)	Suelgo bruto anual corregido (\$)
Director técnico enólogo	1	20.000	22.400
Administrativo y contable	1	13.000	14.560
Encargado de almacén y de materia auxiliar	1	15000	16.800
Encargados elaboración, embotelladora, barrica y almacén	3	45.000	50.400
Encargado de limpieza	1	13.000	14.560
<b>COSTE DE MANO DE OBRA TOTAL (\$/año)</b>			<b>118.720</b>

Para determinar los costes de materia primas ( $C_{MP}$ ), al igual que el coste de mano de obra, se dispone de una tabla donde se muestra tanto la materia prima principal como la materia auxiliar necesaria para la planta, la cantidad de unidades de cada una de ellas con su respectivo precio unitario para así poder calcular el coste de materia prima total.

Tabla 63. Coste de materia prima (\$/año)

Concepto	Unidad	€/Ud.	Total (€)	Total corregido (\$)
Uva	150.000 kg	0,32 €/kg	48.000	54.055,92
Sulfito	101,09 hg	1,93 €/hg	195,10	218,52
Botella 75 cl	131.150 Ud.	0,19 €/Ud.	24.919	27.908,72
Tapón corcho	131.150 Ud.	0,11 €/Ud.	14.427	16.157,68
Cápsula	131.150 Ud.	0,20 €/Ud.	26.230	29.377,60
<b>COSTE DE MATERIA PRIMA TOTAL (\$/año)</b>				<b>127.422</b>

Y, por último, para determinar los costes referentes al consumo de servicios hay que conocer el consumo de electricidad, ya que dicho coste solo depende de dicho consumo. Por tanto, el consumo de electricidad se calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Consumo de electricidad} = W \cdot H \quad \text{Ecuación 6.3}$$

Donde:

- $W$  es la potencia consumida por las bombas centrífugas, expresado en kW.
- $H$  son las horas de trabajo al año, siendo 1.116 h/año.

Aplicando la Ecuación 6.3 se obtiene que el consumo de electricidad por año o campaña y en la siguiente tabla se especifica el precio y el coste de los servicios.

Tabla 64. Coste de los servicios (\$/año)

Consumo	Ud.	\$/Ud.	Total (\$)
Electricidad	11.997 kWh	0,06 \$/kWh	719,82
<b>COSTE TOTAL DE SERVICIOS (\$/año)</b>			<b>719,82</b>

Por tanto, teniendo todos los parámetros que aparecen en la Ecuación 6.2, es decir, el coste de mano de obra ( $MO$ ), el coste de materias primas ( $C_{MP}$ ) y el coste de los servicios ( $C_S$ ) se puede calcular el coste de operación.

<b>COSTE DE OPERACIÓN (M\$/año)</b>	0,247
---	-------

## 6.2 Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica de la planta, se ha realizado el cálculo de los flujos netos de caja anuales, base para el cálculo del VAN y la TIR. Para ello, se han tenido en cuenta tanto los datos proporcionados a continuación, como los costes de inversión inicial y operación, así como las ganancias por la venta de productos de la planta.

La planta empieza a construirse en 2020 y tarda 2 años en estar acabada. La inversión inicial ( $I_0$ ) se divide en los dos primeros años de la planta, cuando aún se encuentra en fase de construcción. En esta inversión inicial se contabiliza el coste del terreno, el capital circulante y los costes de inversión de los equipos (40% el primer año y 60% el segundo).

La depreciación o amortización se supone lineal y se aplica al capital depreciable (capital fijo sin incluir terreno) en un periodo de 10 años, suponiendo un valor residual nulo.

Por último, debe tenerse en cuenta que la vida útil de la planta es de veinte años.

Las ganancias por la venta de productos de la planta es necesario determinar el precio de venta, y se tendrá en cuenta la actividad de la bodega. Los ingresos no serán homogéneos todos los años, ya que durante el primer y segundo año no sale al mercado el vino crianza, debido a su costosa elaboración en tiempo. En esta planta además de vender los productos que son el vino tinto joven, el vino tinto crianza y el vino tinto prensa, se venden los subproductos como son los raspones, orujos y heces o lías, ya que son materias primas para otras plantas.

A continuación, en las siguientes tablas se muestran las ganancias por venta de los dos primeros años, de a partir del tercer año y de la ganancia de los subproductos.

Tabla 65. Ingresos de venta en el primer y segundo año

Producto	Botellas (Ud.)	Precio por botella (€/bot)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Tinto joven	66.150	4,7	310.905	348.213,60
Producto	Granel (l)	Precio por litros (€/l)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Vino prensa	1.473	1,8	2.651,4	2.969,57
<b>TOTAL (\$/año)</b>				<b>351.183</b>

Tabla 66. Ingresos de venta a partir del tercer año

Producto	Botellas	Precio por botella (€/bot)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Tinto joven	66.150	4,7	310.905	348.213,60
Tinto crianza	65.000	5,8	377.000	422.240,00
Producto	Granel	Precio por litros (€/l)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Vino prensa	1.473	1,8	2.651,4	2.969,57
<b>TOTAL (\$/año)</b>				<b>773.423</b>

Tabla 67. Ingresos de venta de los subproductos

Subproducto	Cantidad (kg/año)	Precio de venta (€/kg)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Raspones	9.000	0,03	270,00	302,40
Orujos	25.469	0,05	1.273,45	1.426,26
Lías	4.654	0,62	2.885,48	3.231,74
<b>TOTAL (\$/año)</b>				<b>4.960</b>

Una vez calculado los ingresos de venta al año, se puede calcular el  $BAI_i$ , tal y como aparecen en la Ecuación 6.4.

$$BAI_i = V_i - C_i - D_i \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Donde:

- $BAI_i$  es el beneficio antes de impuestos cada año.
- $V_i$  son las ventas obtenidas cada año.
- $C_i$  son los costes de la planta cada año.
- $D_i$  es la depreciación anual de la planta.

Tras obtener el  $BAI_i$  para cada año  $y$ , tras haber calculado los impuestos a pagar cada año, se pueden definir los  $BDI_i$  (Ecuación 6.6)

$$Imp_i = BAI_i \cdot t \quad \text{Ecuación 6.5}$$

$$BDI_i = BAI_i - Imp_i \quad \text{Ecuación 6.6}$$

Donde:

- $Imp_i$  son los impuestos anuales a pagar.
- $t$  es la tasa impositiva del 25%, igual todos los años.
- $BDI_i$  corresponden a los beneficios después de impuestos.

Por último, para obtener los flujos de caja netos ( $FNC_i$ ), habría que sumar la depreciación anual de la planta junto al beneficio después de impuestos (Ecuación 6.7)

$$FNC_i = BDI_i + D_i \quad \text{Ecuación 6.7}$$

Todo lo explicado hasta ahora en este apartado queda resumido en la Tabla 79 y la Tabla 80 que se muestra en el anexo 14.

### 6.2.1 Cálculo del VAN y TIR.

Como se dijo anteriormente, para medir la viabilidad de la planta es necesario calcular el VAN y el TIR.

El primer término es el Valor Actual Neto y permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión. Es un índice de rentabilidad que se basa en calcular la suma de los valores actualizados de los flujos netos de caja. Si el resultado es positivo el proceso es viable, ya que se obtienen beneficios, mientras que si el resultado es negativo el proceso no es viable puesto que existen pérdidas. Dicho valor se calcula con la siguiente ecuación:

$$VAN = -A + \frac{\sum FNC_i}{(1+k)^n} \quad \text{Ecuación 6.8}$$

Donde:

- $A$  es el reembolso de la inversión inicial, en M\$.
- $FNC_i$  son los flujos de caja netos de cada año.
- $k$  es el valor mínimo de rentabilidad fijado, se estima del 10%.
- $n$  son los años en que se estima la vida de la planta, siendo en este caso 20 años.

Y el segundo término es la TIR, tasa interna de rentabilidad, es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. Matemáticamente, es el valor que debe tener la tasa de rentabilidad mínima para hacer nulo al VAN, como se refleja en la Ecuación 6.9.

$$0 = -A + \frac{\sum FNC_i}{(1+TIR)^n} \quad \text{Ecuación 6.9}$$

Este valor indica como de rentable es un proyecto: si la rentabilidad mínima exigida ( $k$ ) es menor que la TIR el proyecto se considera viable, mientras que si es mayor no.

A continuación, en la Tabla 68 se obtiene el resultado de ambos indicadores de rentabilidad.

Tabla 68. Resultados del VAN y la TIR

VAN (M\$)	TIR (%)
2,41	23

A modo de conclusión, tras realizar los cálculos se observa que la planta podría resultar rentable en el mercado actual debido a que el valor actual neto (VAN) es mayor que 0, concretamente 2,43 millones de dólares.

A su vez, se podría comparar la tasa interna de rentabilidad exigida ( $k$ ), que es del 10%, con el TIR obtenido, 23%. Al ser mayor el TIR que la  $k$ , el proceso es rentable económicamente.

Tanto el VAN como la TIR son medidas que indican con fiabilidad la viabilidad de la planta a lo largo de su vida, teniendo en cuenta la evolución del valor del dinero, la depreciación, etc.

#### 6.2.1.1 Cálculo de Pay Back (PB)

El pay back o período de retorno es el tiempo que se debe transcurrir para recuperar la inversión inicial del proyecto.

Este parámetro se calcula de dos formas teniendo en cuenta como son los FNC, si éstos no son lineales se calcula restando año a año los FNC a la inversión inicial hasta que dé un número menor que el próximo FNC, cuando eso ocurra se dividirá dicho valor restante entre el del FNC próximo. De dicha manera se obtiene el año exacto que se obtiene la recuperación. Si FNC es lineal, se divide directamente la inversión inicial entre el FNC.

Como en el caso a estudiar los FNC no son constantes, se aplica el primer método, por lo que el PB es de 4,66 años. Dicho resultado quiere decir que tras pasar esos años con la planta en funcionamiento en las condiciones establecidas la inversión inicial se ha recuperado.

# 7 PLANTEAMIENTO DE MEJORAS DE LA PLANTA

El procedimiento estudiado hasta ahora es el método convencional para la obtención del vino, debido a que la fermentación alcohólica y maloláctica se producen de manera espontánea a partir de las levaduras y bacterias intrínsecas de la uva. Estas fermentaciones, que son las etapas limitantes, son lentas. En este apartado se evaluará otra manera de realizar ambas fermentaciones, manteniendo el diseño de la planta, simplemente habrá cambios en la operación del proceso, tales como, añadir levaduras y bacterias comerciales para acelerar ambas fermentaciones. Se estudiará su viabilidad económica para poder realizar la comparativa con el proceso principal descrito.

## 7.1 Fermentación alcohólica

En esta operación el papel principal lo llevan las levaduras y el tipo de levaduras condicionará las características de la fermentación. Están las levaduras autóctonas, las que se han empleado en el diseño del proceso bajo estudio, que provienen del propio viñedo, es decir, de la uva, y con dichas levaduras lo único que hay que hacer es dejar que el mosto comience una fermentación espontánea, asegurando unas condiciones óptimas para su correcto desarrollo. Por otro lado están las levaduras seleccionadas o comerciales con ellas se realiza una fermentación inoculada, siendo un proceso más controlado, reproducible y homogéneo. A continuación se describirá las principales características de ambas.

### 7.1.1 Fermentación espontánea

Fermentación espontánea es aquella que se lleva a cabo con las levaduras presentes de forma natural en los hollejos de la uva, se trata de una fermentación en la que participan gran cantidad de levaduras, que van creciendo y desarrollándose secuencialmente. Dicha fermentación tiene un periodo de tiempo de 7 días, durante dicho periodo las levaduras van pasando por diferentes fase. Si es cierto, que con dichas levaduras autóctonas hace que el vino consiga una identidad de la zona geográfica donde se haya elaborado.

Aunque no todo es bueno en esta elección ya que las variaciones de poblaciones de levaduras pueden alterar el correcto desarrollo de la fermentación alcohólica. Ya que las levaduras autóctonas en el viñedo están expuestas a los fenómenos climatológicos y puede causar cambios en la ecología del viñedo que a su vez puede acarrear grandes alteraciones en la dinámica de la fermentación alcohólica. Uno de los ejemplos más claros de estos cambios es el que puede causar la lluvia. Las levaduras crecen sobre las pieles de las uvas por lo que la lluvia es capaz de arrastrar gran cantidad de ellas, dejando las uvas muy pobres en levaduras capaces de fermentar. Si al entrar en bodega no hay suficiente carga microbiológica en las uvas el inicio de la fermentación puede retrasarse, quedando el mosto expuesto a posibles contaminaciones.

Aunque en el proceso de la planta, las uvas que entran están supervisadas con un previo estudio para analizar que estén en el estado óptimo.

### 7.1.2 Fermentación inoculada

En cambio, la fermentación inoculada es aquella que se realiza con levaduras comerciales seleccionadas y cultivadas en el laboratorio. La inoculación con levadura seca activa (LSA) asegura casi con total certeza que el mosto se va a transformar en vino y además lo hará en un espacio de tiempo reducido. En el caso de las levaduras que se utilizan para inocular se seleccionan en primer lugar en base a sus actividades fermentativas y en segundo en base a la producción de metabolitos secundarios. Con el procedimiento de inoculación se puede terminar la fermentación alcohólica del vino en aproximadamente cinco días, en cambio una fermentación espontánea se necesita mínimo una semana o más.

Conseguir una rápida fermentación conducida por inóculos de LSA implica un importante ahorro de tiempo que se traduce a su vez en ahorro de dinero y optimización del proceso. Es muy importante liberar los fermentadores tan pronto como se posible para continuar vinificando. Además, también se asegura una homogeneidad fermentativa en toda la bodega.

El mayor problema, y a su vez la mayor virtud, que presenta la fermentación inoculada es la homogeneidad que se consigue en sus vinos. La homogeneidad en ciertas tipologías de vino es signo de calidad. Vinos fermentados con la misma LSA pueden tener, en muchas ocasiones, un perfil organoléptico muy similar. El riesgo de la eliminación de las diferencias es que nos puede llevar a una excesiva homogeneidad con la consiguiente pérdida de tipicidad regional o varietal.

Ni la enología ni la biotecnología respaldan que una fermentación sea mejor o peor que la otra, simplemente dicen que son diferentes. Diferentes tanto en su proceso como en el vino que producen. La calidad del vino depende de multitud de factores y no tendría ningún sentido centrarla exclusivamente en la fermentación alcohólica y los microorganismos implicados en ella. Éste es únicamente uno de los muchos puntos en los que el enólogo decide cómo quiere elaborar su vino, ya que el enólogo es quien en última instancia decide cómo llevar su elaboración y todo depende principalmente del vino que se quiera elaborar. Lo que si se debe dejar claro de entrada es que con ambos tipos de fermentación alcohólica se pueden producir y de hecho se producen vinos de calidad.

## 7.2 Fermentación maloláctica

Para no extender estos apartados teóricos y que no sea repetitivo, solo saber que con la fermentación maloláctica ocurre lo mismo que con la fermentación alcohólica, simplemente que su papel fundamental en vez de ser levaduras son bacterias. Usando bacterias autóctonas se consigue una fermentación maloláctica espontánea y con bacterias seleccionadas se consigue una fermentación maloláctica inoculada.

Además saber que, con el procedimiento de inoculación se puede terminar la fermentación maloláctica del vino en aproximadamente ocho días, en cambio una fermentación espontánea se necesita 10-15 días.

## 7.3 Opción elegida para la mejora de la planta

Una vez estudiado los conceptos teóricos, la mejora de la planta va ser realizar tanto la fermentación alcohólica como la fermentación maloláctica mediante fermentación inoculada. Recordando que con ambas fermentaciones se obtiene un vino de calidad.

Usando esta vía menos convencional de fermentación se comprueba que, de ambas fermentaciones se reducen dos días de operación, casi un 30% con respecto a la tradicional. Como la planta está diseñada para unas condiciones y no se quieren cambiar, para aprovechar esos días excedentes se introducirán más suministro de materia prima, en concreto dos lotes de uvas, uno cada día, y así aumentar la producción. Se analizará si el coste adicional tanto de levaduras y bacterias comerciales como el aumento de suministro de materia prima es rentable y es compensado por el beneficio obteniendo por la mayor producción.

Lo primero de todo es la selección de levaduras y bacterias comerciales; se ha elegido tanto para vino tinto joven como vino tinto crianza, las levaduras seleccionadas de la cepa *Saccharomyces cerevisiae var. Cerevisiae*, carácter “Viniferm 3D (ver en el anexo 15 la ficha técnica) y en cuanto a las bacterias lácticas se han seleccionado las cepas *Oenococcus Oeni* (ver en el anexo 16 la ficha técnica). En la Tabla 69 se muestra las cantidades necesarias en toda la campaña de ambas especies.

Tabla 69. Cantidad necesaria por campaña de levaduras y bacterias comerciales

	Dosis recomendada	Cantidad por campaña
<b>Levaduras activa</b>	20 – 30 g/hl	35.250 g
<b>Bacterias lácticas</b>	0,1 ml/l	11.436 ml

Ya seleccionadas ambas especies, hay que conocer la producción de la planta con estas nuevas condiciones de entrada, el resultado viene recogido en la Tabla 70.

Tabla 70. Producción de vino con la mejora

Tipo de vino	Producción (l/campaña)
Vino prensa	1.620
Vino tinto joven	54.570
Vino tinto crianza	53.615

A continuación, se volverá a calcular la evaluación económica de la alternativa de mejora para comprobar si dicha opción es rentable o no. Para ello, habría que calcular de nuevo los parámetros descritos en el apartado 6 (Evaluación económica), pero solo aquellos que varían, siendo: el coste circulante ya que depende exclusivamente de los costes de operación y éstos cambian en los costes de materias primas, y por último, los ingresos de la planta. Todos ellos serán explicados a continuación.

Se comienza con los costes de materias primas, éstos varían ya que hay que comprar las levaduras y las bacterias comerciales, los dos lotes de uvas y el incremento de botellas, tapones y cápsula. En la tabla siguiente viene todo detallado.

Tabla 71. Coste de materia prima con la mejora (\$/año)

Concepto	Unidad	€/Ud.	Total (€)	Total corregido (\$)
Uva	165.000 kg	0,32 €/kg	52.800	59.136,00
Sulfito	111,2 hg	1,93 €/hg	214,62	240,37
Levaduras	35.250 g	0,06 €/g	2.115	2.368,80
Bacterias	11.436 ml	2,95 €/l	33,74	37,78
Botella 75 cl	144.300 Ud.	0,19 €/Ud.	27.417	30.707,04
Tapón corcho	144.300 Ud.	0,11 €/Ud.	15.873	17.777,76
Cápsula	144.300 Ud.	0,20 €/Ud.	28.860	32.323,20
<b>COSTE DE MATERIA PRIMA TOTAL (\$/año)</b>				<b>142.590</b>

Realizando el cambio del coste de materias primas, el coste de circulante y los costes de operaciones quedan como vienen reflejados en la Tabla 72.

Tabla 72. Resultado del coste circulante y coste de operación

Coste circulante (M\$)	Coste de operación (M\$)
0,044	0,262

Y, por último, en las siguientes tablas se muestran los ingresos, recordando que los dos primeros años son diferentes al resto de los años debido a que a partir del tercer año se obtiene vino tinto crianza.

Tabla 73. Ingresos de venta en el primer y segundo año con la mejora

Producto	Botellas (Ud.)	Precio por botella (€/bot)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Tinto joven	72.770	4,7	342.019	383.061,28
Producto	Granel (l)	Precio por litros (€/l)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Vino prensa	1.620	1,8	2.916	3.265,92
<b>TOTAL (\$/año)</b>				<b>386.327</b>

Tabla 74. Ingresos de venta a partir del tercer año con la mejora

Producto	Botellas	Precio por botella (€/bot)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Tinto joven	72.770	4,7	342.019	383.061,28
Tinto crianza	71.490	5,8	414.642	464.399,04
Producto	Granel	Precio por litros (€/l)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Vino prensa	1.620	1,8	2.916	3.265,92
<b>TOTAL (\$/año)</b>				<b>850.726</b>

Tabla 75. Ingresos de venta de los subproductos con la mejora

Subproducto	Cantidad (kg/año)	Precio de venta (€/kg)	Total (€/año)	Total corregido (\$/año)
Raspones	9.900	0,03	297	332,64
Orujos	27.685	0,05	1.384	1.500,36
Lías	5.119	0,62	3.174	3.554,63
<b>TOTAL (\$/año)</b>				<b>5.437</b>

Teniendo calculado los nuevos parámetros para introducirlos en los flujos de caja, tal y como se muestran en la Tabla 81 y en la Tabla 82 del anexo 17, se puede obtener el VAN y el TIR para poder comparar dichas alternativas, ambos valores se encuentran en la Tabla 76.

Tabla 76. Resultados del VAN y la TIR con la mejora

VAN (M\$)	TIR (%)
2,89	25

Por tanto, a modo de conclusión, se recogen en la siguiente tabla los resultados tanto de de las evaluaciones económicas como los cambios que efectúan en el proceso de las dos variantes estudiadas en el trabajo.

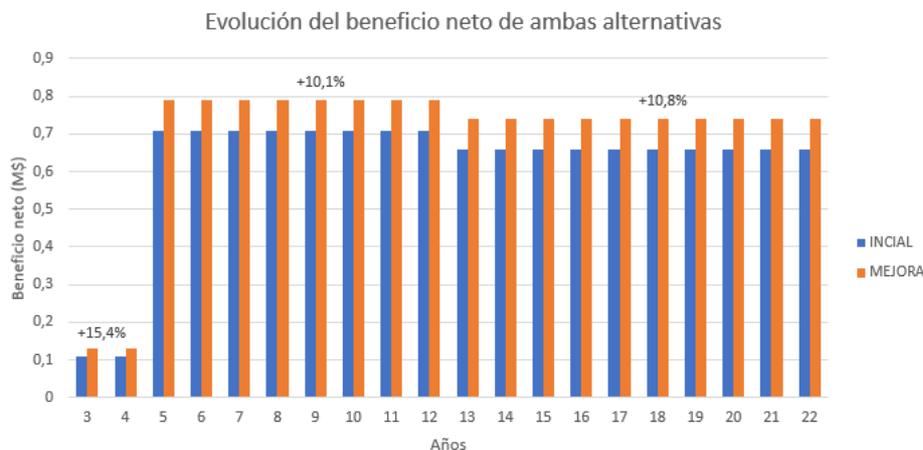
Tabla 77. Comparativa de las diferentes alternativas

		Alternativa inicial	Alternativa de mejora
<b>Duración de fermentación alcohólica (días)</b>		7	5
<b>Duración de fermentación maloláctica (días)</b>		10	8
<b>Levaduras comerciales</b>		NO	SI
<b>Bacterias comerciales</b>		NO	SI
<b>Producción por campaña global (l/campaña)</b>		99.823	109.805
<b>Costes (M\$)</b>		0,247	0,262
<b>Ventas (M\$)</b>	<b>Dos primeros años</b>	0,36	0,39
	<b>A partir del tercer año</b>	1,13	1,24
<b>VAN (M\$)</b>		2,41	2,89
<b>TIR (%)</b>		23	25
<b>PB (años)</b>		4,66	4,37

Con la alternativa de mejora se aumenta la producción a 109.805 litros por campaña, comparada con la producción de 99.823 de la propuesta inicial, es decir, un 9% más de producción inicial.

Estudiando de nuevo los flujos de caja para la alternativa de mejora (ver anexo 17, en la Tabla 81y Tabla 82) se demuestra que hay un aumento de beneficio, es decir, la producción de la última alternativa supera el aumento de costes que se producen en ella debido al aumento de materia prima, de suministrar las levaduras y bacterias comerciales, el aumento de botellas, etc.

Recordando que los dos primeros años está la planta en construcción, es decir, la planta se pone en marcha al tercer año que es cuando comienza a tener beneficios, y analizando las dos alternativas en la Gráfica 1 se comprueba que la alternativa de mejora tiene un aumento de beneficio tal que, los dos primeros años de estar operativa se obtiene un aumento del 15,4% y a partir del tercer año hasta el año 12 hay un aumento del 10,1% y de ese año hasta terminar el periodo útil de la planta un 10,8%, todo queda reflejado en la siguiente gráfica.



Gráfica 1. Evolución del beneficio neto (M\$) de las dos alternativas estudiadas

También se puede comparar las dos alternativas sabiendo cuál de ellas ofrecería una mayor rentabilidad a este proyecto, se ha hecho uso de criterios objetivos que son aquellos basados en los resultados económicos que se espera del proyecto. Por lo que, lo más habitual es evaluarlo a través del VAN y la TIR, ambos son herramientas financieras que permiten evaluar las rentabilidades esperadas.

VAN (Valor Actual Neto), es el beneficio económico que aporta el proyecto ajustado al momento actual mediante la tasa de descuento, ofrece resultados en términos absolutos, en unidades monetarias. El cual para calcularlo se ha tenido ayuda del flujo de caja y la inversión del proyecto, tal y como se refleja en la Ecuación 6.8.

Solo se llevaría a cabo aquellas alternativas con VAN positivo, priorizando las que tengan el valor más alto, puesto que cuando el VAN es mayor que 0, la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida y el proyecto crea valor para la bodega. Aunque el VAN tiene muchas limitaciones a la hora de considerar circunstancias imprevistas o excepciones en el mercado.

Como bien se puede observar en la tabla comparativa (Tabla 77), los dos VAN son positivos, por lo que se podría aceptar las dos alternativas, ya que producirían ganancias, pero, el más positivo de las dos es la propuesta de mejora con un valor de 2,89 M\$ frente a 2,51 M\$ que presenta la alternativa inicial.

El segundo criterio utilizado para comparar las tres alternativas planteadas es la TIR.

La TIR es un indicador financiero muy parecido al valor actual neto (VAN), pero a diferencia de este no es un indicador de valor sino de rentabilidad, proporciona una medida relativa, expresada en tanto por ciento. Es una manera similar de evaluar inversiones, ya que sería el tipo de interés en el cual el VAN es igual a cero (Ecuación 6.9).

Por lo tanto, si se está contemplando elegir una de las alternativas, tendría sentido escoger aquella cuya tasa interna de retorno sea superior o igual al tipo de interés que se desea que en este caso es del 10%. Al igual que sucede con el VAN, en este caso también se escoge la que tenga una TIR superior, que como se puede comprobar en la Tabla 77 sería también la alternativa de mejora, que tiene una TIR de 25% frente a la otra alternativa que es de un 23%. De esto se puede deducir que al ser mayor que cero la TIR el proyecto analizado devuelve el capital invertido más un ganancial adicional, el proyecto se consideraría rentable, y por ende sería rentable.

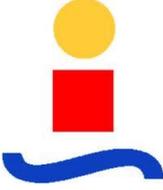
Tras comparar los diferentes resultados, tanto del VAN como de la TIR coincide así que, se puede concluir que la mejor alternativa es la última, “la alternativa de mejora, cambiando precios”, ya que su VAN y su TIR, son superiores comparada con la alternativa inicial, y, por lo tanto, ofrecería una mayor rentabilidad a la empresa.

Cierto es que la diferencia en cuanto a los resultados del VAN y la TIR en las diferentes alternativas, no es muy significativa, las dos aportarían rentabilidad y valor al proyecto, pero de ellas como ya se ha mencionado se haría uso de la última alternativa, que es la que más rentabilidad ofrece, por ínfima que fuese la diferencia con respecto a las demás alternativas.

Analizando el pay back, último parámetro indicado en la Tabla 77, que dicho parámetro es el tiempo que debe transcurrir para recuperar la inversión inicial del proyecto, nuevamente la mejor opción es la alternativa de mejora ya que la inversión inicial se recuperaría en un menor tiempo.

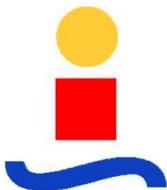
Y, por último, se ha analizado que con la alternativa última se puede bajar el precio de la botella 8,5% si el mercado no recibe bien el precio propuesto inicialmente, obteniendo así la misma rentabilidad que la propuesta inicial.

## 8 HOJAS DE ESPECIFICACIONES

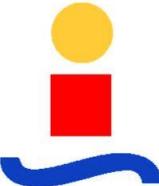
	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE FERMENTADOR ALCOHÓLICO	
	HOJA 1 DE 1	
	TAG EQUIPO	R-101 A/B
	CANTIDAD	10
Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>		
DATOS GENERALES		
DENOMINACIÓN EQUIPO	Fermentador alcohólico	
DESCRIPCIÓN	Depósito donde se lleva a cabo la fermentación alcohólica, se introduce el mosto recién refrigerado y en él se produce el vino.	
DATOS DE OPERACIÓN		
FLUIDO	Mosto	
TEMPERATURA ENTRADA (°C)	25	
TEMPERATURA SALIDAD (°C)	21	
PRESIÓN (bar)	1,013	
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	1.100	
VOLUMEN ÚTIL (%)	80	
CAMISA REFRIGERACIÓN, FLUIDO	Sí, agua	
TEMPERATURA ENTRADA (°C)	7	
TEMPERATURA SALIDAD (°C)	12	
CAUDAL REFRIGERANTE (kg/h)	237,6	
DATOS TÉCNICOS		
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	8	
DIÁMETRO (m)	1,90	
ALTURA (m)	3,11	
POSICIONAMIENTO	Vertical	
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Acero inoxidable	

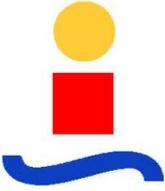
	<b>HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE FERMENTADOR MALOLÁCTICO</b>	
	HOJA 1 DE 1	
	<b>TAG EQUIPO</b>	TK-101 A/B
	<b>CANTIDAD</b>	11
Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Fermentador maloláctico	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Depósito donde se lleva a cabo la fermentación maloláctica, se introduce el vino producido en el fermentador alcohólico y el vino de primera prensa.	
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>FLUIDO</b>	Vino	
<b>TEMPERATURA ENTRADA (°C)</b>	21	
<b>TEMPERATURA SALIDA (°C)</b>	21	
<b>PRESIÓN (bar)</b>	1,013	
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.005	
<b>VOLUMEN ÚTIL (%)</b>	80	
<b> AISLAMIENTO</b>	No	
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	5,5	
<b>DIÁMETRO (m)</b>	1,77	
<b>ALTURA (m)</b>	2,65	
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Vertical	
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable	

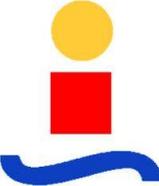
HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE			
	HOJA 1 DE 2		Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	<b>TAG EQUIPO</b>	TC-101 A/B	
	<b>CANTIDAD</b>	5	
DATOS GENERALES			
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Tanque de clarificación		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Depósito en el que se almacena el vino tras la fermentación maloláctica y se produce la primera operación de acondicionamiento, la clarificación.		
DATOS DE OPERACIÓN			
<b>FLUIDO</b>	Vino		
<b>TEMPERATURA ENTRADA (°C)</b>	21		
<b>TEMPERATURA SALIDAD (°C)</b>	21		
<b>PRESIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.005		
<b>VOLUMEN ÚTIL (%)</b>	80		
<b> AISLAMIENTO</b>	No		
DATOS TÉCNICOS			
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	12,1		
<b>DIÁMETRO (m)</b>	2,03		
<b>ALTURA (m)</b>	3,05		
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Vertical		
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable		

<b>HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE</b>			
	HOJA 2 DE 2		Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	<b>TAG EQUIPO</b>	TE-101 A/B	
	<b>CANTIDAD</b>	4	
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Tanque de estabilización tartárica		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Depósito en el que se almacena el vino tras la clarificación y se produce la segunda operación de acondicionamiento, la estabilización tartárica mediante frío.		
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>FLUIDO</b>	Vino		
<b>TEMPERATURA ENTRADA (°C)</b>	-5,5		
<b>TEMPERATURA SALIDA (°C)</b>	-3		
<b>PRESIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.005		
<b>VOLUMEN ÚTIL (%)</b>	80		
<b>AI SLAMI ENTO</b>	Si		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>			
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	12,1		
<b>DIÁMETRO (m)</b>	2,03		
<b>ALTURA (m)</b>	3,05		
<b>POSICIONAMIENTO</b>	Vertical		
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable		

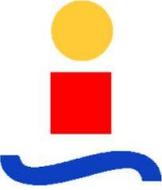
<b>HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE INTERCAMBIADOR DE CALOR</b>			
	HOJA 1 DE 2		Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	TAG EQUIPO	E-101	
	CANTIDAD	1	
<b>DATOS GENERALES</b>			
DENOMINACIÓN EQUIPO	Intercambiador de carcasa y tubos		
DESCRIPCIÓN	Enfriamiento del mosto de entrada al fermentador alcohólico (R-101 A/B).		
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>			
LOCALIZACIÓN FLUIDO	TUBOS	CARCASA	
FLUIDO	Mosto	Agua	
CAUDAL (kg/min)	19,6	22,1	
DISPOSICIÓN DE FLUIDOS	Caliente	Frío	
TEMPERATURA ENTRADA (°C)	25	10	
TEMPERATURA SALIDAD (°C)	14	18,5	
PRESIÓN (bar)	1,013	1,013	
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	1.100	999,2	
VISCOSIDAD (Pa·s)	0,00137	0,00116	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/(m·K))	0,440	0,576	
FACTOR DE ENSUCIAMIENTO (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,0002	0,0001	
VELOCIDAD DEL FLUIDO (m/s)	1,112	2,416	
CALOR INTERCAMBIADO (kW)	13,12	13,12	
<b>DATOS TÉCNICOS</b>			
ÁREA (m <sup>2</sup> )	0,964		
LONGITUD (m)	3,865		
NÚMERO DE TUBOS	5		
DIÁMETRO DE LA CARCASA (in)	2,434		
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Acero inoxidable		

HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE INTERCAMBIADOR DE CALOR			
	HOJA 2 DE 2		Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	TAG EQUIPO	E-102	
	CANTIDAD	1	
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN EQUIPO	Intercambiador de carcasa y tubos		
DESCRIPCIÓN	Enfriamiento del vino de entrada al depósito de estabilización tartárica (TE-101 A/B).		
DATOS DE OPERACIÓN			
LOCALIZACIÓN FLUIDO	TUBOS	CARCASA	
FLUIDO	Vino	Agua glicolada	
CAUDAL (kg/min)	70,32	90,36	
DISPOSICIÓN DE FLUIDOS	Caliente	Frío	
TEMPERATURA ENTRADA (°C)	21	-10	
TEMPERATURA SALIDA (°C)	-5,5	15	
PRESIÓN (bar)	1,013	1,013	
DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	1.005	1.053	
VISCOSIDAD (Pa·s)	0,0025	0,0034	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/(m·K))	0,6	0,43	
FACTOR DE ENSUCIAMIENTO (m <sup>2</sup> ·K/W)	0,0002	0,0001	
VELOCIDAD DEL FLUIDO (m/s)	4,37	9,35	
CALOR INTERCAMBIADO (kW)	124,1	124,1	
DATOS TÉCNICOS			
ÁREA (m <sup>2</sup> )	8,916		
LONGITUD (m)	35,75		
NÚMERO DE TUBOS	5		
DIÁMETRO DE LA CARCASA (in)	2,434		
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Acero inoxidable		

HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA			
	HOJA 1 DE 4		Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	<b>TAG EQUIPO</b>	P-102 A/B	
	<b>CANTIDAD</b>	5	
	<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Bomba centrífuga		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Bomba centrífuga encargada de realizar los remontados del fermentador alcohólico.		
DATOS DE OPERACIÓN			
<b>FLUIDO</b>	Mosto		
<b>CAUDAL (kg/h)</b>	1.946		
<b>TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)</b>	25		
<b>TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)</b>	45		
<b>PRESIÓN DE ASPIRACIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>PRESIÓN DE IMPULSIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.100		
<b>VISCOSIDAD (Pa·s)</b>	0,00137		
<b>POTENCIA CONSUMIDA (kW)</b>	5,5		
DATOS TÉCNICOS			
<b>MODELO</b>	MSVA-3/5,5		
<b>DIÁMETRO INTERNO (m)</b>	0,0515		
<b>ALTURA (m)</b>	91		
<b>NPSH REQUERIDO (m)</b>	0,437		
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable		

	<b>HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA</b>		
	HOJA 2 DE 4		Proyecto:
	<b>TAG EQUIPO</b>	P-103	<b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	<b>CANTIDAD</b>	1	
<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Bomba centrífuga		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Bomba centrífuga encargada de impulsar el vino desde el fermentador maloláctico al depósito de clarificación.		
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>FLUIDO</b>	Vino		
<b>CAUDAL (kg/h)</b>	4.420		
<b>TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)</b>	21		
<b>TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)</b>	41		
<b>PRESIÓN DE ASPIRACIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>PRESIÓN DE IMPULSIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.005		
<b>VISCOSIDAD (Pa·s)</b>	0,0025		
<b>POTENCIA CONSUMIDA (kW)</b>	0,75		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>			
<b>MODELO</b>	NKP-G 32-125.1-102-0.75 AA		
<b>DIÁMETRO INTERNO (m)</b>	0,0515		
<b>ALTURA (m)</b>	13		
<b>NPSH REQUERIDO (m)</b>	3,335		
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable		

HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA			
	HOJA 3 DE 4		Proyecto: <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>
	<b>TAG EQUIPO</b>	P-104	
	<b>CANTIDAD</b>	1	
	<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Bomba centrífuga		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Bomba centrífuga encargada de impulsar el vino desde el depósito de clarificación hacia el filtro de placas (F-101).		
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>			
<b>FLUIDO</b>	Vino		
<b>CAUDAL (kg/h)</b>	4.199		
<b>TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)</b>	21		
<b>TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)</b>	41		
<b>PRESIÓN DE ASPIRACIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>PRESIÓN DE IMPULSIÓN (bar)</b>	1,013		
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.005		
<b>VISCOSIDAD (Pa·s)</b>	0,0025		
<b>POTENCIA CONSUMIDA (kW)</b>	0,75		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>			
<b>MODELO</b>	NKP-G 32-125.1-102-0.75 AA		
<b>DIÁMETRO INTERNO (m)</b>	0,0515		
<b>ALTURA (m)</b>	13		
<b>NPSH REQUERIDO (m)</b>	3,064		
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable		

	<b>HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA</b>	
	HOJA 4 DE 4	
	<b>TAG EQUIPO</b>	P-105
	<b>CANTIDAD</b>	1
<b>Proyecto:</b> <b>PLANTA PRODUCCIÓN DE VINO TINTO A PARTIR DE UVA TEMPRANILLO</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>		
<b>DENOMINACIÓN EQUIPO</b>	Bomba centrífuga	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Bomba centrífuga encargada de impulsar el vino desde el depósito de estabilización tartárica hacia el filtro de placas (F-102).	
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>FLUIDO</b>	Vino	
<b>CAUDAL (kg/h)</b>	4.163	
<b>TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)</b>	2	
<b>TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)</b>	22	
<b>PRESIÓN DE ASPIRACIÓN (bar)</b>	1,013	
<b>PRESIÓN DE IMPULSIÓN (bar)</b>	1,013	
<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.005	
<b>VISCOSIDAD (Pa·s)</b>	0,0025	
<b>POTENCIA CONSUMIDA (kW)</b>	0,75	
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
<b>MODELO</b>	NKP-G 32-125.1-102-0.75 AA	
<b>DIÁMETRO INTERNO (m)</b>	0,0515	
<b>ALTURA (m)</b>	13	
<b>NPSH REQUERIDO (m)</b>	3,021	
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	Acero inoxidable	

# ANEXOS

## ANEXO 1. Evolución de la superficie de viñedos en España desde 2007 al 2017

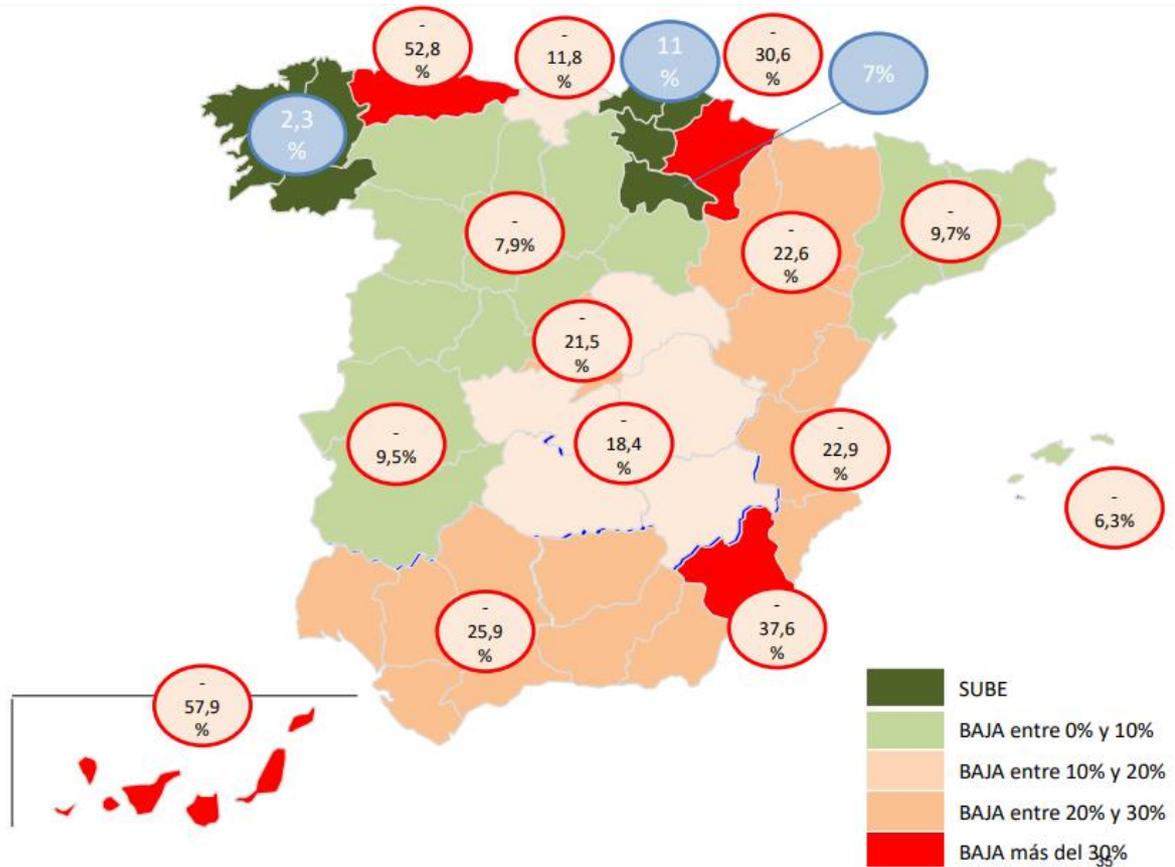


Figura 39. Variación de viñedos en España por CCAA del 2007 al 2017

**ANEXO 2.** Producción de vino por comunidad autónoma (CCAA), diferenciado por categorías y color. Campaña 2018-2019. Fuente: INFOVI.

CCAA	Vinos con DOP			Vinos con IGP		
	Tinto/Ros.	Blanco	Total	Tinto/Ros.	Blanco	Total
ANDALUCIA	13.069	880.577	893.646	21.889	25.010	46.899
ARAGON	1.068.870	155.602	1.224.472	29.300	5.163	34.463
ASTURIAS	300	116	416	0	0	0
BALEARES	24.339	12.654	36.993	17.663	9.592	27.255
CANARIAS	27.176	47.292	74.468	57	135	192
CANTABRIA	0	0	0	30	218	248
CASTILLA LA MANCHA	1.834.056	678.654	2.512.710	2.528.231	1.543.857	4.072.088
CASTILLA Y LEÓN	1.202.638	926.932	2.129.570	136.292	63.812	200.104
CATALUÑA	750.501	2.218.324	2.968.825	4.104	3.194	7.298
EXTREMADURA	55.818	74.950	130.768	171.791	245.322	417.113
GALICIA	79.733	374.042	453.775	627	970	1.597
C.MADRID	48.267	15.709	63.976	0	0	0
MURCIA	440.162	19.518	459.680	11.088	0	11.088
NAVARRA	639.568	91.883	731.451	14.388	73	14.461
PAIS VASCO	722.692	112.400	835.092	0	0	0
LA RIOJA	2.250.756	207.453	2.458.209	0	770	770
C.VALENCIANA	1.129.503	476.427	1.605.930	3.725	559	4.284
<b>TOTAL</b>	<b>10.287.448</b>	<b>6.292.533</b>	<b>16.579.981</b>	<b>2.939.185</b>	<b>1.898.675</b>	<b>4.837.860</b>

CCAA	Vinos varietales sin DOP ni IGP			Vinos sin indicación geográfica		
	Tinto/Ros.	Blanco	Total	Tinto/Ros.	Blanco	Total
ANDALUCIA	24.512	3.879	28.391	15.898	292.738	308.636
ARAGON	135.446	10.810	146.256	62.589	3.163	65.752
ASTURIAS	0	0	0	27	5	32
BALEARES	25	0	25	231	72	303
CANARIAS	0	20	20	762	893	1.455
CANTABRIA	12	0	12	276	76	352
CASTILLA LA MANCHA	2.542.231	5.641.980	8.184.211	4.029.990	5.874.043	9.904.033
CASTILLA Y LEÓN	20.022	1.905	21.927	41.895	20.303	65.198
CATALUÑA	10.504	52.191	62.695	56.396	268.011	324.407
EXTREMADURA	178.289	284.088	462.377	764.375	1.866.760	2.631.135
GALICIA	744	894	1.638	10.064	3.993	14.057
C.MADRID	1.277	0	1.277	30.410	30.873	61.083
MURCIA	186.792	7.556	194.348	209.482	9.383	219.365
NAVARRA	62.747	3.161	65.908	34.464	471	34.935
PAIS VASCO	4.290	163	4.453	1.123	580	1.703
LA RIOJA	1.886	733	2.619	25.014	3.814	28.628
C.VALENCIANA	167.161	97.271	264.432	363.364	50.818	413.982
<b>TOTAL</b>	<b>3.335.938</b>	<b>6.104.651</b>	<b>9.440.589</b>	<b>5.649.360</b>	<b>8.425.696</b>	<b>14.075.056</b>

CCAA	Total vino		
	Tinto/Ros.	Blanco	Total
ANDALUCIA	75.368	1.202.204	1.277.572
ARAGON	1.296.205	174.738	1.470.943
ASTURIAS	327	121	448
BALEARES	42.258	22.318	64.576
CANARIAS	27.995	48.140	76.135
CANTABRIA	318	294	612
CASTILLA LA MANCHA	10.934.508	13.738.534	24.673.042
CASTILLA Y LEÓN	1.403.847	1.012.952	2.416.799
CATALUÑA	821.505	2.541.720	3.363.225
EXTREMADURA	1.170.273	2.471.120	3.641.393
GALICIA	91.168	379.899	471.067
C.MADRID	79.954	46.382	126.336
MURCIA	847.524	36.957	884.481
NAVARRA	751.167	95.588	846.755
PAIS VASCO	728.105	113.143	841.248
LA RIOJA	2.277.656	212.570	2.490.226
C.VALENCIANA	1.663.753	624.875	2.288.628
<b>TOTAL</b>	<b>22.211.931</b>	<b>22.721.555</b>	<b>44.933.486</b>

## ANEXO 3. Diseño tornillo sin fin y cinta transportadora [44]

Diámetro del tornillo (mm.)	Velocidad máxima (r.p.m.) según la clase de material (*)				
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
100	180	120	90	70	30
200	160	110	80	65	30
300	140	100	70	60	25
400	120	90	60	55	25
500	100	80	50	50	25
600	90	75	45	45	25

Figura 40. Velocidad de giro en r.p.m. recomendada en función del diámetro del tornillo y la clase de material

$\delta^\circ$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
K	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81

$\delta^\circ$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
K	0,78	0,76	0,73	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59	0,56

Figura 41. Coeficiente de K para bandas inclinadas

Ancho banda mm	Banda plana m <sup>3</sup> /h	Banda en forma de artesa					
		L <sub>1</sub> mm	L <sub>2</sub> mm	α = 20° m <sup>3</sup> /h	α = 30° m <sup>3</sup> /h	L <sub>1</sub> mm	L <sub>2</sub> mm
300	12	132	20	23	—	—	—
350	17	148	31	35	—	—	—
400	23	165	42	50	—	—	—
450	30	182	55	67	—	—	—
500	38	200	70	84	235	132	91
550	48	218	87	97	256	137	104
600	58	232	106	110	277	142	118
650	69	249	126	131	293	160	146
700	81	266	148	162	310	178	174
750	94	290	177	201	340	184	215
800	108	315	197	240	370	200	256
850	123	332	220	276	390	215	290
900	139	350	254	312	410	230	330
950	156	365	286	351	427	240	371
1000	173	380	318	390	445	250	413
1050	192	400	354	433	467	265	459
1100	212	420	390	476	490	280	505
1150	233	442	438	528	515	297	566
1200	255	465	467	574	540	315	607
1250	278	482	508	627	560	327	691
1300	301	500	550	680	580	340	775
1350	302	510	587	722	592	360	802
1380	304	520	625	765	605	380	830

Figura 42. Q<sub>m</sub> en m<sup>3</sup>/h para v = 1 m/s

Distancia entre centros de tambores o poleas extremas en metros												
Ancho mm	15	30	60	90	120	150	180	240	305	365	460	550
300	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	—	—	—
350	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	—	—	—
400	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,5	—	—	—
450	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1	2,5	—
500	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,8	—
550	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,1	2,5	3,1	—
600	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,3	2,7	3,3	—
650	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,1	2,5	2,9	3,5	4,3
700	0,5	0,6	0,9	1,0	1,3	1,5	1,7	2,2	2,7	3,1	3,6	4,6
750	0,6	0,7	1,0	1,1	1,4	1,6	1,8	2,4	2,9	3,3	3,8	4,9
800	0,6	0,7	1,0	1,1	1,5	1,7	1,9	2,5	3,0	3,5	4,0	5,3
850	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	1,9	2,1	2,8	3,3	3,9	4,6	5,7
900	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	3,0	3,6	4,2	5,1	6,0
950	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,5	3,2	3,9	4,5	5,5	6,4
1 000	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,7	3,4	4,1	4,7	5,8	6,8
1 050	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3	2,6	2,9	3,6	4,3	5,0	6,1	7,1
1 100	0,9	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,1	3,9	4,6	5,3	6,5	7,5
1 150	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,0	3,4	4,2	4,9	5,7	6,9	8,0
1 200	1,0	1,4	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,4	5,2	6,0	7,2	8,4
1 250	1,1	1,5	1,9	2,3	2,8	3,4	3,8	4,6	5,5	6,4	7,5	8,8
1 300	1,1	1,6	2,0	2,4	2,9	3,6	4,0	4,8	5,8	6,7	7,8	9,2
1 380	1,3	1,8	2,2	2,6	3,1	3,9	4,3	5,1	6,2	7,2	8,2	9,7

NOTA.—Si los cojinetes de los rodillos son de deslizamiento y no a bolas, aumentense estos valores en un 75 %.

Figura 43. Potencia neta en CV necesaria para el movimiento de la banda en vacío horizontal (W<sub>1</sub>)

<i>Distancia entre centros de tambores o poleas en metros</i>												
<i>Tm/h</i>	15	30	60	90	120	150	180	240	305	365	460	550
10	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
50	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,5	1,8	2,2	2,6
100	0,6	0,7	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	3,6	4,3	5,1
150	1,0	1,2	1,7	2,1	2,5	3,0	3,3	4,3	5,2	5,8	7,1	8,4
200	1,3	1,6	2,2	2,7	3,3	3,9	4,3	5,6	6,7	7,6	9,6	11,3
250	1,5	1,9	2,6	3,3	3,9	4,6	5,2	6,6	7,9	9,2	11,2	13,3
300	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	5,9	6,8	8,6	10,3	12,0	14,7	16,9
350	2,4	2,9	3,9	4,8	6,0	7,1	8,1	10,2	12,3	14,4	17,6	20,7
400	2,7	3,3	4,4	5,6	6,8	8,0	9,2	11,5	13,9	16,3	19,8	23,3
450	3,0	3,6	5,0	6,3	7,8	9,2	10,5	13,2	15,8	18,4	22,5	26,6
500	3,3	4,0	5,4	6,9	8,3	9,7	11,2	14,1	17,0	19,9	24,2	28,5
600	3,9	4,8	6,5	8,2	10,0	11,7	13,4	16,8	20,4	23,9	29,0	34,2
700	4,5	5,6	7,6	9,6	11,7	13,6	15,7	19,7	23,7	27,8	33,8	39,9
800	5,2	6,4	8,7	11,0	13,3	15,5	17,8	22,5	27,2	31,6	38,7	45,6
900	5,9	7,2	9,9	12,5	15,1	17,7	20,4	25,6	30,9	36,1	44,0	51,9
1 000	6,5	7,9	10,8	13,7	16,6	19,5	22,4	28,2	33,9	39,6	48,4	57,0
1 200	7,7	9,4	12,8	16,2	19,6	23,0	26,4	33,5	40,1	47,0	57,2	67,4
1 400	8,9	10,8	14,8	18,7	22,7	26,6	30,5	38,4	46,3	54,2	66,0	77,8
1 600	10,6	13,5	17,7	22,5	27,2	31,9	36,6	46,1	55,4	65,0	79,2	93,4
1 800	11,8	14,4	19,7	25,0	30,2	35,5	40,7	51,2	61,7	72,2	88,0	103,7
2 000	13,0	15,9	21,7	27,4	33,2	39,0	44,8	56,3	67,9	79,4	96,8	114,1

NOTA.—Si los cojinetes de los rodillos son de deslizamiento y no a bolas, aumentense estos valores en un 75 %.

Figura 44. Potencia neta en CV necesaria para el transporte horizontal de la carga ( $W_2$ )

<i>Elevación en metros</i>														
<i>Tm/h</i>	1,5	3	4,5	6	7,5	9	12	15	18	21	25	30	38	46
10	0,05	0,11	0,15	0,22	0,28	0,33	0,44	0,57	0,66	0,78	0,89	1,11	1,39	1,67
50	0,29	0,56	0,84	1,11	1,40	1,67	2,22	2,78	3,33	3,89	4,44	5,55	6,96	8,34
100	0,58	1,12	1,68	2,22	2,80	3,34	4,44	5,56	6,66	7,78	8,91	11,10	13,90	16,68
150	0,84	1,68	2,51	3,33	4,20	5,01	6,66	8,34	9,99	11,67	13,32	16,65	20,85	25,02
200	1,14	2,28	3,41	4,55	5,68	6,81	9,09	11,4	13,6	15,9	18,2	22,7	28,4	34,1
250	1,43	2,84	4,25	5,66	7,08	8,48	11,31	14,2	16,9	19,8	22,6	28,2	35,3	42,4
300	1,68	3,36	5,02	6,66	8,4	10,0	13,3	16,7	19,9	23,3	26,6	33,3	41,7	50,0
350	1,97	3,92	5,86	7,77	9,8	11,7	15,5	19,6	23,2	27,2	31,0	38,8	48,6	58,3
400	2,28	4,56	6,82	9,1	11,3	13,6	19,2	22,8	27,2	31,8	36,4	45,4	56,8	68,2
450	2,53	5,05	7,58	10,1	12,6	15,2	20,2	25,3	30,3	35,4	40,4	50,5	63,1	75,8
500	2,79	5,56	8,34	11,1	13,9	16,7	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	55,6	69,5	83,3
600	3,36	6,72	10,04	13,3	16,8	20,0	26,6	33,4	39,8	46,6	53,2	66,6	83,4	100,0
700	3,94	7,84	11,72	15,5	19,6	23,4	31,0	39,0	46,4	54,4	62,0	77,6	97,2	116,6
800	4,56	9,12	13,64	18,2	22,6	27,2	38,4	45,6	54,4	63,6	72,8	90,8	113,6	136,4
900	5,05	10,1	15,2	20,2	25,3	30,3	40,4	50,5	60,6	70,7	80,8	101	126	152
1 000	5,8	11,2	16,8	22,2	28,0	33,4	44,4	55,6	66,6	77,8	88,8	111	139	167
1 200	6,7	13,4	20,1	26,6	33,6	40,0	53,2	66,8	79,6	93,2	106,4	133	167	200
1 400	7,9	15,7	23,4	31,0	39,2	46,8	62,0	78	93	109	124	155	194	223
1 600	9,1	18,2	27,3	36,8	45,2	54,4	76,8	91	109	127	145	181	227	263
1 800	10,1	20,2	30,3	40,4	50,5	60,6	80,8	101	121	141	162	202	253	303
2 000	11,4	22,8	34,1	45,5	56,8	68,1	90,9	114	136	159	182	227	284	341

Figura 45. Potencia neta en CV necesaria para la elevación del material ( $W_3$ )

Ancho de banda	CV
300 mm	0,40
400 mm	0,80
500 mm	1,20
600 mm	1,70
800 mm	2,70
1 000 mm	4,00
1 200 mm	6,00
1 400 mm	8,00

Figura 46. Potencia a añadir por cada tripper de descarga, en CV ( $W_4$ )

Tipo de accionamiento		Tipo de tensor		COJINETES FINALES	
				De deslizamiento	De bolas
Simple	Poleas desnudas	Horizontal	Tornillo	0,120	0,115
		Vertical	Automático	0,115	0,110
Simple	Poleas desnudas	Horizontal	Automático	0,108	0,105
		Vertical	Automático	0,110	0,105
Simple	Poleas recubiertas	Horizontal	Automático	0,105	0,103
Tándem	Poleas recubiertas	V. y H.	Automático	0,103	0,102

Figura 47. Factor de tensión en las poleas finales y del tensor

Arco de contacto	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE CONTRAPESO	
	Polea desnuda	Polea recubierta	Polea desnuda	Polea recubierta
160°	1,15	0,98	0,75	0,60
180°	1,00	0,87	0,64	0,52
200°	0,87	0,73	0,54	0,40
210°	0,83	0,67	0,50	0,40
225°	0,70	0,63	0,43	0,34
250°	0,62	0,52	0,37	0,28
275°	0,55	0,43	0,31	0,23
300°	0,45	0,37	0,26	0,19
360°	0,37	0,27	0,21	0,13
400°	0,27	0,20	0,14	0,11
420°	0,25	0,19	0,13	0,09
450°	0,22	0,16	0,11	0,07
480°	0,19	0,14	0,09	0,06

Figura 48. Valor del coeficiente  $K_1$

## ANEXO 4. Catálogo de despalilladora-estrujadora



Figura 49. Despalilladora-estrujadora de la gama Delta E2 más elementos internos

Tipo		E2	E4	E6	E8
Caudal máximo (*)		12 a 20 t/h	25 a 30 t/h	50 a 55 t/h	70 a 80 t/h
Potencia (kW)	Despalilladora (E)	1.85	3.0	4.0	5.5
	Estrujador (F)		1.1	3.0	3.0
	Tolva a husillo secadora	0,55	0,55	1,5	1,5
Voltaje (V)		400	400	400	400
Dimensiones (mm) (sin opción)	Largo	2275	2674	2990	3235
	Ancho	800	950	1160	1262
	Altura	1218	1513	1190	1310
Peso (kg)	Despalilladora sola	255	380	560	780
	Despalilladora + estrujador	325	490	750	970
	Tolva a husillo secadora	45	45	120	120
Diámetro de las perforaciones de la jaula (mm)		22,25 o 32 Intercambiables			
Enjuague automático		Opción	Estándar		
Presentación		Sobre carretilla móvil o fija (en opción)		Fijo	

Figura 50. Características técnicas despalilladora-estrujadora [45]

**ANEXO 5.** Fermentador alcohólico. El llenado y vaciado de los fermentadores de la planta

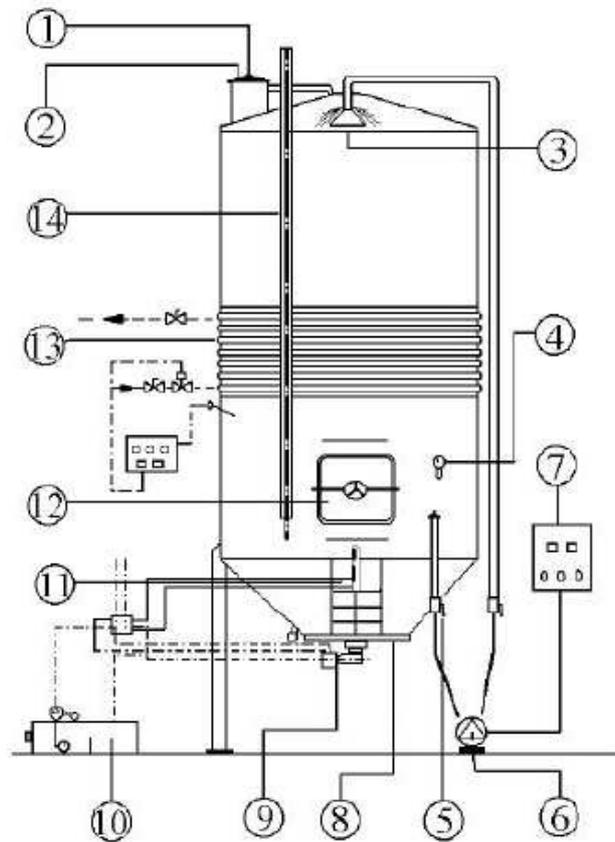


Figura 51. Fermentador alcohólico

Tabla 78. Lista de elementos del fermentador alcohólico

Nº	Elementos	Nº	Elementos
1	Válvula de doble efecto	8	Hélice evacuación de orujos
2	Tapa superior	9	Motor hidráulico para accionamiento de la hélice evacuadora
3	Difusor de remontado	10	Central hidráulica
4	Termómetro	11	Puerta en guillotina con apertura de émbolo hidráulica: puerta de salida de orujos en guillotina con cierres herméticos de seguridad y apertura de accionamiento hidráulico
5	Válvula de bola	12	Puerta circular central de apertura exterior
6	Bomba de remontado	13	Camisa de refrigeración
7	Cuadro eléctrico de automatización remontado	14	Nivel de acero inoxidable y metacrilato



Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo

DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Ent. ut	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500																			
Dep. 1	FA_1	V_L	FA_2	V_L																																				
Dep. 2		FA_1	V_L	FA_2	V_L																																			
Dep. 3			FA_1	V_L	FA_2	V_L																																		
Dep. 4				FA_1	V_L	FA_2	V_L																																	
Dep. 5					FA_1	V_L	FA_2	V_L																																
Dep. 6						FA_1	V_L	FA_2	V_L																															
Dep. 7							FA_1	V_L	FA_2	V_L																														
Dep. 8								FA_1	FA_1	FA_1	FA_1	FA_1	FA_1	V_L	FA_2	V_L																								
Dep. 9									FA_1	FA_1	FA_1	FA_1	FA_1	FA_1	V_L	FA_2	FA_2	FA_2	FA_2	FA_2	FA_2	V_L																		
Dep. 10										FA_1	V_L	FA_2	V_L																											
Dep. 11											FM_1	V_L	FM_2	V_L																										
Dep. 12												FM_1	V_L	FM_2	V_L																									
Dep. 13													FM_1	V_L	FM_2	V_L																								
Dep. 14														FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L																		
Dep. 15															FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L																		
Dep. 16																FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L																	
Dep. 17																	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L																
Dep. 18																		FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L															
Dep. 19																			FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L															
Dep. 20																				FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L														
Dep. 21																					FM_1	FM_1	FM_1	FM_1	V_L	FM_2	V_L													

Figura 52. Llenado y vaciado de los fermentadores

FA<sub>x,y</sub>: Fermentación alcohólica

FM<sub>x,y</sub>: Fermentación maloláctica

V\_L: Vaciado y limpieza del fermentador

Subíndices:

x → número de fermentación realizadas

y → días de fermentación



ANEXO 6. Prensa [46]

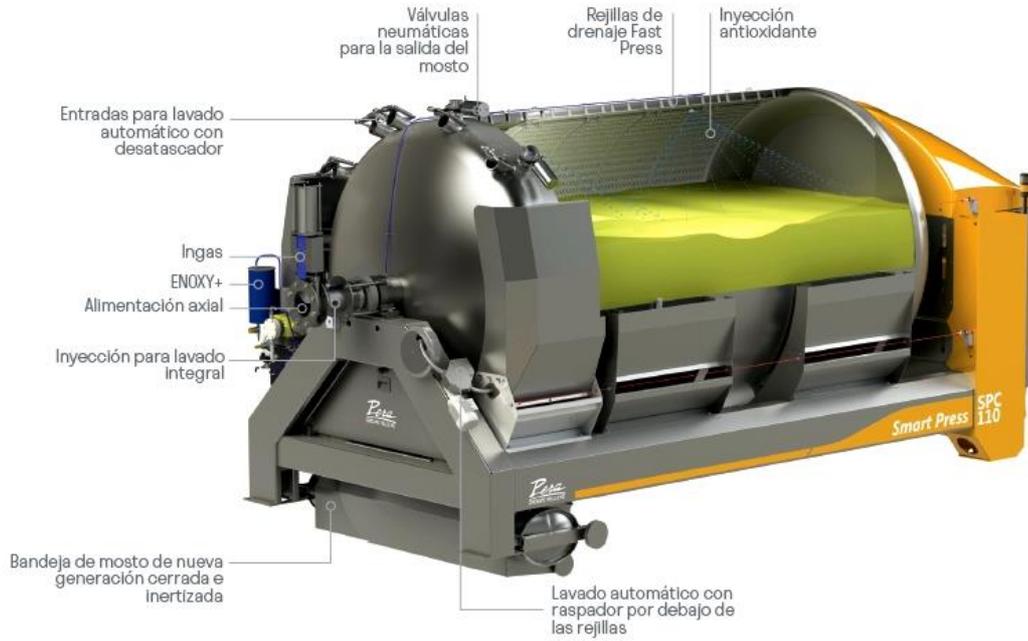


Figura 53. Prensa Smart Press cuba cerrada SPC 40

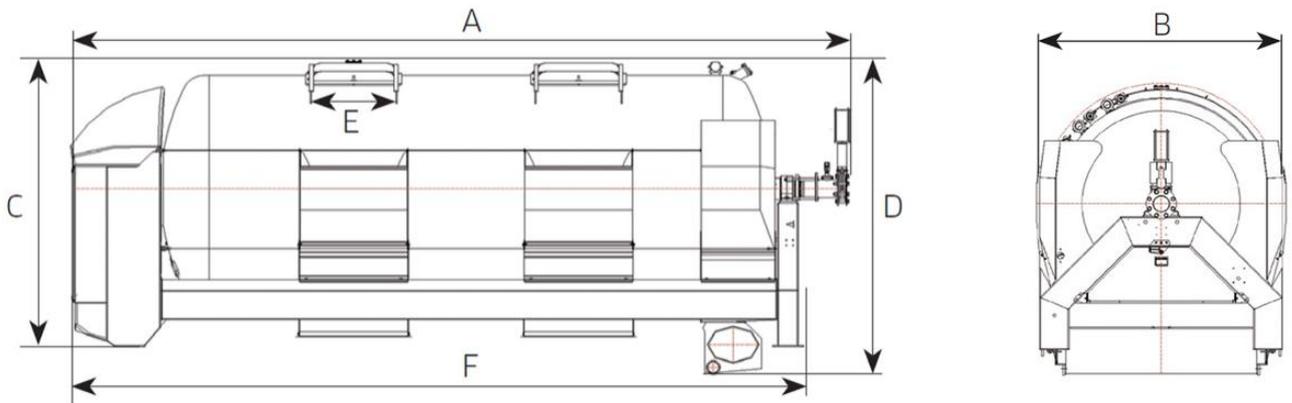


Figura 54. Dimensiones de la prensa

CUBA CERRADA SPC 20 - 150								
MODELO	SPC 20	SPC 30	SPC 40	SPC 50	SPC 65	SPC 80	SPC 110	SPC 150
A	2,85	2,85	4,1	5,1	4,7	5,2	5,35	6,85
B	1,6	1,6	1,8	1,8	2,2	2,2	2,35	2,35
C	1,5	1,5	2	2	2,4	2,4	2,55	2,55
D	1,75	1,75	2,25	2,25	2,5	2,5	2,8	2,8
E	0,56	0,83	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
N.º puertas	1	1	1	1 o 2	1 o 2	1 o 2	1 o 2	1 o 2
Ø entrada axial	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,15	0,15
Peso (kg)	1100	1300	2100	2300	2400	2800	3600	4300
Volumen (hl)	20	30	40	50	67	80	110	150
Capacidad con uva entera (kg)	1800	2800	3600	4500	6000	7200	10000	14000
Capacidad con uva despallada (kg)	5000	7500	10000	12500	16750	20000	27500	37500
Capacidad con orujo en cuba (kg)	6000	9000	12000	15000	20000	24000	33000	45000
Tiempo hasta agotar existencias	1h20 - 2h10	1h20 - 2h10	1h20 - 2h10	1h20 - 2h10	1h20 - 2h20	1h20 - 2h20	1h20 - 2h20	1h20 - 2h20
Tiempo de vaciado	15-20 min	15-25 min						
Potencia de base (kW)	N/A	N/A	N/A	N/A	6,35	6,35	11,25	11,25
Potencia con compresor integrado (kW)	5,95	5,95	10,05	10,05	13,85	13,85	26,25	26,25

Figura 55. Características técnicas de la máquina de prensado

ANEXO 7. Operación de clarificación

DÍAS	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Dep.11	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L															
Dep.12	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L														
Dep.13	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L													
Dep.14	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L												
Dep.15	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L											
Dep.16	FM_1,5	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L										
Dep.17	FM_1,4	FM_1,5	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L									
Dep.18	FM_1,3	FM_1,4	FM_1,5	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L								
Dep.19	FM_1,2	FM_1,3	FM_1,4	FM_1,5	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L	FM_2,1	FM_2,2	FM_2,3	FM_2,4	FM_2,5	FM_2,6	FM_2,7	FM_2,8	FM_2,9	FM_2,10	V_L							
Dep.20	FM_1,1	FM_1,2	FM_1,3	FM_1,4	FM_1,5	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L																	
Dep.21		FM_1,1	FM_1,2	FM_1,3	FM_1,4	FM_1,5	FM_1,6	FM_1,7	FM_1,8	FM_1,9	FM_1,10	V_L																
Dep.22			C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L		C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L									
Dep.23				C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L			C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L							
Dep.24					C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L			C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L						
Dep.25						C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L			C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L					
Dep.26								C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L			C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L			

Figura 56. Llenado y vaciado de los depósitos de clarificación

FM<sub>x,y</sub>: Fermentación maloláctica (especificado al completo en el Anexo 5)

C<sub>x,y</sub>: Clarificación

V\_L: Vaciado y limpieza de los depósitos

Subíndices:

x → número de operaciones realizadas en cada depósito

y → días de fermentación/clarificación



**ANEXO 8.** Operación de estabilización tartárica

DÍAS	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Dep.22	C_1,6	C_1,7	V_L		C_2,1		C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L														
Dep.23	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L		C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L													
Dep.24	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L		C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L											
Dep.25	C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L		C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L										
Dep.26			C_1,1	C_1,2	C_1,3	C_1,4	C_1,5	C_1,6	C_1,7	V_L		C_2,1	C_2,2	C_2,3	C_2,4	C_2,5	C_2,6	C_2,7	V_L								
Dep.27			E_1,1	E_1,2	E_1,3	E_1,4	E_1,5	E_1,6	V_L		E_2,1	E_2,2	E_2,3	E_2,4	E_2,5	E_2,6	V_L		E_3,1	E_3,2	E_3,3	E_3,4	E_3,5	E_3,6	V_L		
Dep.28				E_1,1	E_1,2	E_1,3	E_1,4	E_1,5	E_1,6	V_L		E_2,1	E_2,2	E_2,3	E_2,4	E_2,5	E_2,6	V_L		E_3,1	E_3,2	E_3,3	E_3,4	E_3,5	E_3,6	V_L	
Dep.29						E_1,1	E_1,2	E_1,3	E_1,4	E_1,5	E_1,6	V_L		E_2,1	E_2,2	E_2,3	E_2,4	E_2,5	E_2,6	V_L							
Dep.30								E_1,1	E_1,2	E_1,3	E_1,4	E_1,5	E_1,6	V_L		E_2,1	E_2,2	E_2,3	E_2,4	E_2,5	E_2,6	V_L					

Figura 57. Llenado y vaciado de los depósitos de estabilización tartárica

C<sub>x,y</sub>: Clarificación (especificado al completo en el **Anexo 7**)

E<sub>x,y</sub>: Estabilización tartárica

V\_L: Vaciado y limpieza de los depósitos

Subíndices:

x → número de operaciones realizadas en cada depósito

y → días de clarificación/estabilización



**ANEXO 9.** Operación de filtración

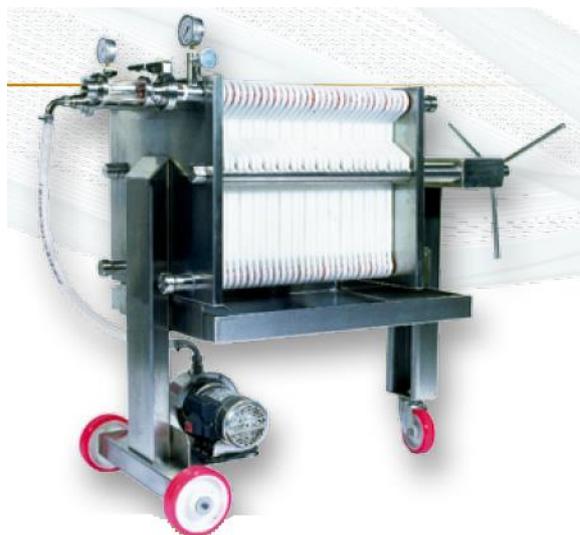


Figura 58. Filtro de placas 40x40 FIL-H

MODELO	MATERIAL	PRODUCCION EN VINO (l/h)	PRODUCCIÓN EN ACEITE (l/h)	POTENCIA (Kw)	SUPERFICIE FILTRANTE (m <sup>2</sup> )
FIL-H INOX 20	INOXIDABLE	2.000	350	0,6	3,04
FIL-H INOX 30	INOXIDABLE	3.000	500	0,6	4,64
FIL-H INOX 40	INOXIDABLE	4.000	650	0,6	6,24
FIL-H INOX 50	INOXIDABLE	5.000	800	0,6	7,84

Figura 59. Características técnicas del filtro



Figura 60. Filtros tangenciales Flavy FX3 ICS

**ANEXO 10.** Transportadores del mosto y vino: manguera.



**Estructura:**

Tubo interior: NR, de calidad alimentaria, blanco, liso.  
 Armadura: hilos sintéticos con una espiral de refuerzo en acero embebida en la pared.  
 Revestimiento: especial a base de polímero, rojo ladrillo.  
 Temperatura: - 30 °C a + 80 °C.  
 Estándar y certificaciones: Regulación FDA 21 CFR 177.2600.  
 Legislación francesa.  
 Todas las pruebas relevantes de migración (Francia y FDA) fueron realizadas y confirmadas de conformidad con el Instituto Francés de Poitiers (IANESCO).

**Características:**

- Excelente flexibilidad y fácil manipulación.
- DN 125 mm: escaso esfuerzo de tracción gracias a la capa deslizante.
- Tubo liso, de calidad alimentaria que evita cualquier desarrollo microbiano.
- Excelente resistencia a los detergentes y a la limpieza al vapor (hasta + 110 °C durante 10 minutos).
- Revestimiento que no mancha.
- No contiene ftalatos.

**Aplicaciones:**

Manguera especialmente concebida para las bodegas de vino: recepción de pasta y aspiración de mosto.



Otras aplicaciones:  

Referencia	Diámetro interior mm.	Diámetro exterior mm.	Presión de trabajo (bar)	Presión de rotura (bar)	Depresión máxima	Peso kg./m	Radio de curvatura mm.	Longitud del rollo (m)
220740038	38.0	51.5	10	30	0.9	1.15	80	20-40
220740050	50.0	65.0	10	30	0.9	1.57	100	20-40
220740063	63.0	77.0	10	30	0.9	1.87	130	20-40
220740070	70.0	86.5	10	30	0.9	2.42	140	20-40
220740075	75.0	91.5	10	30	0.9	2.54	150	20-40

Figura 61. Características técnicas de las mangueras de la planta [47]

ANEXO 11. Catálogos de bombas. Bomba de vendimia

Modelo	Potencia		Potencia (P1)	Amperios trifásico 380V	Caudal m <sup>3</sup> / hora																	
	CV	kW			0	6	9	12	18	21	24	30	33	36	39	48	54	60	66	72	90	93
	Altura en metros																					
MSVA -3/5,5	7,5	5,5	6,8	11,8	91	84,9	81,4	76,5	64,2	54,1	44,7	20,7										
	10	7,5	8,6	14,7	120,3	111,6	107,7	101	83,8	73,2	62,1	32,5										
	12,5	9,2	10,5	18,2	154,5	143	137	129,4	108,5	97,3	83,8	50,5										
MSHA -6/11	15	11	12,9	22,2	179	167,2	159,5	150	123,2	107,6	87,4											
	20	15	17,2	28,8	240,4	227,2	219,2	206,5	171,7	147	118,4											
	10	7,5	9	15,4	76,8		73,8	72,9	68,7	66,2	63	54,1	49,5	44,5	38,9							
MSVB -3R/9,2	12,5	9,2	10,9	18,7	103,5		103	102	95,5	92	85,4	70,7	62,1	53,6	44,5							
	15	11	12,8	22,2	116,6		113,1	111,6	106	101,5	96	83,8	76	67,7	57,8							
	20	15	16,4	27,6	155,5		149,5	146,5	137,5	133	125,8	110	100,5	91	84,8							
MSHB -5/18,5	25	18,5	21,7	35,7	195,5		185,4	181	170,8	163,7	155,5	137,7	126,3	114,1	102							
	30	22	24,7	41,8	226,2		218,6	214,6	203	195,2	185,3	162,6	149,5	135,3	120,2							
	15	11	13	22,5	80,2					78,8	76,8	73,2	71	68,6	65,6	55,2	46,4	34,4				
MSVC -3R/15	20	15	18,3	31	113,2					111,3	109	102,8	98,5	94,1	89,9	72,8	59,3	42,4				
	25	18,5	21,5	35,3	131,3					128,8	126	119,2	115,6	111,3	107	90,9	79,7	63,8	54,5			
	30	22	25,5	43,3	162,2					160,7	157,5	150,3	145,3	139,7	134,1	119,4	98,9	79,3	66,6			
MSHC -5/30	40	30	35,7	59,4	219					212,5	208,5	200	194,5	188,4	181,3	155,5	135,8	111,3	96,6			
	50	37	43,9	72,4	261,5					256,7	252	239,4	233	225	217	189,6	165,5	134,8	118,2			
	20	15	17,9	29,8	79,8								79	78	77	73,4	69,9	66	61,6	56,7	38,4	34,3
MSVD -3R/18,5	25	18,5	22,4	37,2	104								103,2	101,5	99,5	93,2	88,4	82,8	76,7	69,7	44,7	39,9
	30	22	24,9	42,4	119,2								118	116	114	107,4	102,2	95,6	88,9	81,2	56,1	51,5
	40	30	33,7	55,8	155,5								154,7	152,7	150,5	141,4	134,3	126,3	116,7	107	73,2	65,8
MSHD -4/30	50	37	41,9	69,6	197,5								191,4	188	185	173,8	164,4	154	143,4	132	90,9	82,6

Figura 62. Catálogo bombas. AGP bombas: serie SM

MODELO MODEL	P2 NOMINAL		Q m <sup>3</sup> /h l/min	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
	HP	KW		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
NKP-G 32-125.1 - 102 - 0.75 A A	1	0,75		13	12,5	11	8							
NKP-G 32-125.1 - 115 - 1.1 A A	1,5	1,1		17,2	17	15	12,5							
NKP-G 32-125.1 - 125 - 1.5 A A	2	1,5		21	20,8	19	16,8							
NKP-G 32-125.1 - 140 - 2.2 A A	3	2,2		27	26,9	25,9	23	19,5						
NKP-G 32-125 - 110 - 1.1 A A	1,5	1,1		15,8	15,4	14,5	12,9	9,9						
NKP-G 32-125 - 120 - 1.5 A A	2	1,5		19,4	19	18,2	16,8	14,5						
NKP-G 32-125 - 130 - 2.2 A A	3	2,2		23,7	23,4	23	21,8	19,8	16,8					
NKP-G 32-125 - 142 - 3 A A	4	3		28,6	28,2	27,6	26,5	24,6	21,8	17,9				
NKP-G 32-160.1 - 155 - 2.2 A A	3	2,2		32	31	27	22							
NKP-G 32-160.1 - 166 - 3 A A	4	3		38	36	33	28							
NKP-G 32-160 - 151 - 3 A A	4	3		30,5	30	29	27	24	19,5					
NKP-G 32-160 - 163 - 4 A A	5,5	4		36	36	35	33,5	30,5	27	22				
NKP-G 32-160 - 177 - 5.5 A A	7,5	5,5		43,5	43,2	42,6	41,5	39	36	31,5	25,5			
NKP-G 32-200.1 - 188 - 4 A A	5,5	4		51	48	44	37							
NKP-G 32-200.1 - 205 - 5.5 A A	7,5	5,5		57	56	52	46	35						
NKP-G 32-200 - 190 - 5.5 A A	7,5	5,5		47	46,5	45	43	40	35	29				
NKP-G 32-200 - 210 - 7.5 A A	10	7,5		58,5	58	57	56	53	49	44				

Figura 63. Catálogo bombas. Saci pumps: serie NKP-G



Figura 64 Bomba de vendimia modelo “VIAR 600”

MODELO	POTENCIA (Kw)	RENDIMIENTO EN LÍQUIDOS (1bar)	RENDIMIENTO EN UVA DESPALILLADA Y ESTRUJADA (Kg/h)	R.P.M.
VIAR 500	1,5	8.200 l/h	1.000/6.000	72,5
VIAR 600	3	12.500 l/h	2.000/1.000	58

Figura 65. Características técnicas de la bomba helicoidal “VIAR”

ANEXO 12. Intercambiadores carcasa y tubo

O. D. of Tubing	E. W. G. Gauge	Thickness Inches	Internal Area Sq. Inch	Sq. Ft. External Surface Per Foot Length	Sq. Ft. Internal Surface Per Foot Length	Weight Per Ft. Length Steel Lbs.*	I. D. Tubing Inches	Moment of Inertia Inches <sup>4</sup>	Section Modulus Inches <sup>3</sup>	Radius of Gyration Inches	Constant C**	O. D. I. D.	Metal Area (Transverse Metal Area) Sq. Inch
1/4	22	.028	.0295	.0655	.0508	.066	.194	.00012	.00098	.0792	46	1.289	.0195
1/4	24	.022	.0323	.0455	.0539	.054	.206	.00011	.00083	.0810	52	1.214	.0159
1/4	26	.018	.0360	.0655	.0560	.045	.214	.00009	.00071	.0824	56	1.168	.0131
3/8	18	.049	.0663	.0982	.0725	.171	.277	.00068	.0026	.1164	94	1.354	.0502
3/8	20	.035	.0731	.0982	.0798	.127	.305	.00055	.0029	.1213	114	1.233	.0374
3/8	22	.028	.0799	.0982	.0835	.104	.319	.00046	.0025	.1227	125	1.176	.0305
3/8	24	.022	.0860	.0982	.0867	.083	.331	.00038	.0020	.1248	134	1.133	.0244
1/2	16	.065	.1075	.1309	.0963	.202	.370	.0022	.0086	.1556	168	1.351	.0888
1/2	18	.049	.1269	.1309	.1052	.236	.462	.0018	.0072	.1606	198	1.244	.0694
1/2	20	.035	.1452	.1309	.1126	.174	.430	.0014	.0056	.1649	227	1.162	.0511
1/2	22	.028	.1548	.1309	.1162	.141	.444	.0012	.0046	.1671	241	1.126	.0415
5/8	12	.109	.1301	.1636	.1066	.622	.467	.0061	.0197	.1864	202	1.536	.177
5/8	13	.095	.1486	.1636	.1129	.537	.435	.0057	.0183	.1903	232	1.437	.158
5/8	14	.081	.1655	.1636	.1202	.479	.459	.0053	.0170	.1938	258	1.362	.141
5/8	15	.072	.1717	.1636	.1259	.425	.481	.0049	.0158	.1971	283	1.299	.125
5/8	16	.065	.1724	.1636	.1296	.388	.495	.0045	.0145	.1993	300	1.263	.114
5/8	17	.059	.1725	.1636	.1333	.350	.509	.0042	.0134	.2016	317	1.228	.103
5/8	18	.049	.1781	.1636	.1380	.303	.527	.0037	.0118	.2043	340	1.186	.089
5/8	19	.042	.1796	.1636	.1416	.262	.541	.0033	.0105	.2068	358	1.155	.077
5/8	20	.035	.1818	.1636	.1453	.221	.555	.0028	.0091	.2089	377	1.126	.065
3/4	10	.154	.1825	.1963	.1362	.884	.482	.0129	.0344	.2229	285	1.556	.260
3/4	11	.120	.2043	.1963	.1435	.809	.510	.0122	.0326	.2267	319	1.471	.238
3/4	12	.109	.2223	.1963	.1507	.748	.532	.0116	.0305	.2299	347	1.410	.220
3/4	13	.095	.2463	.1963	.1566	.666	.560	.0107	.0285	.2340	384	1.339	.196
3/4	14	.081	.2675	.1963	.1629	.592	.584	.0098	.0262	.2376	418	1.284	.174
3/4	15	.072	.2884	.1963	.1687	.520	.606	.0089	.0238	.2410	450	1.238	.153
3/4	16	.065	.3018	.1963	.1723	.476	.630	.0083	.0221	.2433	471	1.210	.140
3/4	17	.059	.3157	.1963	.1760	.428	.634	.0076	.0203	.2455	492	1.183	.126
3/4	18	.049	.3239	.1963	.1797	.367	.652	.0067	.0178	.2484	521	1.158	.108
3/4	20	.035	.3507	.1963	.1863	.269	.670	.0050	.0134	.2532	567	1.103	.079
7/8	10	.134	.2892	.2291	.1589	1.061	.607	.0221	.0505	.2662	451	1.441	.312
7/8	11	.120	.3166	.2291	.1662	.969	.625	.0208	.0475	.2703	494	1.378	.285
7/8	12	.109	.3390	.2291	.1720	.891	.657	.0196	.0445	.2736	529	1.332	.262
7/8	13	.095	.3585	.2291	.1773	.812	.685	.0180	.0411	.2778	575	1.277	.233
7/8	14	.081	.3848	.2291	.1856	.704	.709	.0164	.0374	.2815	616	1.234	.207
7/8	15	.065	.4259	.2291	.1950	.561	.745	.0137	.0312	.2873	680	1.174	.165
7/8	16	.049	.4742	.2291	.2034	.432	.777	.0109	.0249	.2925	740	1.126	.127
7/8	20	.035	.5090	.2291	.2107	.313	.805	.0082	.0187	.2972	794	1.087	.092
1	8	.125	.3526	.2618	.1754	1.462	.670	.0292	.0784	.3009	550	1.493	.430
1	10	.104	.4000	.2618	.1818	1.277	.732	.0250	.0700	.3098	656	1.366	.364
1	11	.090	.4526	.2618	.1896	1.129	.760	.0227	.0654	.3140	708	1.316	.332
1	12	.079	.4893	.2618	.2047	1.037	.782	.0207	.0615	.3174	749	1.279	.305
1	13	.065	.5152	.2618	.2121	.918	.810	.0180	.0559	.3217	804	1.235	.270
1	14	.063	.5463	.2618	.2183	.813	.834	.0153	.0507	.3255	852	1.199	.239
1	15	.052	.5755	.2618	.2241	.714	.856	.0127	.0455	.3291	898	1.167	.210
1	16	.045	.5945	.2618	.2278	.649	.870	.0110	.0419	.3314	927	1.149	.191
1	18	.045	.6390	.2618	.2361	.496	.902	.0165	.0332	.3366	997	1.109	.146
1	20	.035	.6793	.2618	.2425	.360	.930	.0124	.0247	.3414	1060	1.075	.106
1-1/4	7	.160	.4221	.3272	.2330	2.057	.890	.0690	.1425	.3836	970	1.464	.605
1-1/4	8	.145	.4648	.3272	.2409	1.921	.920	.0647	.1355	.3880	1027	1.359	.565
1-1/4	10	.134	.5574	.3272	.2571	1.598	.982	.0741	.1186	.3974	1182	1.273	.470
1-1/4	11	.120	.6012	.3272	.2644	1.448	1.010	.0688	.1100	.4018	1250	1.238	.426
1-1/4	12	.109	.6265	.3272	.2702	1.329	1.032	.0642	.1027	.4052	1305	1.211	.391
1-1/4	13	.095	.6825	.3272	.2775	1.173	1.050	.0579	.0926	.4077	1377	1.179	.345
1-1/4	14	.082	.7229	.3272	.2828	.823	1.044	.0521	.0833	.4126	1440	1.153	.304
1-1/4	16	.065	.8152	.3272	.2932	.623	1.120	.0426	.0682	.4196	1527	1.116	.242
1-1/4	18	.049	.8842	.3272	.3016	.429	1.152	.0334	.0534	.4250	1626	1.085	.185
1-1/4	20	.035	.1.094	.3272	.3089	.256	1.180	.0247	.0395	.4287	1707	1.059	.134
1-1/2	10	.134	1.192	.3927	.3225	1.955	1.232	.1354	.1806	.4853	1860	1.218	.575
1-1/2	12	.109	1.291	.3927	.3356	1.618	1.282	.1159	.1546	.4923	2014	1.170	.478
1-1/2	14	.082	1.396	.3927	.3482	1.258	1.334	.0931	.1241	.5018	2181	1.124	.370
1-1/2	16	.065	1.474	.3927	.3587	.996	1.370	.0756	.1008	.5079	2299	1.095	.293
2	11	.120	2.423	.5236	.4608	2.410	1.760	.2144	.3144	.6660	3795	1.126	.709
2	13	.085	2.573	.5236	.4739	1.934	1.810	.2586	.2546	.6744	4014	1.105	.569
2-1/2	9	.140	3.015	.6540	.5770	3.719	2.204	.7592	.6074	.8232	5951	1.124	1.094

Figura 66. Intercambiadores carcasa y tubo: características de los tubos [48]

37	35	33	31	29	27	25	23¼	21¼	19¼	17¼	15¼	13¼	12	10	8	I.D. of Shell (in.)		
1269	1143	1019	881	763	663	553	481	391	307	247	193	135	105	60	33	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	One-Pass
1127	1007	889	765	667	577	493	423	343	277	217	157	117	91	57	33	¾" on 1" Δ		
965	865	765	665	587	495	419	355	287	235	183	139	101	85	53	33	¾" on 1" Δ		
699	633	551	481	427	361	307	247	205	163	133	103	73	57	33	15	1" on 1¼" Δ		
595	545	477	413	359	303	255	215	179	139	111	83	65	45	33	17	1" on 1¼" Δ		
1242	1088	964	846	734	626	528	452	370	300	228	166	124	94	58	32	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Two-Pass
1088	972	858	746	646	556	468	398	326	264	208	154	110	90	56	28	¾" on 1" Δ		
940	840	746	644	560	480	408	348	280	222	172	126	94	78	48	26	¾" on 1" Δ		
688	608	530	462	410	346	292	244	204	162	126	92	62	52	32	16	1" on 1¼" Δ		
584	522	460	402	348	298	248	218	172	136	106	76	56	40	26	12	1" on 1¼" Δ		
1126	1008	882	768	648	558	460	398	304	234	180	134	94	64	34	8	¾" on 1½" Δ	U Tubes	Four-Pass
1000	882	772	674	566	464	406	336	270	212	158	108	72	60	26	8	¾" on 1" Δ		
884	778	688	586	500	436	362	304	242	188	142	100	72	52	30	12	¾" on 1" Δ		
610	532	466	396	340	284	234	192	154	120	84	58	42	26	8	XX	1" on 1¼" Δ		
526	404	356	304	258	214	180	134	100	76	58	38	22	12	XX	1" on 1¼" Δ			
1172	1024	904	788	680	576	484	412	332	260	196	154	108	84	48	XX	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Four-Pass
1024	912	802	692	596	508	424	360	292	232	180	134	96	72	44	XX	¾" on 1" Δ		
880	778	688	590	510	440	366	308	242	192	142	126	88	72	48	XX	¾" on 1" Δ		
638	560	486	422	368	308	258	212	176	138	104	78	60	44	24	XX	1" on 1¼" Δ		
534	476	414	360	310	260	214	188	142	110	84	74	48	40	24	XX	1" on 1¼" Δ		
1092	978	852	740	622	534	438	378	286	218	166	122	84	56	28	XX	¾" on 1½" Δ	U Tubes	Four-Pass
968	852	744	648	542	462	386	318	254	198	146	98	64	52	20	XX	¾" on 1" Δ		
852	748	600	500	482	414	342	286	226	174	130	90	64	44	24	XX	¾" on 1" Δ		
584	508	444	376	322	260	218	178	142	110	74	50	30	20	XX	1" on 1¼" Δ			
500	440	384	330	286	238	198	166	122	90	60	50	32	16	XX	1" on 1¼" Δ			
1106	964	844	732	632	532	440	372	294	230	174	116	80	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Six-Pass
964	852	744	640	548	464	388	322	258	202	150	104	66	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
818	724	634	536	460	394	324	266	212	158	116	78	54	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
586	514	442	382	338	274	226	182	150	112	82	56	34	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
484	430	368	318	268	220	184	154	116	88	66	44	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
1058	944	826	716	596	510	416	358	272	206	156	110	74	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	U Tubes	Six-Pass
940	826	720	626	518	440	366	300	238	184	134	88	56	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
820	718	632	534	458	392	322	268	210	160	118	80	56	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
562	488	426	356	304	252	206	168	130	100	68	42	30	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
478	420	362	316	268	224	182	152	110	80	60	42	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
1040	902	790	682	576	484	398	332	258	198	140	94	XX	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	Fixed Tubes	Eight-Pass
902	798	694	588	496	422	344	280	224	170	124	82	XX	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
760	662	576	490	414	352	286	228	174	132	94	XX	XX	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
542	466	400	342	298	240	190	154	120	90	66	XX	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
438	388	334	280	230	192	150	128	94	74	XX	XX	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
1032	916	796	688	578	490	398	342	254	190	142	102	68	XX	XX	XX	¾" on 1½" Δ	U Tubes	Eight-Pass
908	796	692	600	498	422	350	286	226	170	122	82	52	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
792	692	608	512	438	374	300	254	194	146	105	70	48	XX	XX	XX	¾" on 1" Δ		
540	464	404	340	290	238	190	154	118	90	53	38	24	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
456	396	344	300	254	206	170	142	98	70	50	34	XX	XX	XX	XX	1" on 1¼" Δ		
37	35	33	31	29	27	25	23¼	21¼	19¼	17¼	15¼	13¼	12	10	8	I.D. of Shell (in.)		

Figura 67. Intercambiadores carcasa y tubo: diámetro de la carcasa y número de tubos en intercambiadores de placas tubulares fijas y de tubos en U [48]

ANEXO 13. Propiedades físicas de los fluidos

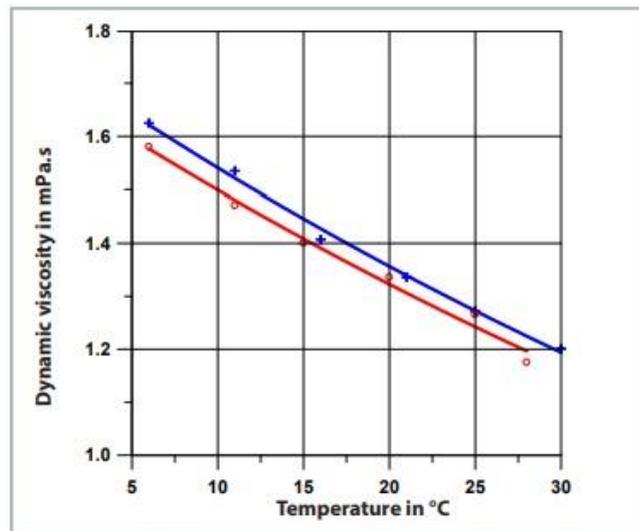


Figura 68. Viscosidad dinámica del mosto en dependencia de la temperatura [49]

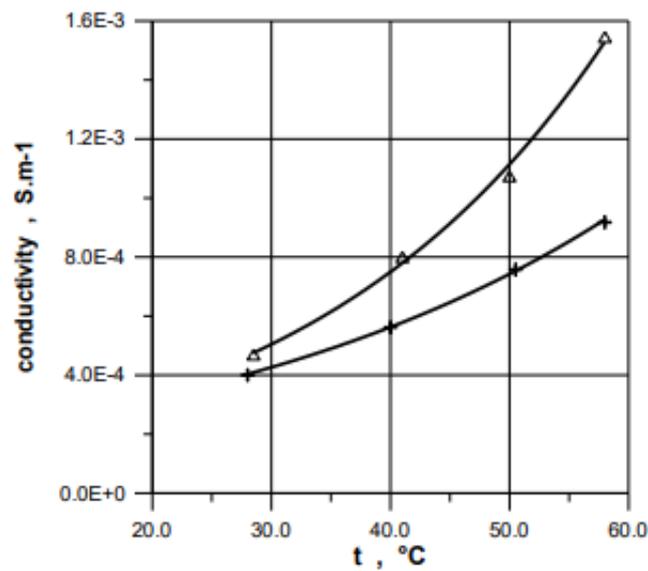


Figura 69. Conductividad del mosto en dependencia de la temperatura

Conductividad	Temperaturas									
	20,2 19,8	20,4 19,6	20,6 19,4	20,8 19,2	21,0 19,0	21,2 18,8	21,4 18,6	21,6 18,4	21,8 18,2	22,0 <sup>(1)</sup> 18,0 <sup>(2)</sup>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
100	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4
150	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7
200	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9
250	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
300	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13
350	1	3	5	6	8	9	11	12	14	15
400	2	3	5	7	9	11	12	14	16	18
450	2	3	6	8	10	12	14	16	18	20
500	2	4	7	9	11	13	15	18	20	22
550	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24
600	3	5	8	11	13	16	18	21	24	26

(<sup>1</sup>) Restar la corrección  
(<sup>2</sup>) Sumar la corrección

Figura 70. Correcciones de conductividad del vino para temperaturas distintas de 20 °C en microsiemens cm<sup>-1</sup>

LÍQUIDO	Conductividad técnica (k)	Calor específico (C <sub>p</sub> )	Viscosidad dinámica (μ)	Densidad (ρ)	Numero de Prandtl (Pr)
Agua	0.61 W/mK	4072.71 J/kg K	0.000868 Pa s	996.58 kg/m <sup>3</sup>	5.78
Agua-etilenglicol 30%	0.49 W/mK	3729.95 J/kg K	0.001864 Pa s	1035.02 kg/m <sup>3</sup>	14.29
Agua-etilenglicol 50%	0.43 W/mK	3297.63 J/kg K	0.003367 Pa s	1053.25 kg/m <sup>3</sup>	25.82
Etilenglicol	0.25 W/mK	2408.62 J/kg K	0.017195 Pa s	1112.13 kg/m <sup>3</sup>	164.58

Figura 71. Propiedades de los fluidos del intercambiador E-102

ANEXO 14. Mediciones y presupuestos

Partida	Fluidos	Fluidos y sólidos	Sólidos
<b>Costes directos</b>			
F1-coste de compra	1,0	1,0	1,0
F2-instalación de equipos	0,47	0,39	0,45
F3-instrumentación y control	0,36	0,26	0,18
F4-tuberías	0,68	0,31	0,16
F5-instalación eléctrica	0,11	0,10	0,10
F6-edificios incluyendo servicios	0,18	0,29	0,25
F7-preparación terreno	0,10	0,12	0,15
F8-instalaciones de agua, vapor,..	0,70	0,55	0,40
<i>Total costes directos</i>	3,60	3,02	2,69
<b>Costes indirectos</b>			
F9- ingeniería y supervisión	0,33	0,32	0,33
F10-construcción gastos	0,41	0,34	0,39
F11- gastos legales	0,04	0,04	0,04
F12-contratistas	0,22	0,19	0,17
F13-contingencias	0,44	0,37	0,35
<i>Total costes indirectos</i>	1,44	1,26	1,28
<i>Total capital fijo o inmovilizado</i>	5,04	4,28	3,97

Figura 72. Factor de Lang para estimar la inversión total [43]



Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo

Tabla 79. Análisis de flujos de caja de los años 1 al 11

Año	A		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	2									
Coste de Terreno	-0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión	-0,83	-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circulante	-0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amortización	-	-	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Ventas	-	-	0,36	0,36	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Costes	-	-	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
BAI	-	-	-0,10	-0,10	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Impuestos	-	-	-	-	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
BDI	-	-	-0,10	-0,10	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
BN	-2,442		0,11	0,11	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71

Tabla 80. Análisis de flujos de caja de los años 12 al 22

Año											
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Coste de Terreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circulante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amortización	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventas	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Costes	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
BAI	0,67	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Impuestos	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
BDI	0,51	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
BN	0,71	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66



**ANEXO 15.** Ficha técnica levaduras seleccionadas comerciales

**PROPIEDADES ENOLÓGICAS**

- Fase de latencia corta.
- Velocidad de fermentación rápida y regular.
- Baja producción de acidez volátil.
- Exigencia nutricional: elevada. Es aconsejable la corrección de nitrógeno asimilable, especialmente en mostos de elevado grado alcohólico potencial y procedentes de uva sobremadura.
- Temperatura de trabajo: 18-28°C.
- Resistencia al etanol 14-15%vol.
- Rendimiento alcohólico medio.
- Producción baja de SH<sub>2</sub>.
- Cepa de baja formación de espuma.
- Excelente capacidad autolítica (liberación de polisacáridos y manoproteínas)

**PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS Y FÍSICOQUÍMICAS**

EP 879 (rev.1)

Recuento de levaduras ( <i>Saccharomyces spp.</i> ) [UFC/g]	> 10 <sup>10</sup>
Otras levaduras [UFC/g]	< 10 <sup>5</sup>
Mohos [UFC/g]	< 10 <sup>3</sup>
Bacterias lácticas [UFC/g]	< 10 <sup>5</sup>
Bacterias acéticas [UFC/g]	< 10 <sup>4</sup>
<i>Salmonella</i> [UFC/25 g]	Ausencia
<i>E. coli</i> [UFC/g]	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i> [UFC/g]	Ausencia
Coliformes totales [UFC/g]	< 10 <sup>2</sup>
Humedad [%]	< 8
Pb [mg/kg]	< 2
Hg [mg/kg]	< 1
As [mg/kg]	< 3
Cd [mg/kg]	< 1

**MODO DE EMPLEO**

Para obtener los mejores resultados es indispensable asegurar la buena implantación de la cepa en el medio, por lo tanto es importante:

- Mantener una buena higiene en la bodega.
- Añadir la levadura lo antes posible.
- Respetar la dosis prescrita.
- Rehidratar bien la levadura.

**Rehidratación:**

- 1.- Añadir las levaduras secas en 10 veces su peso en agua a 35°-40°C (10 litros de agua por 1 kg de levadura).
- 2.- Esperar 10 minutos.
- 3.- Agitar la mezcla.
- 4.- Esperar 10 minutos e incorporar al mosto, procurando que no haya una diferencia de más de 10°C entre el medio rehidratado y el mosto.

**Precauciones de trabajo:**

En cualquier caso, la levadura no deberá estar rehidratándose más de 30 minutos en ausencia de azúcares.

El respeto del tiempo, temperatura y modo de empleo descrito garantizan la máxima viabilidad de la levadura hidratada.

**MODO DE CONSERVACIÓN**

El producto conforme a los estándares cualitativos se conserva en su envase sellado al vacío durante un periodo de cuatro años en cámara refrigerada entre 4 y 10°C.

Eventuales exposiciones prolongadas a temperaturas superiores a 35°C y/o con humedad reducen su eficacia..

**DOSIS**

Vinificación 20-30 g/hl

**RGSEAA: 31.00391/CR**

Producto conforme con el Codex Enológico Internacional y el Reglamento (UE) 2019/934.

Figura 73. Ficha técnica: Levaduras “Viniferm 3D” [50]

## ANEXO 16. Ficha técnica bacteria lácticas seleccionadas comerciales

**PROPIEDADES ENOLÓGICAS**

- Fermentaciones rápidas y seguras.
- Temperatura óptima de fermentación 22-25 °C
- Tolerancia de sulfuroso total < 60 mg/l.
- Tolerancia de sulfuroso libre < 10 mg/l.
- Tolerancia alcohólica <16%vol.
- Tolerancia pH > 3,4
- Baja producción de acidez volátil
- Nula producción de aminas biógenas.
- Elevada capacidad de propagación y multiplicación en el medio vínic.
- Carácter bioprotector: Su alta prevalencia evita desviaciones microbiológicas debidas a otros microrganismos (Brett). Altamente efectiva para imponerse frente a otras bacterias lácticas, evitando la presencia de histamina.

**MODO DE EMPLEO**

- 1.- Atemperar antes de su aplicación.
- 2.- Agitar bien el envase.
- 3.- Aplicar al depósito o barrica con el vino a temperatura mayor a 18°C.
- 4.- Distribuir uniformemente mediante agitación o remontado.

**EN FERMENTACION SECUENCIAL:** incorporar al vino una vez transcurrida la fermentación alcohólica, idealmente cuando queden algunos gramos de azúcares.

**EN COINOCULACIÓN:** incorporar el cultivo 24 horas después de la siembra de la levadura (cuando el SO<sub>2</sub> libre sea cero).

**PRESENTACIÓN Y DOSIS**

**Viniferm OE AG-20** se presenta en envases de:

- 1 l: Dosis para 10.000 litros de vino (100h).
- 500 ml: Dosis para 5.000 litros de vino (50h).
- 30 ml: Dosis para barrica (225 l).

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS**  
EP 630 (REV.0)

Bacterias lácticas viables [UFC/mL]	> 10 <sup>9</sup>
Pb [mg/kg]	< 2
Hg [mg/kg]	< 1
As [mg/kg]	< 3
Cd [mg/kg]	< 1
Mohos [ UFC /g]	< 10 <sup>3</sup>
Bacterias acéticas [UFC/g ]	< 10 <sup>3</sup>
Levaduras [ UFC /g]	< 10 <sup>3</sup>
<i>Salmonella</i> [UFC/25 g ]	Ausencia
<i>E. coli</i> [ UFC/g ]	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i> [ UFC/g ]	Ausencia
Coliformes totales [ UFC /g ]	< 10 <sup>2</sup>

**CONSERVACIÓN**

Los envases deben mantenerse en frío (2-6°C) hasta el momento de su aplicación.

En estas condiciones, la viabilidad del cultivo se mantiene durante 3 meses desde la fecha de producción.

**RGSEAA: 31.00391/CR**

*Producto conforme con el Codex Enológico Internacional y el Reglamento (UE) 2019/934.*

Figura 74. Ficha técnica: Bacterias Lácticas “Viniferm OE AG-20” [51]

Ingeniería Básica de una Planta de Producción de vino tinto joven y crianza a partir de uva tinta Tempranillo

ANEXO 17. Análisis de flujos de caja de la opción de mejora en la planta

Tabla 81. Análisis de flujos de caja de los años 1 al 11 de la mejora

	A		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	2									
Coste de Terreno	-0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión	-0,83	-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circulante	-0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amortización	-	-	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Ventas	-	-	0,39	0,39	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Costes	-	-	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
BAI	-	-	-0,08	-0,08	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Impuestos	-	-	0,00	0,00	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
BDI	-	-	-0,08	-0,08	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
BN	-2,12		0,13	0,13	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

Tabla 82. Análisis de flujos de caja de los años 12 al 22 de la mejora

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Coste de Terreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circulante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amortización	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventas	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Costes	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
BAI	0,77	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Impuestos	0,19	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
BDI	0,58	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
BN	0,79	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74



**ANEXO 18.** Código EES de los distintos equipos

"BALANCE DE MATERIA POR OPERACIONES"

"DATOS"

$t_{\text{jorn}}=12$  {h/d}

$t_{\text{vendimia}}=20$  {día/año}

$uvas_{\text{total}}=150000$  {kg/año}

$uvas_{\text{dia}}=uvas_{\text{total}}/t_{\text{vendimia}}$  {kg/día}

"GRUPO DE RECEPCIÓN=Tolva, Tornillo sin fin, Despalilladora-estrujadora, Bomba vendimia e Intercambiador E-101"

$raspon=0,06*uvas_{\text{dia}}$  {kg/día}

$mosto=uvas_{\text{dia}}-raspon$  {kg/día} "mosto=uva estrujada sin raspón"

"Dato para la cinta de rapones"

$m_{\text{raspon}}=raspon/6$  {kg/h}

"Fermentación-Maceración"

$T_{\text{mace}}=14$  {°C}

{ $T_{\text{ferme}}$ = tabla de valores}

$t_{\text{mac}}=2$  {día}

$t_{\text{ferm}}=7$  {día}

$CO_{2\_fa}=0,07*mosto$  {kg/día}

$vino_{\text{yema}}=0,72*mosto$  {kg/día}

$orujo_{\text{ferm}}=0,21*mosto$  {kg/día}

"Prensado"

$vino_{\text{prensa}}=0,05*orujo_{\text{ferm}}$  {kg/día}

$vino_{\text{prensa1}}=0,1*orujo_{\text{ferm}}$  {kg/día}

$orujos_{\text{agotados}}=0,85*orujo_{\text{ferm}}$  {kg/día}

"Fermentación-Malolactica"

$CO_{2\_fm}=0,0006*(vino_{\text{yema}}+vino_{\text{prensa1}})$

$heces=0,03*(vino_{\text{yema}}+vino_{\text{prensa1}})$

$vino_{\text{acondi}}=(vino_{\text{yema}}+vino_{\text{prensa1}})-CO_{2\_fm}-heces$

"Acondicionamiento"

$perdidas_1=0,015*vino_{\text{acondi}}$

$vino=vino_{\text{acondi}}-perdidas_1$

$vino_{\text{joven}}=0,5*vino$

"Microfiltración"

$vino_{\text{cri}}=0,5*vino$

$perdidas_2=0,018*vino_{\text{cri}}$

$vino_{\text{crianza}}=vino_{\text{cri}}-perdidas_2$

"Diseño BOMBAS"

"P-103"

masa\_3=5064 {kg}

t\_vac3=1,14 {h}

$m_3 = \text{masa}_3 / t_{\text{vac}3}$  {kg/h}

$\rho_v = 1,005 * 1000$  {kg/m<sup>3</sup>}

$Q_{v3} = (m_3 / \rho_v) / 3600$  {m<sup>3</sup>/s}

$Q_{v3} = v * A$

$A = (3,1416 * d^2) / 4$

d=0,0515 {m} "dato de fabricante de la manguera"

$Re = \rho_v * v * d / \mu_v$

$\mu_v = 0,025$  {kg/m·s}

$1/f^{0,5} = -0,86 * \ln(2,51 / (Re * f^{0,5}))$

$\Delta P_{p3} = f * L / d * \rho_v * v^2 / 2$  {Pa} "pérdida de carga"

L=20 {m} "dato impuesto"

$H_3 = \Delta P_{p3} / (\rho_v * 9,81)$  {m} "altura desarrollada"

$W_3 = \rho_v * 9,81 * Q_{v3} * H_3$  "potencia suministrada"

$NPSH_{d3} = \Delta P_{p3} / \rho_v$  {m}

$NPSH_{r3} = NPSH_{d3} / 1,2$  {m}

"P-104"

masa\_4=10128 {kg}

t\_vac4=2,4 {h}

$m_4 = \text{masa}_4 / t_{\text{vac}4}$  {kg/h}

$\rho_v = 1,005 * 1000$  {kg/m<sup>3</sup>}

$Q_{v4} = (m_4 / \rho_v) / 3600$  {m<sup>3</sup>/s}

$Q_{v4} = v * A$

$A = (3,1416 * d^2) / 4$

d=0,0515 {m} "dato de fabricante de la manguera"

$Re = \rho_v * v * d / \mu_v$

$\mu_v = 0,025$  {kg/m·s}

$1/f^{0,5} = -0,86 * \ln(2,51 / (Re * f^{0,5}))$

$\Delta P_{p4} = f * L / d * \rho_v * v^2 / 2$  {Pa} "pérdida de carga"

L=20 {m} "dato impuesto"

$H_4 = \Delta P_{p4} / (\rho_v * 9,81)$  {m} "altura desarrollada"

$W_4 = \rho_v * 9,81 * Q_{v4} * H_4$  "potencia suministrada"

$NPSH_{d4} = \Delta P_{p4} / \rho_v$  {m}

$NPSH_{r4} = NPSH_{d4} / 1,2$  {m}

"BOMBAS DE REMONTADO P-102 A/B"

"Calculo del número de bombas y el caudal de cada bomba de remontado"

$$n_{\text{bombas}} = n_{\text{dep}} / n_{\text{dep.bomb}} \quad \{\text{uds}\}$$

$$qq_{\text{r}} = (V_o * V_u * (R/100)) / (H / (n_{\text{dep.bomb}} * n_{\text{remon}})) \quad \{\text{l/h}\}$$

$$V_o = 7761,5 \quad \{\text{l/depósito}\}$$

$$V_u = 0,80$$

$$R = 94 \quad \{\%\}$$

$$H = 12 \quad \{\text{h/d}\}$$

$$n_{\text{dep}} = 10 \quad \text{"número de fermentadores alcohólicos"}$$

$$n_{\text{dep.bomb}} = 2 \quad \text{"número de depósitos por bomba"}$$

$$n_{\text{remon}} = 2 \quad \text{"número de remontados al día"}$$

$$Q_{\text{r}} = qq_{\text{r}} / (1000 * 3600) \quad \{\text{m}^3/\text{s}\}$$

$$Q_{\text{r}} = v * A$$

$$A = (3,1416 * d^2) / 4$$

$$d = 0,0515 \quad \{\text{m}\} \quad \text{"dato de fabricante de la manguera"}$$

$$Re = \rho_v * v * d / \mu_v$$

$$\mu_v = 0,025 \quad \{\text{kg/m}\cdot\text{s}\}$$

$$\rho_v = 1,005 * 1000 \quad \{\text{kg/m}^3\}$$

$$1/f^{0,5} = -0,86 * \ln(2,51 / (Re * f^{0,5}))$$

$$\Delta P_{\text{r}} = f * L / d * \rho_v * v^2 / 2 \quad \{\text{Pa}\} \quad \text{"pérdida de carga"}$$

$$L = 10 \quad \{\text{m}\} \quad \text{"dato impuesto"}$$

$$H_{\text{r}} = \Delta P_{\text{r}} / (\rho_v * 9,81) \quad \{\text{m}\} \quad \text{"altura desarrollada"}$$

$$W_{\text{r}} = \rho_v * 9,81 * Q_{\text{r}} * H_{\text{r}} \quad \text{"potencia suministrada"}$$

$$NPSH_{\text{d}_r} = \Delta P_{\text{r}} / \rho_v \quad \{\text{m}\}$$

$$NPSH_{\text{r}_r} = NPSH_{\text{d}_r} / 1,2 \quad \{\text{m}\}$$

"P-105"

$$masa_5 = 10042 \quad \{\text{kg}\}$$

$$t_{\text{vac5}} = 2,4 \quad \{\text{h}\}$$

$$m_5 = masa_5 / t_{\text{vac5}} \quad \{\text{kg/h}\}$$

$$\rho_v = 1,005 * 1000 \quad \{\text{kg/m}^3\}$$

$$Q_{\text{v5}} = (m_5 / \rho_v) / 3600 \quad \{\text{m}^3/\text{s}\}$$

$$Q_{\text{v5}} = v * A$$

$$A = (3,1416 * d^2) / 4$$

$$d = 0,0515 \quad \{\text{m}\} \quad \text{"dato de fabricante de la manguera"}$$

$$Re = \rho_v * v * d / \mu_v$$

$$\mu_v = 0,025 \quad \{\text{kg/m}\cdot\text{s}\}$$

$$1/f^{0,5} = -0,86 * \ln(2,51 / (Re * f^{0,5}))$$

$$\Delta P_{\text{5}} = f * L / d * \rho_v * v^2 / 2 \quad \{\text{Pa}\} \quad \text{"pérdida de carga"}$$

$$L = 20 \quad \{\text{m}\} \quad \text{"dato impuesto"}$$

$$H_5 = \Delta P_{\text{5}} / (\rho_v * 9,81) \quad \{\text{m}\} \quad \text{"altura desarrollada"}$$

$W_5 = \rho_v \cdot 9,81 \cdot Q_v \cdot H_5$  "potencia suministrada"

$NPSH_{d5} = \Delta P_5 / \rho_v$  {m}

$NPSH_{r5} = NPSH_{d5} / 1,2$  {m}

"Diseño de INTERCAMBIADORES"

"INTERCAMBIADOR E-101"

$m_c = 0,3264$  "kg/s"

$T_{ec} = 25$

$T_{sc} = 14$

$Cp_c = 3,655$  "kJ/kg·°C"

$Q_{int} = m_c \cdot Cp_c \cdot (T_{ec} - T_{sc})$

$T_{ef} = 10$

$T_{sf} = 18,5$

$Cp_f = cp(\text{water}; T = (T_{ef} + T_{sf})/2; P = 1)$

$Q_{int} = m_f \cdot Cp_f \cdot (T_{sf} - T_{ef})$

$DTLM = ((T_{ec} - T_{sf}) - (T_{sc} - T_{ef})) / \ln((T_{ec} - T_{sf}) / (T_{sc} - T_{ef}))$

$F_{si} = 0,0002 \cdot 1000$  {m<sup>2</sup>·K/kW}

$F_{se} = 0,0001 \cdot 1000$

$\rho_m = 1100$  "kg/m<sup>3</sup>"

$\mu_m = (1,28 + 1,45)/2 \cdot 0,001$  "kg/m·s"

{ $v_i = 1,2$  {m/s}}

$d_i = 0,459 \cdot 0,0254$  {m}

$Re_i = \rho_m \cdot v_i \cdot d_i / \mu_m$

$k_i = (0,41 + 0,47)/2$

$Pr_i = \mu_m \cdot Cp_c / k_i$

$Nu_i = 0,023 \cdot Re_i^{(4/5)} \cdot Pr_i^{(0,4)}$

$h_i = Nu_i \cdot k_i / d_i$

$n_{tubos} = 5$

$n_{pasos} = 2$

$Ap_i = n_{tubos} / n_{pasos} \cdot 3,1416 \cdot d_i^2 / 4$

$v_i = m_c / (\rho_m \cdot Ap_i)$

$d_e / d_i = 1,362$

"-----Agua-----"

{ $v_e = 2,4$  "m/s"}

$Pr_e = Prandtl(\text{Water}; T = (T_{ef} + T_{sf})/2; P = 1)$

$\rho_w = \text{density}(\text{water}; T = (T_{ef} + T_{sf})/2; P = 1)$

$\mu_w = \text{Viscosity}(\text{Water}; T = (T_{ef} + T_{sf})/2; P = 1)$

$Re_e = \rho_w \cdot v_e \cdot d_e / \mu_w$

$Nu_e = 0,023 \cdot Re_e^{(4/5)} \cdot Pr_e^{(0,4)}$

$k_e = \text{Conductivity}(\text{water}; T = (T_{ef} + T_{sf})/2; P = 1)$

$h_e = Nu_e \cdot k_e / d_e$

$$v_e = mf / (\rho_w \cdot A_{p_e})$$

$$D_s = d_e \cdot (n_{\text{tubos}} / 0,249)^{(1/2,207)}$$

$$L_b = D_s / 5$$

$$\text{Diámetro\_carcasa} = D_s \cdot 1000 \cdot 0,03937 \text{ "inch"}$$

$$\text{pitch} = 1,25 \cdot d_e$$

$$A_{p_e} = (\text{pitch} - d_e) \cdot D_s \cdot L_b / \text{pitch}$$

$$\{U = 2,9095\}$$

$$U = 1 / (d_e / (h_i \cdot d_i) + F_{si} \cdot d_e / d_i + F_{se} + 1 / h_e)$$

$$Q_{\text{int}} = U \cdot A \cdot \text{DTLM}$$

$$A = n_{\text{tubos}} \cdot A_{\text{int}}$$

$$A_{\text{int}} = \pi \cdot d_e \cdot L$$

"INTERCAMBIADOR E-102"

$$m_c = 1,172 \text{ "kg/s"}$$

$$T_{\text{ec}} = 21$$

$$T_{\text{sc}} = -5,5$$

$$C_{p_c} = 3,996 \text{ "kJ/kg} \cdot \text{°C"}$$

$$Q_{\text{int}} = m_c \cdot C_{p_c} \cdot (T_{\text{ec}} - T_{\text{sc}})$$

$$T_{\text{ef}} = -10$$

$$T_{\text{sf}} = 15$$

$$C_{p_f} = 3,298 \text{ "kJ/°Ckg"}$$

$$Q_{\text{int}} = m_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_{\text{sf}} - T_{\text{ef}})$$

$$\text{DTLM} = ((T_{\text{ec}} - T_{\text{sf}}) - (T_{\text{sc}} - T_{\text{ef}})) / \ln((T_{\text{ec}} - T_{\text{sf}}) / (T_{\text{sc}} - T_{\text{ef}}))$$

$$F_{si} = 0,0002 \cdot 1000 \text{ \{m}^2 \cdot \text{K/kW}\}$$

$$F_{se} = 0,0001 \cdot 1000$$

$$\rho_v = 1005 \text{ "kg/m}^3\text{"}$$

$$\mu_v = 0,0025 \text{ "kg/m} \cdot \text{s"}$$

$$\{v_i = 1,2 \text{ \{m/s}\}\}$$

$$d_i = 0,459 \cdot 0,0254 \text{ \{m}\}$$

$$Re_i = \rho_v \cdot v_i \cdot d_i / \mu_v$$

$$k_i = 0,6 \text{ "w/m} \cdot \text{°C"}$$

$$Pr_i = \mu_v \cdot c_{p_c} / k_i$$

$$Nu_i = 0,023 \cdot Re_i^{(4/5)} \cdot Pr_i^{(0,4)}$$

$$h_i = Nu_i \cdot k_i / d_i$$

$$n_{\text{tubos}} = 5$$

$$n_{\text{pasos}} = 2$$

$$A_{p_i} = n_{\text{tubos}} / n_{\text{pasos}} \cdot 3,1416 \cdot d_i^2 / 4$$

$$v_i = m_c / (\rho_v \cdot A_{p_i})$$

$$d_e / d_i = 1,362$$

"-----Agua glicolada -----"

$$\{v_e = 2,4 \text{ "m/s"}\}$$

$$Pr_e = 25,82$$

$$\rho_w = 1053,25 \text{ "kg/m}^3\text{"}$$

$$\mu_w = 0,003367 \text{ "kg/m} \cdot \text{s"}$$

$$Re_e = \rho_w \cdot v_e \cdot de / \mu_w$$

$$Nu_e = 0,023 \cdot Re_e^{(4/5)} \cdot Pr_e^{(0,4)}$$

$$k_e = 0,43 \text{ "w/m°C"}$$

$$he = Nu_e \cdot k_e / de$$

$$v_e = mf / (\rho_w \cdot Ap_e)$$

$$Ds = de \cdot (n_{\text{tubos}} / 0,249)^{(1/2,207)}$$

$$Lb = Ds / 5$$

$$\text{Diámetro\_carcasa} = Ds \cdot 1000 \cdot 0,03937 \text{ "inch"}$$

$$\text{pitch} = 1,25 \cdot de$$

$$Ap_e = (\text{pitch} - de) \cdot Ds \cdot Lb / \text{pitch}$$

{U=2,9095}

$$U = 1 / (de / (hi \cdot di) + Fsi \cdot de / di + Fse + 1 / he)$$

$$Q_{\text{int}} = U \cdot A \cdot DTLM$$

$$A = n_{\text{tubos}} \cdot A_{\text{int}}$$

$$A_{\text{int}} = \pi \cdot de \cdot L$$

## REFERENCIAS

- [1] Á. Méndez, «La Guía Química,» 18 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/etanol-y-bebidas-alcoholicas>.
- [2] M. J. C. Fernández, «Estudio de la evolución de parámetros de color en vinos de Ribera del Duero, utilización de herramientas estadísticas y aplicaciones de interés para la industria vinícola,» Tesis Doctoral, Burgos, 2017.
- [3] F. V. Díaz, *Enología: vinos, aguardientes y licores*, Vértice.
- [4] « Clasificación de los vinos según el contenido de gas carbónico,» [En línea]. Available: <https://www.elcorteingles.es/aptc/bodega/clasificacion-de-los-vinos-segun-el-contenido-de-gas-carbonico/>.
- [5] Iris, «Fundamentos de Enología,» 20 Febrero 2013. [En línea]. Available: <https://fundamentosdeenologia.wordpress.com/2013/02/20/el-vino-y-su-clasificacion/>.
- [6] P. Ribéreau-Gayon, «The chemistry of red wine color. The Chemistry of winemaking,» *American Chemical Society*, vol. 137, pp. 50-87, 1974.
- [7] J. Leon, «El ciclo de la viña,» 11 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.jeanleon.com/el-ciclo-de-la-vid-ilustrado-paso-a-paso/>.
- [8] A. M. Vicente, *Ingeniería y producción de alimentos*, Madrid: AMV Ediciones, Primera edición, 2016.
- [9] «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» FAO, 2017. [En línea]. Available: [http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries_by_commodity).
- [10] «Vino y mosto,» *Mercasa. Empresa pública de la Administración del Estado que presta servicio público a la cadena alimentaria*, pp. 355-388.
- [11] «Blog: Vinos y licores Cutanda,» [En línea]. Available: <https://www.vinoscutanda.com/blog/caracteristicas-de-la-uva-tempranillo/>.
- [12] «Vinetur, La Revista Digital Del Vino,» 10 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.vinetur.com/2017011026760/por-que-se-usan-los-sulfitos-en-el-vino.html>.
- [13] R. Guerrero Hidalgo, E. Cantos Villar, B. Puertas García y V. Ortiz Somovilla, «Sulfuroso en la elaboración de Vinos. Alternativas,» 2015. [En línea]. Available: [https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/sulfuroso\\_elaboracion\\_vinos.pdf](https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/sulfuroso_elaboracion_vinos.pdf).
- [14] J. Togores, *Tratado de enología*, Madrid: Mundi-Pren, 2003.
- [15] «The Observatory of Economic Complexity (OEC),» [En línea]. Available: <https://oec.world/en/>.

- [16] «Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV),» Abril 2018.
- [17] «Observatorio Español del Mercado del Vino.»
- [18] A. M. Vicente, Tecnología del vino y bebidas derivadas, Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, S.A, 1991.
- [19] M. M. R.-T. Vidal, «Anteproyecto de bodega de vino en Ribadavia (Ourense),» Trabajo de Fin de Grado, Sevilla, 2018.
- [20] P. A. F. Franco, «Bodega de vino tinto,» Proyecto Fin de Carrera, Sevilla, 2006.
- [21] I. Belda, E. Navascués, A. Alonso, D. Marquina y A. Santos, «Microbiología del proceso de vinificación: selección de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* autóctonas con óptimas propiedades enológicas,» ISSN: 1989-3620, Madrid, 2014.
- [22] F. J. P. Villanueva, «Diseño de los sistemas de fermentación y destilación para la producción de aguardiente de orujo a partir de uva gallega,» Trabajo Fin de Grado, Madrid, 2016.
- [23] M. A. G. Muñoz, «Las Levaduras: Microorganismos Responsables de la Producción de Vinos.»
- [24] R. J. F. Grasa, «Proyecto de una bodega para la elaboración de vino tinto en Berbegal (Huesca),» Trabajo Fin de Grado, Zaragoza, 2013.
- [25] A. Borbons y C. Reguant, «Acenologia,» 18 Diciembre 2013. [En línea]. Available: [http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/bioquimica\\_bacterias\\_lacticas\\_vino\\_cienc1213.htm](http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/bioquimica_bacterias_lacticas_vino_cienc1213.htm).
- [26] Viveros Barber, «VitiViniCultura,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.vitivinicultura.net/maceracion-del-vino-como-se-hace-el-vino.html>.
- [27] C. Catania y S. Avagnina, «La maceración,» [En línea]. Available: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-21\\_\\_la\\_maceracin.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-21__la_maceracin.pdf).
- [28] D. D. Giocomo, «De vinos y vides,» 1 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.devinosyvides.com.ar/nota/866-que-es-la-estabilizacion-tartarica>.
- [29] P. Benito Saez, «Tratamientos por Frío para la Precipitación Tartárica del Vino,» Urbina Vinos Blog, 30 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://urbinavinos.blogspot.com/2012/01/tratamientos-por-frio-para-la.html>.
- [30] E. G. Urabain, «Diseño del sistema de proceso de una bodega amparada bajo la denominación de origen de navara en Lodosa,» Trabajo Fin de Grado, Navarra, 2016.
- [31] «Blog Cata Vino,» 15 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://www.catadelvino.com/blog-cata-vino/en-la-elaboracion-del-vino-que-es-el-sulfitado>.
- [32] A. Saule, «Influencia del tipo de depósito en la evolución de los compuestos polifenólicos y aromáticos de un vino tinto de la variedad tempranillo,» Trabajo Fin de Máster, Valencia, 2012.
- [33] E. R. García, «Diseño del sistema de refrigeración de una bodega de vinificación en tinto,» Trabajo Fin de Carrera, Universidad de Cádiz, 2008.

- [34] H. d. S. S. Miguel, «Análisis de un remolque agrícola basculante de dos ejes,» Proyecto Fin de Carrera, Valladolid, 2013.
- [35] «Empresa Bucher Vaslin,» [En línea]. Available: [www.buchervaslin.com](http://www.buchervaslin.com).
- [36] Interempresas, «Maquinaria para Bodegas, S.L. (MPB),» [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Vitivinicola/FeriaVirtual/Producto-Sulfitometro-automatico-MPB-25-250-I-h-64092.html>.
- [37] «API 650, Washington DC: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE,» 2016.
- [38] B. Vaslin, «La microfiltración tangencial y sus aplicaciones».
- [39] E. Portillo, «Ingeniería de Procesos. Tema 4: Diagramas de procesos,» Universidad de Sevilla, E.T.S.I, Sevilla, 2018-2019.
- [40] Coulson & Richardson's, Chemical Engineering Design, Volume 6, Fourth edition, 2005, p. R. K. Sinnott.
- [41] David Velázquez, Tema 1 Tecnología energética: Cambiadores de calor.
- [42] «Ingeniería de embotellado, Irundin S.L.,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.irundin.com/es/productos/embotelladoras-de-vinos/tribloc-36-6-6>.
- [43] A. V. Perales, «Simulación Avanzada de Procesos Químicos,» Universidad de Sevilla, 2019-2020.
- [44] B. N. Rubia, «Operaciones básicas con sólidos y fluidos. Tema 2: Almacenamiento y transporte de sólidos,» Universidad de Sevilla, E.T.S.I, Sevilla, 2018-2019.
- [45] «Bucher Vaslin,» [En línea]. Available: <http://intecvin.com.ar/sites/default/files/archivos/Intecvin-Bucher-Vaslin-Delta-Despallador-Estrujador-E2E8.pdf>.
- [46] «PERA-PELLENC S.A. Empresa francesa,» [En línea]. Available: <https://www.perapellenc.com/espanol/prensado-prensas-neumaticas-gama-smart-press.asp>.
- [47] S. Auxitec Servicios y Suministros, «Tuberías y mangueras,» [En línea]. Available: <http://www.auxitec.net/wp-content/uploads/2017/03/15-TUBERIAS.pdf>.
- [48] Çengel Y.A. & Boles M-A, Termodinámica, McGraw-Hill, 2009.
- [49] M. B. V. C. Peter Hlaváč, «Dynamic Viscosity and Activation Energy of Wort During Fermentation,» Acta Technologica Agriculturae, DOI: 10.1515/ata-2016-0002, 2016.
- [50] «Agrovin - Productos enológicos y maquinaria para bodegas,» Ficha técnica: Levaduras Viniferm 3D, 27 Febrero 2020. [En línea]. Available: [http://www.agrovin.com/agrv/pdf/enologia/levaduras/es/Viniferm\\_3D\\_es.pdf](http://www.agrovin.com/agrv/pdf/enologia/levaduras/es/Viniferm_3D_es.pdf).
- [51] «Agrovin - Productos enológicos y maquinaria para bodegas,» Ficha técnica: Bacterias Lácticas “Viniferm OE AG-20”, 22 Febrero 2020. [En línea]. Available: [https://www.agrovin.com/agrv/pdf/enologia/bacterias-lacticas/es/viniferm-oe\\_ag20\\_es.pdf](https://www.agrovin.com/agrv/pdf/enologia/bacterias-lacticas/es/viniferm-oe_ag20_es.pdf).

