

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**DISEÑO DE UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA ELABORACIÓN
DE CERVEZA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE RIBA-ROJA DE
TÚRIA (VALENCIA)**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNO/A: MATTIA CASTRONOVO
TUTOR/A: ANGEL LUÍS ARGUELLES FOIX

Curso académico 2020/2021

VALENCIA, 26 DE JULIO DE 2021

TITULO:

DISEÑO DE UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE RIBA-ROJA DE TURIA.

RESUMEN:

Es objeto de este Tesis Fin de Máster la inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de una nueva instalación de una fábrica de cerveza. Se trata de un proyecto técnico en el que se detalla el objeto del proyecto, la legislación aplicable, el titular de la industria, la distribución de las superficies, un programa productivo de materias primas, productos obtenidos, y un cuadro de capacidades anuales. Además, se representa en dicho proyecto la maquinaria que tiene la fábrica, el proceso industrial del producto y su diagrama de flujo. De la misma forma, se desarrolla el cálculo y el diseño de una nave industrial por la producción de cerveza y sus respectivas instalaciones hidráulicas.

La inscripción de una instalación o industria en el R.E.A. es obligatoria para los titulares de empresas con actividades y establecimientos incluidos en el ámbito de aplicación del Reglamento del R.E.A. Dicha inscripción es importante al tratarse de un requisito indispensable para que las industrias agroalimentarias puedan acogerse a los auxilios económicos de todo tipo que se arbitren mediante programas de ayudas regulados por convocatorias de la Generalitat, y financiados por fondos comunitarios, nacionales o de ámbito autonómico (Decreto 97/2005, de 20 mayo).

PALABRAS CLAVES:

Cerveza, cervecería, REA, proceso agroalimentario, construcción industrial, instalaciones técnicas, materias primas, diagrama de flujo, distribución.

ALUMNO/A: MATTIA CASTRONOVO

TUTOR/A: ANGEL LUÍS ARGUELLES FOIX

TITLE:

DESIGN OF AN INDUSTRY DEDICATED TO THE PRODUCTION OF BEER IN MUNICIPAL BOUNDARY OF RIBA-ROJA DE TURIA.

SUMMARY:

The subject of this Final Degree Project is the inscription in the Registro de Establecimientos Agroalimentarios of a new installation of a beer factory. It is a technical project in which is detailed the subject of the project, the applicable legislation, the owner of the industry, the distribution of the surfaces, a production program of raw materials, obtained products, and a table of annual capacities. In addition, the machinery that available in the factory, the industrial process of the product and its flow diagram are represented in said project. In the same way, the calculation and design of an industrial warehouse are developed for the production of beer and its respective hydraulic facilities.

The registration of an installation or industry in the R.E.A. it is mandatory for the owners of companies with activities and establishments included in the scope of application of the Regulation of the R.E.A. This registration is important as it is an essential requirement for food industries to benefit from economic aids of all kinds that are arbitrated through aid programs regulated by calls coming from the Generalitat, and financed by Community, national or autonomous funds (Decree 97/2005 of 20 May).

KEY WORDS:

Beer, brewery, REA, Food Processes, Industrial Construction, Technical Facilities, Raw materials, Flow Diagram, Distribution.

ALUMNO/A: MATTIA CASTRONOVO

TUTOR/A: ANGEL LUÍS ARGUELLES FOIX

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO I: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

ANEJO II: NORMATIVA LEGAL

ANEJO III: OBRA CIVIL

ANEJO IV: INSTALACIÓN DE FONTANERIA Y SANEAMIENTO

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

PLANO 1: SITUACIÓN

PLANO 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO 3: DISTRIBUCIÓN EN PARCELA

PLANO 4: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

PLANO 5: ALZADO DE LAS FACHADAS

PLANO 6: PLANTA DE CIMENTACIÓN

PLANO 7: SECCIÓN DE LA ZAPATA

PLANO 8: PLANTA DE CUBIERTA

PLANO 9: SECCIÓN CERCHA TIPO

PLANO 10: SECCION MURO PIÑÓN

PLANO 11: INSTALACIÓN AGUA FRIA

PLANO 12: INSTALACIÓN AGUA CALIENTE

PLANO 13: SANEAMIENTO – RED PLUVIALES

PLANO 14: SANEAMIENTO – RED RESIDUALES

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO

DOCUMENTO N° 5: ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA

AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DISEÑO DE UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE RIBA-ROJA DE TÚRIA (VALENCIA)

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

ALUMNO/A: CASTRONOVO MATTIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	1
3. PROGRAMA PRODUCTIVO	1
3.1 Materias primas	1
3.2 Productos obtenidos	2
3.3 Cuadro de capacidades anuales	2
3.4 Formas de presentación	3
3.5 Canales de comercialización	3
3.6 Sistemas de certificación de empresa y/o producto asociado al proceso de producción/comercialización	4
4. INSTALACIONES, MAQUINARIA Y OTROS BIENES DE EQUIPO	5
4.1 Descripción de las instalaciones	5
4.2 Relación de maquinaria y otros equipos	5
4.3 Otros bienes de equipo	6
5. DIAGRAMA DE FLUJO	14
6. PROCESO INDUSTRIAL	15
7. JUSTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS	24
7.1 Justificación del dimensionado	24
7.2 Tabla de distribución de espacios	25
8. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	26
8.1 Normativa	26
8.2 Software	26
8.3 Dimensiones	26
8.4 Materiales utilizados	26
8.5 Definición de la carga	27
8.6 Dimensionado de la cercha	27
8.7 Dimensionado de los pilares	29
8.8 Dimensionado de las correas	29
8.9 Cimentación	30
9. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE AGUA FRÍA Y DE AGUA CALIENTE	31
9.1 Materiales	31
9.2 Diseño de la instalación	31
9.3 Dimensionado de las conducciones	32

9.4 Comprobación de presiones	34
10. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS	36
10.1 Introducción	36
10.2 Aguas residuales.....	36
10.3 Aguas pluviales.....	37
11. PRESUPUESTO.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producto terminado.....	3
Figura 2. Molino para la molienda.....	6
Figura 3. Máquina de preparación del mosto.....	7
Figura 4: Tanques de fermentación.....	8
Figura 5. Pasteurizador.....	9
Figura 6. Embotelladora.....	9
Figura 7. Equipo de descarga de big bags.....	10
Figura 8. Transportador tubular.....	10
Figura 9. Bomba de impulsión.....	11
Figura 10. Hidrolimpiadora.....	11
Figura 11. Aspiradora.....	12
Figura 12. Frigorífico.....	12
Figura 13. Carretilla elevadora.....	13
Figura 14. Gráfico de actividad de enzimas.....	18
Figura 15. Cargas puntuales en los nudos.....	28
Figura 16. Numeración de los nudos y ángulos utilizados.....	28
Figura 17. Esfuerzos en las zapatas.....	30
Figura 18. Dimensiones de la zapata.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de actividades y capacidades.....	1
Tabla 2. Cuadro de materias primas.....	2
Tabla 3. Cuadro de productos obtenidos.....	2
Tabla 4. Cuadro de capacidades anuales.....	2
Tabla 5. Maquinaria y equipos.....	5
Tabla 6. Tabla de enzimas.....	16
Tabla 7. Características de los lúpulos y tiempo de hervor.....	19
Tabla 8. Tiempo de hervor y porcentaje de utilización.....	20
Tabla 9. Cantidad utilizada e IBU de los lúpulos.....	20
Tabla 10. Distribución de superficies.....	25
Tabla 11. Diseño de la estructura.....	26
Tabla 12. Materiales utilizados.....	26
Tabla 13. Acciones constantes.....	27
Tabla 14. Acciones variables.....	27

Tabla 15. Axiles obtenidos con el método de los nudos.....	28
Tabla 16. Perfiles utilizados en la cercha.	29
Tabla 17. Perfil utilizado en los pilares.....	29
Tabla 18. Acciones constantes de las correas.	29
Tabla 19. Acciones variables de las correas.	30
Tabla 20. Perfil utilizado en las correas.....	30
Tabla 21. Dimensiones de las zapatas.....	31
Tabla 22. Consumo de agua fría.....	32
Tabla 23. Consumo de agua caliente.	32
Tabla 24. Datos de la instalación.....	32
Tabla 25. Resultados de agua fría.	33
Tabla 26. Resultados de agua caliente.....	33
Tabla 27. Presiones de agua fría.	34
Tabla 28. Presiones de agua caliente.	35
Tabla 29. Elementos que componen la red.....	36
Tabla 30. Diámetros de los colectores.....	37
Tabla 31. Diámetro de los colectores horizontales.....	37
Tabla 32. Diámetros de los canalones.....	37
Tabla 33. Diámetros de las bajantes.	38
Tabla 34. Diámetro de los colectores.....	38
Tabla 35. Dimensiones de las arquetas de aguas residuales.	38
Tabla 36. Dimensiones de las arquetas de aguas pluviales.	38
Tabla 37. Presupuesto.....	39

1. ANTECEDENTES

En la Comunidad Valenciana y en España en general, la cerveza es un producto de consumo habitual. En los últimos años, se empiezan a ver cada vez más productores de cervezas y el intento es llegar a producir un producto diferente pero que, aun así, pueda satisfacer los gustos de los consumidores y de esta forma poder competir con la competencia.

2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

El objeto de este Proyecto Final de Máster es la inscripción en el Registro de Establecimientos Agroalimentarios de una Nueva instalación de una fábrica de cerveza situada en el término municipal de Riba-Roja de Turia. En este trabajo se realiza la propuesta del proceso de elaboración del producto, la maquinaria empleada en el dicho proceso de fabricación, el diseño de la estructura de la nave principal y las instalaciones de fontanería y saneamiento.

Tabla 1. Tabla de actividades y capacidades

Clasificación CPA	Actividad	Capacidad
15.96.1	Cerveza de malta	4995 hL/año

La empresa en cuestión está destinada a la producción de cerveza de malta, en este caso específico se trata de una cerveza del tipo IPA (Indian Pale Ale). La cebada llega desde Castilla la Mancha, una de las comunidades con la mayor producción y cerca de la zona de producción de la cerveza. Con ello, el intento es reducir al mínimo el tiempo y el coste del transporte de manera que se reduzca a la vez el impacto ambiental.

3. PROGRAMA PRODUCTIVO

A continuación, se presenta la información relativa a las materias primas y los productos obtenidos, además de otros aspectos importantes en relación con el programa productivo.

3.1 Materias primas

En la producción de cerveza se utilizan dos tipos de malta en diferentes proporciones. El grano utilizado en mayor cantidad es el *Pale Ale*, del cual se utiliza hasta un 95% de la cantidad total de cebada. El otro grano es el *Munich*, de este se emplea un 5%. Los dos se compran del mismo proveedor, situado en Castilla la Mancha, en la Provincia de Albacete (Intermalta S.A), en las cercanías de la zona de producción de la cerveza. Estos granos son procesados previamente a su compra por la industria proveedora, por lo tanto, el proceso productivo empieza directamente desde la molienda.

Otro ingrediente de gran importancia en la realización de la cerveza es el lúpulo, el cual se utiliza principalmente para dar aromas y amargor a la cerveza además de tener otros beneficios en la conservación y estabilidad de la espuma. Se utilizan tres variedades diferentes, cada una con un

efecto específico según su contenido en alfa ácidos, tiempo de hervor y características organolépticas. Los tres lúpulos utilizados son: *Apollo*, *Amarillo* y *Cascade*.

El tercer ingrediente, fundamental en la transformación del mosto en cerveza, es la levadura. Gracias a ella se convierten los azúcares presentes en la cebada en alcohol. La levadura utilizada en el proceso es la LalBrew® Verdant IPA, de la cepa *Saccharomyces Cerevisiae*, que se compra a un proveedor online.

El último componente en la cerveza es el agua, que se obtiene del suministro público. Se utiliza en la maceración y es el ingrediente de mayor volumen empleado en el proceso, por ello es muy importante la calidad ya que es la base de todo el proceso productivo. Para asegurar una constancia en su composición, se recurre a un tratamiento de agua.

En la Tabla 2, se presentan las cantidades de materia prima necesaria por un día de trabajo.

Tabla 2. Cuadro de materias primas.

Materia prima	Cantidad	Origen	Precio
Malta Pale Ale	332,2 kg/día	Albacete	45,34 €/kg
Malta Munich	17,5 kg/día	Albacete	55,34 €/kg
Lúpulo Apollo	1,776 kg/día	Online	24 €/kg
Lúpulo Amarillo	1,887 kg/día	Online	44 €/kg
Lúpulo Cascade	1,11 kg/día	Online	48 €/kg
Levadura Verdant IPA	1,998 kg/día	Online	7,42 €/kg
Agua en cerveza	2220 L/día	Suministro publico	-
Agua en maceración	1224 L/día	Suministro publico	-

3.2 Productos obtenidos

El producto final que se obtiene es una cerveza de estilo IPA en botellas de 330 ml. La producción diaria es de 1998 L, que corresponden a 6054 botellas diarias, por un total de 4995 hL al año y 1.513.636 botellas anuales.

Se comercializa principalmente en la Comunidad Valenciana, hasta un 70% de la producción total y el restante 30% se vende en las tiendas online.

Tabla 3. Cuadro de productos obtenidos.

Producto obtenido	Cantidad	Destino	Precio
Cerveza IPA	4995 hL/año	España	4 €/L

3.3 Cuadro de capacidades anuales

Tabla 4. Cuadro de capacidades anuales.

Producto	Cantidad
Malta Pale Ale	83.041,9 kg/año
Malta Munich	4.370,6 kg/año
Lúpulo Apollo	399,6 kg/año
Lúpulo Amarillo	424,6 kg/año
Lúpulo Cascade	249,8 kg/año

Producto	Cantidad
Levadura Verdant IPA	499,5 kg/año
Agua	860.944 L/año
Cerveza IPA	499.500 L/año

El producto final no requiere métodos de conservación particulares, pero es mejor guardar la cerveza en cámaras que no superen los 20 °C para mantener la calidad.

Sin embargo, las materias primas utilizadas en el proceso necesitan temperaturas de conservación bajas.

Los dos tipos de malta se guardan en una cámara a una temperatura de 14 °C para evitar su degradación y no se almacenan durante más de un mes, aunque su humedad es muy baja después del tostado y la germinación.

Los tres lúpulos también requieren cámaras refrigeradas y se almacenan en el mismo local de la malta.

Por último, la levadura se guarda en un refrigerador con temperatura de 4 °C, colocado dentro de las cámaras de almacenamiento de las materias primas.

3.4 Formas de presentación

El producto terminado se conserva en botellas de 0,33 L, las cuales se guardan en cajas de plástico con capacidad para 24 botellas tamaño de 400 x 300 x 200 mm (largo, ancho y alto).

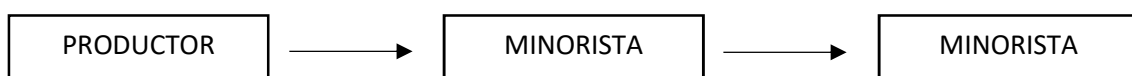
Para que se pueda comercializar, el producto tiene que presentarse en su botella sellada, con el nombre de la empresa impreso, el número del lote, la fecha de elaboración y la fecha de caducidad.



Figura 1. Producto terminado.

3.5 Canales de comercialización

El limitado espacio del que se dispone, junto con la ausencia de canal de distribución propio, genera la dependencia de un minorista. Por lo tanto, el canal de comercialización es indirecto, ya que, el producto pasa por un intermediario, antes de la llegada al consumidor.



3.6 Sistemas de certificación de empresa y/o producto asociado al proceso de producción/comercialización

ISO 9001 (sistema de gestión de calidad)

Esta certificación tiene el objetivo de mantener bajo control los procesos productivos y comerciales de la empresa, mejorando la efectividad y la eficiencia en la producción del producto y en la prestación del servicio.

ISO 14001 (sistema de gestión ambiental)

La certificación demuestra que la actividad mantiene bajo control el impacto ambiental de sus actividades, buscando sistemáticamente mejoras de manera coherente, efectiva y sobre todo sostenible, mejorando el desempeño ambiental, apoyando así la protección del medio ambiente.

APPCC

La empresa también implemento un sistema de autocontrol según la H.A.C.C.P. Es un sistema de autocontrol de la salud y la higiene que todos los operadores del sector de la producción de alimentos deben establecer para evaluar y estimar los peligros y riesgos y establecer medidas de control para prevenir la aparición de problemas de higiene y salud.

ISO 22000: 2005

Es el estándar de referencia internacional para las empresas que desean certificar su sistema de gestión en el campo de la seguridad alimentaria para garantizar que los productos sean seguros en el momento del consumo humano. La norma ISO 22000 permite a la empresa involucrada en la cadena alimentaria identificar los riesgos de seguridad asociados con sus actividades y gestionarlos de manera preventiva.

BRC

El objetivo principal del estándar BRC es garantizar la seguridad, la legalidad y la calidad de los productos de marca privada. Al imponer un control sistemático de las materias primas, productos terminados, entornos de producción y recursos que interactúan en los procesos.

IFS

Es un estándar nacido para satisfacer las necesidades de seguridad alimentaria, trazabilidad, gestión de calidad, respeto por el medio ambiente, considerado hoy en día por las cadenas minoristas nacionales e internacionales elementos esenciales para un protocolo básico en políticas de compras y para el proceso de selección y evaluación de proveedores.

4. INSTALACIONES, MAQUINARIA Y OTROS BIENES DE EQUIPO

4.1 Descripción de las instalaciones

Generación de frío

Es importante mantener una baja temperatura en toda la zona de producción para reducir la formación de patógenos y el deterioro de los productos alimentarios. Además, se dispone de un almacén de materia prima con control de temperatura que no supere los 14°C para evitar su deterioro.

Suministro eléctrico

Es imprescindible que la empresa disponga de un suministro eléctrico para alimentar la maquinaria, los almacenes de materias primas, la iluminación y todos los otros equipos que lo necesiten.

Acondicionamiento de agua

El agua utilizada como ingrediente, para la limpieza de tuberías y de los equipos utilizados en el proceso, debe cumplir con los criterios sanitarios establecidos por las normativas de calidad.

Iluminación

La industria dispone de iluminación artificial y de iluminación natural en las salas de producción. En las cámaras de conservación únicamente se utiliza luz artificial, ya que han sido eliminadas las ventanas para reducir el riesgo de contaminación desde el exterior, así como, una mayor estabilidad de temperaturas y humedades, reduciendo posibles fugas.

Ventilación

El sistema de ventilación instalado asegura un intercambio de aire sucio con aire limpio sin riesgo de contaminación de patógenos.

4.2 Relación de maquinaria y otros equipos

Tabla 5. Maquinaria y equipos.

N° orden	Equipos	Potencia	Dimensiones	Cantidad	Año instalación
1	Molino MMR-300	5,5 kW	1045 x 624 x 800 mm	1	2020
2	Máquina de preparación del mosto		5.250 x 5.550 x 4.020 mm Capacidad 2360 L	1	2020
3	Tanque de fermentación		Diámetro 1300 mm Altura 3003 mm Capacidad 2000 L	3 x 2	2020
4	Pasteurizador		2.600 x 1.300 x 2.500 mm Capacidad 1500 L/h	1	2020

N° orden	Equipos	Potencia	Dimensiones	Cantidad	Año instalación
5	Embotelladora 15 válvulas Deox		4.350 x 1400 x 2.350 m Capacidad 3000 bth	1	2020
6	Equipo de descarga de big bags		1560 x 1600 x 3300 mm	1	2020
7	Transportador de cadena	0,75 CV	Capacidad 10 ft ³ /h;	2	2020
8	Bomba de impulsión	3 – 4 kW	Caudal 10 m ³ /h	3	2020
9	Hidrolimpiadora 2015 TST	7.3 kW	Capacidad 900 L/h Presión 200 bar	1	2020
10	Aspirador industrial NILFISK 107405167	2500 W	Capacidad deposito 55 L	1	2020
11	Frigorífico		1.045 x 661 x 916 mm	1	2020
12	Carretilla elevadora FBC1530N		Capacidad de carga 1500 kg 996 x 3050 x 4570 mm	2	2020
13	Bascula		400 mm x 400 mm	1	2020
14	Cajas de plástico		Capacidad 24 botellas 400x300x260mm	3800	2020

4.3 Otros bienes de equipo

Molino

La empresa dispone de un molino de malta MMR-300 para la molienda de la cebada. Tiene una capacidad de trabajo que varía desde 1200 kg/h hasta 1800 kg/h, lo que permite moler un lote de cebada de 350 kg en tiempos inferiores a los 20 minutos.

Este modelo tiene un tamaño de 1045 x 624 x 800 mm (largo, ancho y alto), con una potencia de 5,5 kW y funcionamiento con motor trifásico de 380-420 V.



Figura 2. Molino para la molienda.

Máquina de preparación del mosto

Se dispone de un equipo de preparación BREWORX QUADRANT 2000 diseñado para el tratamiento del mosto. Esta máquina está equipada con 4 tanques diferentes, cada uno con su función específica, además de una plataforma de operación, un sistema de medición y control y un bastidor de soporte.

El primer tanque se utiliza en la maceración, donde se mezcla malta en agua y se lleva a la temperatura necesaria para el proceso. El segundo es un tanque de filtración del mosto donde se eliminan los restos sólidos de la maceración. El tercer tanque está pensado para la fase de cocción, donde se lleva a ebullición el mosto durante el tiempo necesario y se añaden los lúpulos. Por último, queda el tanque con sistema Whirlpool utilizado en la filtración y clarificación de la cerveza, además de ser un tanque de almacenamiento temporal de mosto caliente.

Este equipo dispone de un sistema de control automático que requiere poca interacción por parte del usuario y permite una mayor constancia en las características de la cerveza una vez elegidas las variables que controlan el proceso. Además, utiliza un sistema de calefacción de los tanques con vapor, lo que acelera el proceso de ebullición y asegura un calentamiento del mosto sin peligro de caramelización de la malta.

El tamaño de todo el sistema de preparación del mosto es de 5250 x 5550 x 4020 mm (largo, ancho y alto) y tiene una capacidad de 2360 L por lote, suficientes para abastecer la producción diaria de 2220 L de mosto.



Figura 3. Máquina de preparación del mosto.

Tanque de fermentación

En el proceso productivo se utilizan 16 tanques de fermentación FUIC-CHP2C-2x2000CCT, divididos en ocho unidades, con dos tanques cada una. Es un equipo móvil independiente con tanques cilíndricos cónicos de capacidad de 2000 L cada uno. Estos fermentadores se utilizan tanto en la fermentación como en la maduración de la cerveza.

Los tanques están predispuestos con un sistema de refrigeración para el control de temperaturas con una potencia de enfriamiento de 2,3 kW. El rango de temperaturas en las cuales puede trabajar va desde 1 °C hasta 25 °C.

Produciendo un lote de cerveza al día para un total de seis a la semana, para el cual son necesarios siete días de fermentación, más los siete días de maduración, serían suficientes 14 totales. Debido a que el proceso de maduración y de embotellado ralentizaría el proceso general por efecto de cuello de botella al tener una capacidad de trabajo menor, se utilizan dos tanques más. De este modo, se dispone en todo momento de la posibilidad de vaciar los tanques de preparación del mosto sin tener que parar la producción.

Las dimensiones de los equipos son de 3850 x 1400 x 3780 mm (largo, ancho y alto).



Figura 4: Tanques de fermentación.

Pasteurizador

En tratamiento térmico se utiliza un el equipo BFP-1500 de flujo continuo, diseñado para la pasteurización de cerveza.

Dispone de un control automático de temperatura que facilita la regulación de esta. La temperatura de entrada tiene que estar entre los 2 °C y los 6 °C, mientras que la temperatura de salida, después del tratamiento, es de 4 °C. Este equipo permite un tratamiento térmico a temperatura elevada (72 °C) durante tiempos muy breves (20 segundos).

El pasteurizador trabaja con un caudal de 1500 L/h, con lo cual determina la velocidad del proceso general debido a que es el equipo con la menor capacidad de trabajo.

Sus dimensiones son de 2.600 x 1.300 x 2.500 mm (largo, ancho y alto).



Figura 5. Pasteurizador.

Embotelladora 15 válvulas Deox

La embotelladora utilizada en la empresa comprende un sistema de limpieza de botellas mediante un enjuague con agua micro filtrada o por esterilización con una solución de ozono, además de disponer de la posibilidad de soplar las botellas con aire esterilizada para eliminar eventuales residuos en su interior.

La tecnología utilizada en esta embotelladora permite obtener el vacío en las botellas y saturar su interior con gas inerte para asegurar su protección contra la contaminación antes del llenado.

A continuación, se procede con el llenado eliminando el gas inerte y el aire que se queda en el cuello de las botellas y se cierran las botellas.



Figura 6. Embotelladora.

La máquina utilizada es la versión de 15 válvulas con capacidad de producción de 3000 botellas por hora, permitiendo el envasado de las 6054 botellas diarias en dos horas. El tamaño es de 1400 x 4350 x 2350 mm (ancho, largo y alto).

Equipo de descarga de big bags

El descargador de big bags utilizado facilita la operación de descarga haciéndola más práctica y segura. Se compone de una estructura modular regulable en altura, con base vibrante y tolva troncocónica. La carga de big bags se realiza mediante la utilización de carretillas elevadoras eléctricas que se describen más adelante.

El tamaño de la estructura es de 1600 x 1560 x 3300 mm. La altura se puede regular a 2600 mm, facilitando de esta forma la carga de los big bags.



Figura 7. Equipo de descarga de big bags.

Transportador tubular de cadena

Para el movimiento de la malta es necesario un sistema de transporte interno en la fábrica. Para realizar esta tarea se recurre a un transportador tubular de cadena con el cual se lleva la malta al tanque de humectación para después rellenar el tanque de maceración.

La capacidad de transporte indicada por la empresa productora se mide en ft^3/h . El modelo elegido tiene una capacidad de alimentación de $10 \text{ ft}^3/\text{h}$, suficientes para satisfacer las necesidades de producción y permitir el llenado de los tanques en un tiempo mínimo de 15 minutos.

Este elemento se puede dimensionar según las necesidades requeridas en la industria.

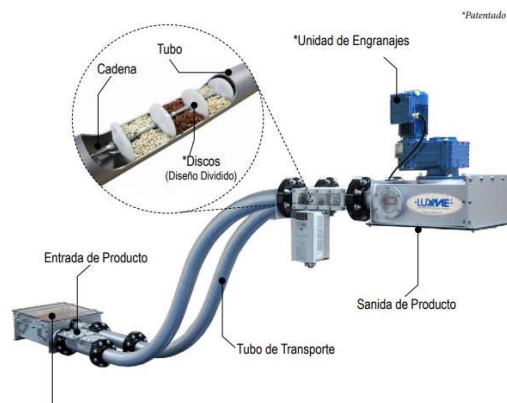


Figura 8. Transportador tubular.

Bomba de impulsión

Para la impulsión de la cerveza a través de los varios equipos son necesarias tres bombas. Una para alimentar los tanques de fermentación, una que lleve la cerveza hasta el pasteurizador y finalmente una para abastecer al equipo de embotellado.

Las tres bombas elegidas son del mismo modelo Evoguard H1CP 165/8, apta para el uso en industrias cerveceras, con diámetro nominal de entrada y salida DN50 y caudal de trabajo que



Figura 9. Bomba de impulsión.

va desde 1 m³/h hasta 15 m³/h. Con estos caudales se puede abastecer los varios equipos en tiempos muy breves que pueden ser inferiores a los 15 minutos en su máxima capacidad de trabajo.

Hidrolimpiadora

Para la limpieza de equipo se ha seleccionado una hidrolimpiadora adecuada a las dimensiones de los equipos a limpiar y a los tiempos de uso.

El modelo empleado es de la serie HOT MODUS 2015 TST de 7,3 kW de potencia y 7,5 HP. La presión del agua de salida es de 200 bar y el caudal de funcionamiento es de 900 L/h.

a elección se justifica en sus dimensiones (88 x 55 cm de anchura y 184 cm de altura) y su facilidad de uso, que simplifica y aligera la limpieza de equipos.



Figura 10. Hidrolimpiadora.

Aspiradora para polvos

En la molienda se puede producir mucho polvo, así que es necesario el empleo de una aspiradora para mantener limpia el área de trabajo. Para esta tarea se recurre a una aspiradora industrial de fácil manejo con una capacidad de depósito de 55 L y una potencia de 2,5 kW.



Figura 11. Aspiradora.

Frigorífico

Con el fin de almacenar la levadura y otros materiales cuando sea necesario, se utiliza un frigorífico con dimensiones de 1.045 x 661 x 916 mm (ancho, largo y alto).



Figura 12. Frigorífico.

Carretilla elevadora

Para la carga de los big bags es necesario el empleo de una carretilla elevadora. La máquina elegida es la carretilla elevadora de la Serie FBC1530N de la empresa ULMA. Tiene una capacidad de carga de 1500 kg. En la elección del equipo, además de la capacidad de carga, se ha tenido en cuenta la necesidad de alcanzar una altura mínima de 2600 mm en la carga de los big bags y se eleva hasta los 3285 mm. Sus dimensiones son de 996 x 3050 x 4570 mm (ancho, largo y alto). La altura total se considera con el mástil en su máxima elevación.

En el almacenamiento de las botellas y de la cerveza se utiliza el mismo modelo de carretilla elevadora.

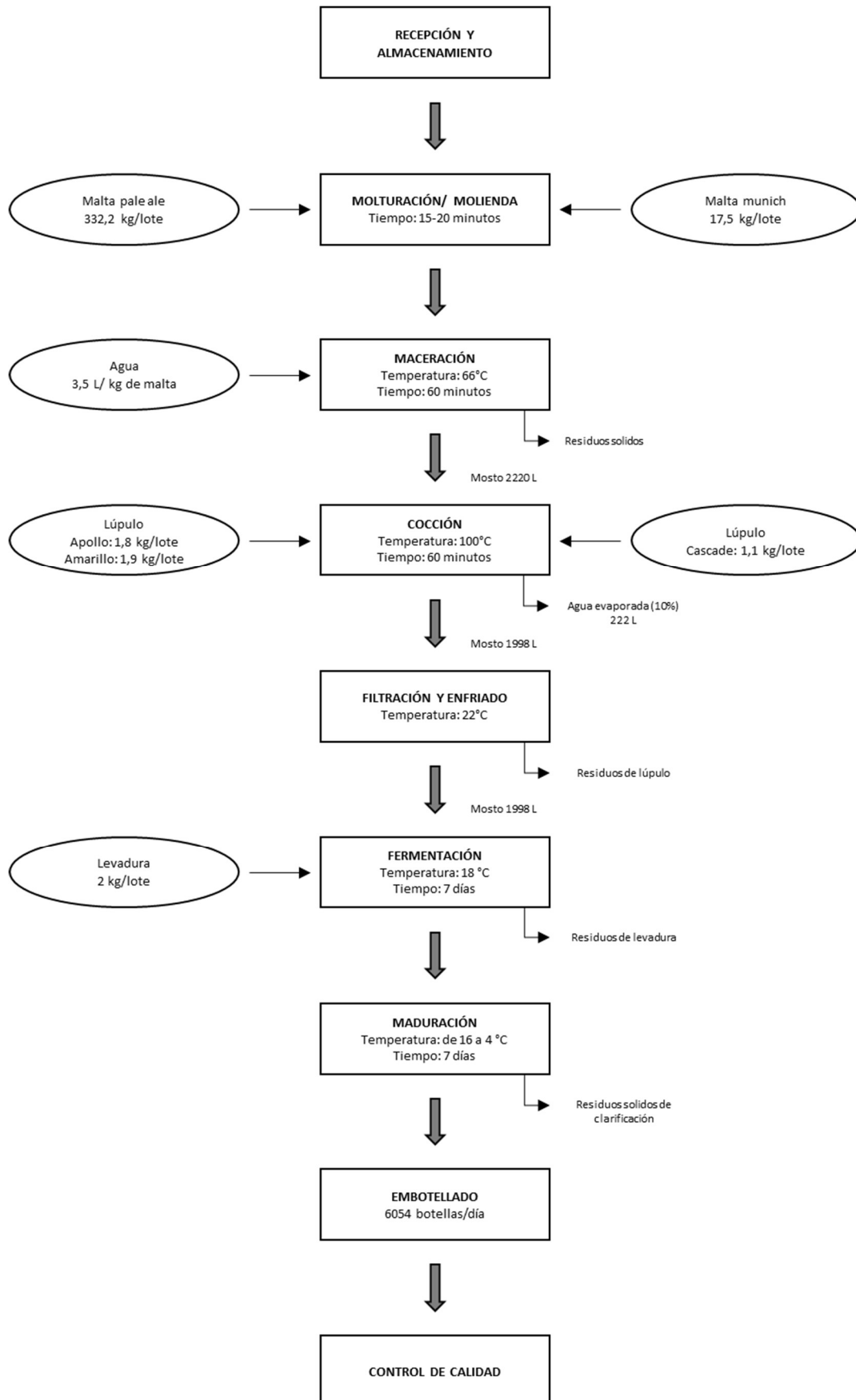


Figura 13. Carretilla elevadora.

Báscula

Por último, la báscula es necesaria para pesar las cantidades de malta 'Munich' que se tiene que utilizar. Su capacidad es de 180 kg y es de dimensiones reducidas de manera que ocupe poco espacio y tiene un tamaño de 400 x 400 mm.

5. DIAGRAMA DE FLUJO



6. PROCESO INDUSTRIAL

A continuación, se describe el proceso productivo a partir de la molienda, hasta el producto terminado. En la mayoría de las industrias cerveceras el malteado, comprendido por el remojo, la germinación y el tostado, los realiza una empresa externa desde la cual se compra directamente la malta procesada. Esto facilita el proceso general y asegura una materia prima de calidad ya que, son fases muy delicadas, además de reducir los costes de la maquinaria necesaria y los espacios ocupados por la empresa.

Recepción de la materia prima

En el momento de la recepción de la cebada, debe realizarse un exhaustivo control de calidad en el cual se comprueba el olor, el color y el tamaño del grano. Para la malta del tipo *Pale Ale* se reciben 8 big bags de 1000 kg cada mes mientras que la *Munich* llega en sacos de 30 kg, para un total de 14 bolsas cada mes. Se almacenan en un local refrigerado a una temperatura de 14 °C por un periodo que no supera las dos semanas.

En cuanto al lúpulo, se recibe en sacos de pellets de 2 kg cada mes. Del lúpulo '*Apollo*' se reciben lotes de 22 sacos, por el *Amarillo 24* y por el *Cascade 14*. Para su conservación se requieren bajas temperaturas así que se guardan en las mismas cámaras de la malta.

Por último, queda la levadura que se compra en sobres de 500 g, con un total de 24 sobres cada semana. Su temperatura de conservación es menor de 4 °C así que se almacena en un refrigerador apósito y se puede guardar hasta su fecha de expiración. Esta materia prima se compra mensualmente ya que, su método de conservación, permite guardarla durante períodos más prolongados.

Molturación/molienda

La molienda es un proceso muy importante en la producción de cerveza debido a que de él depende el resultado final de la maceración y finalmente el sabor obtenido en la cerveza. El objetivo es romper la cáscara del grano para separarla del endospermo y pulverizarlo, favoreciendo de esta forma la extracción de sustancias solubles y maximizando la acción enzimática en la maceración. Es importante mantener íntegra la cáscara en este proceso para que funcione como lecho filtrante porque ayuda a retener la cama de granos en su lugar y separar el mosto de los granos con gran facilidad. La presencia de la cáscara en el mosto podría también afectar al sabor y al color final debido a que contiene poli-fenoles, silicatos, proteínas, y sustancias que pueden impartir amargor. Además, para aumentar el rendimiento en la maceración es muy relevante el tamaño de la harina ya que, partículas más finas favorecen la extracción de sustancias solubles, dando como resultado un rendimiento mayor.

Siendo importante mantener la cáscara íntegra, la elección del molino es muy determinante ya que de él depende la calidad de la harina. Con el equipo elegido se obtiene una buena trituración dejando íntegra la cáscara, factor muy importante para favorecer el filtrado en las operaciones posteriores y asegurar que no quede presencia de las partes externas del grano que dejen sabores no deseados al mosto.

La malta llega al molino directamente desde el transportador neumático, para ser llevada sucesivamente al tanque de maceración. El tiempo de procesado de esta etapa puede variar

según como se regule el equipo de triturado y la velocidad del transportador. Los tiempos para esta tarea pueden variar entre los 15 hasta los 20 minutos según las necesidades del momento.

Maceración

La maceración es el método utilizado para extraer azúcares de la malta previamente molida. Consiste en hidratar la malta sumergiéndola en agua, activando las enzimas presentes en ella. En este proceso la malta gelatiniza y los almidones se convierten en azúcares fermentables que se aprovechan en la producción de etanol con la acción de las levaduras.

Básicamente, la maceración ayudará a obtener el extracto necesario para pasar al siguiente paso.

El extracto son las sustancias disueltas en agua que proveen de materia prima y se mide en OG: Original Gravity o Gravedad inicial, azúcares disueltos (gramos) en 100 mL de agua. Los OG se miden en grados Plato (P°) con un hidrómetro.

El contenido de este extracto es: azúcares fermentables, nitratos de amino-ácidos (F.A.N), minerales, vitaminas y otros nutrientes para la levadura. Además, contiene sustancias no aprovechables por las levaduras y que dan cuerpo a la cerveza que son: azúcares no fermentables, dextrinas, proteínas solubles y otras sustancias orgánicas.

Durante la maceración, el evento principal es la conversión de almidones en azúcares fermentables y dextrinas no fermentables por medio de enzimas. La actividad enzimática depende de la temperatura y del pH, por lo tanto, es importante controlar estos factores dependiendo de las calidades del mosto deseadas.

Para que las enzimas puedan activarse y empezar la modificación de almidones en azúcares fermentables es importante hidratar y gelatinizar los granos. La cebada tiene una temperatura de gelatinización que oscila entre los 60 y 65 °C. La temperatura de maceración coincide con la temperatura de gelatinización, por lo tanto, este cereal no necesita una etapa de pre-gelatinización.

Una vez gelatinizados los granos, la enzima alfa-amilasa puede empezar a romper las cadenas de almidones en cadenas de menor tamaño, al igual que las dextrinas. A continuación, enzimas como beta-amilasa, dextrinas de límite y alfa-glucosidasas empiezan a romper estas cadenas y convierten los almidones en azúcares fermentables.

Tabla 6. Tabla de enzimas.

Enzima	Rangos de activación	Temperaturas de preferencia	Rango optimo pH	Rangos favoritos pH	Función
Fitasa (Phytase)	30-52°C	Desconocida	5.0-5.5	Desconocido	Disminuye el pH de la Maceración.
Beta-Glucanasa	20-50°C	35-45°C	4.5-6.0	4.5-5.5	Reduce la viscosidad del mosto y mejora la clarificación.

Enzima	Rangos de activación	Temperaturas de preferencia	Rango optimo pH	Rangos favoritos pH	Función
Proteasa	20-65°C	45-55°C	4.5-6.0	5.0-5.5	Rompe proteínas grandes y reduce la turbiedad.
Peptidasa	20-67°C	45-55°C	4.5-6.0	5.0-5.5	Produce F.A.N. de proteínas solubles.
Alfa-glucosidasa	60-70°C	Desconocida	4.5-6	5.0-5.5	Convierte cadenas de maltosa y otros azúcares las convierte en glucosa.
Dextrinasa de límite	60-67°C	60-65°C	4.8-5.8	4.8-5.4	Corta los límites de las cadenas de Dextrinas
Beta-Amilasa	60-65°C	60°C	5.0-6.0	5.2-5.8	Produce maltosa.
Alfa-Amilasa	60-75°C	60-70°C	4.0-6.0	4.5-5.5	Produce una variedad de azúcares fermentables incluyendo maltosa.

Es importante mencionar, que, un descanso en la temperatura de macerado que active la enzima Beta-glucanasa, puede llevar a cervezas con baja retención de espuma y con cuerpo muy ligero, que no es lo que se busca en una cerveza del tipo IPA, por lo tanto, hay que utilizar temperaturas un poco más altas para reducir la acción de este enzima.

Siempre hay actividad de las enzimas por encima o por debajo del rango óptimo, por lo que se opta por una sola temperatura de maceración con la actividad enzimática que más se adapte al tipo de producto final que se busca.

Las dos enzimas en las cuales nos tenemos que fijar más son las beta-amilasa y las alfa-amilasa. La primera produce azúcares fermentables que favorecen la producción de alcohol en el proceso de fermentación, mientras que las segundas producen azúcares de cadena larga (dextrinas), que dan mayor cuerpo a la cerveza.

Normalmente, las cervezas del tipo IPA son turbias, pero no tienen mucho cuerpo y la graduación suele ser más alta a la de las cervezas clásicas. En este caso se elige una temperatura de maceración de 66 °C, lo que permite obtener una cerveza con un grado alcohólico más alto de 6,5 % y un aspecto turbio sin tener un cuerpo muy espeso. El tiempo de maceración será de 1 hora y se utiliza el sistema de descanso de sacarificación, o sea de conversión de azúcares, que

es el sistema clásico utilizado en la mayoría de los procesos de producción de cerveza. El pH en la maceración estará entre 5,4 y 5,8, con un gasto de agua de 3-4 L por kilo de malta.

Una vez acabada la maceración, se procede con la filtración del mosto que sirve para separar el líquido que contiene los azúcares de la cáscara y materiales sólidos.

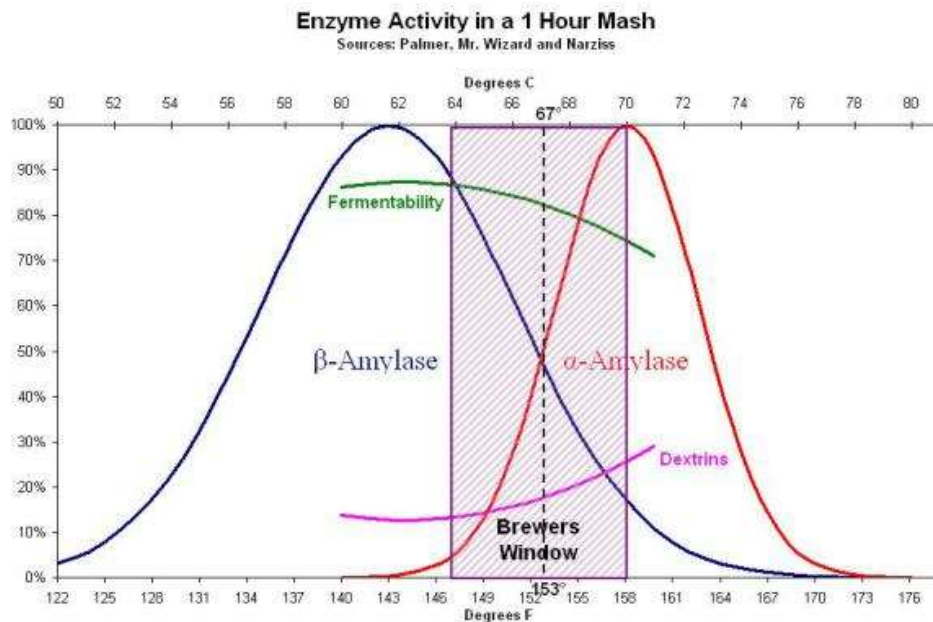


Figura 14. Gráfico de actividad de enzimas.

Cocción

Esta etapa consiste en la llevar a temperatura de ebullición el mosto por un tiempo de por lo menos 60 minutos, con el fin de estabilizarlo tanto microbiológicamente como enzimáticamente y buscar la coagulación de proteínas.

Este proceso tiene varios efectos sobre el mosto:

- Como se acaba de mencionar, cesa la actividad enzimática. El contenido de azúcares quedará fijado y será utilizado por las levaduras.
- Se esteriliza el mosto.
- Se obtiene la coagulación de las proteínas y de los taninos.
- Se consigue el amargor característico por isomerización de los alfa-ácidos del lúpulo.
- Precipitación intensa del fosfato cálcico.
- Eliminación de compuestos volátiles indeseados.
- Aumento de la concentración del mosto por evaporación de agua.
- Se obtiene color por caramelización de azúcares, formación de melanoidina y oxidación de taninos.

La adición del lúpulo se hace a lo largo de la cocción, cuyos aceites aportan el amargor típico de las cervezas que sirve para compensar el dulzor de la malta. Contribuye significativamente a en el sabor y aroma de los diferentes estilos de cervezas, dependiendo en parte del momento de su adicción.

Existen muchas variedades de lúpulo, con diferentes cantidades de alfa-ácidos y que aportan cada uno amargor, sabor y aroma según la variedad y el momento en el cual lo agregamos al mosto.

Típicamente, cuando se busca aportar amargor a la cerveza, se utilizan lúpulos con altos contenidos en alfa-ácidos y se adicionan al principio del hervido ya que, esta característica requiere mucho tiempo para liberarse y ser absorbida por el mosto. En cambio, los sabores y aromas se pierden muy rápidamente con la evaporación, por lo tanto, el momento más adecuado para adicionar los lúpulos más aromáticos es hacia el final de la cocción. En este caso, cabe destacar que una mayor expresión del sabor se obtiene cuando faltan alrededor de los 20 minutos para finalizar la cocción mientras que los aromas, siendo más volátiles, se obtienen con más eficacia añadiendo el lúpulo en los últimos minutos del hervido.

En la producción de esta cerveza IPA, el hervido es de 60 minutos y se utilizan tres tipos de lúpulo. Uno con alto contenido de alfa-ácidos que aporta amargor y se añade al principio, uno con un contenido medio para dar principalmente sabor y un poco de aroma que se añade cuando faltan 20 minutos para finalizar el hervido y, finalmente uno con bajo contenido de alfa-ácido que aporta la mayoría del aroma y un poco de sabor. Este último se añade en los últimos 5 minutos para no perder el aroma con la evaporación y también para evitar aportar sabores astringentes, o sabores vegetales que pueden afectar negativamente a la cerveza.

En la tabla siguiente, se representan los tres tipos de lúpulo utilizados, junto a sus nombres, sus características y el momento en los cuales se adicionan.

Tabla 7. Características de los lúpulos y tiempo de hervor.

Nombre del lúpulo	% Alfa-ácidos	Uso	Aroma	Tiempo de hervor (min)
Apollo	17 %	Amargar	Cítrico	60
Amarillo	9 %	Sabor/aroma	Floral/cítrico	20
Cascade	6 %	Sabor/aroma	Cítrico/floral	5

Cálculo del IBU

En la cerveza, el IBU es un valor que indica el grado de amargor que tiene y representa la cantidad de iso-alfa-ácidos disueltos en la cerveza. Depende de varios factores entre los cuales, el tipo de lúpulo, según la cantidad de alfa-ácidos que contiene, la cantidad de mosto y de lúpulo utilizadas y del momento de adicción.

Como se ha mencionado anteriormente, se utilizan tres variedades de lúpulo, con diferentes finalidades. Cada uno de ellos aporta amargor al mosto según sus alfa-ácidos y el momento de introducción. Para asegurar un buen equilibrio entre amargor, sabor y aroma es importante seleccionarlos cuidadosamente y establecer el valor de IBU deseado.

En el cálculo de cantidades que hay que adicionar se recurre a una expresión sencilla que tiene en cuenta del volumen de mosto utilizado, la cantidad de lúpulo a gastar, el porcentaje de utilización de cada uno y el porcentaje de alfa-ácidos que contienen. Se realiza el cálculo para cada lúpulo y después se suman entre sí para obtener el valor final. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$IBU = \frac{Plu * \%AA * \%U}{Lm * Fc * 10}$$

- IBU: International Bitterness Unit
- Plu: cantidad de lúpulo en gramos
- %AA: porcentaje de alfa-ácidos presentes en el lúpulo
- %U: porcentaje de utilización del lúpulo según la tabla
- Lm: cantidad de mosto utilizado en litros
- Fc: coeficiente de corrección si la densidad sobrepasa el valor de 1050 g/L

$$Fc = 1 + \left(\frac{\left(\frac{D}{1000} \right) - 1,05}{0,2} \right)$$

- D: densidad del mosto

Tabla 8. Tiempo de hervor y porcentaje de utilización.

Tiempo de hervor (min)	Porcentaje de utilización	
	Flor	Pellets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
60 a 74	24	30
Más de 75	27	34

Una vez realizados los cálculos, se han determinado las cantidades de lúpulo que se necesitan para cada lote de mosto y el IBU final resultante de la mezcla de las tres variedades.

El IBU que se obtiene al final es de 57,1. En la siguiente tabla se resumen los valores de IBU que aporta cada variedad de lúpulo y la cantidad utilizada para cada lote de mosto de 2220 L.

Tabla 9. Cantidad utilizada e IBU de los lúpulos.

Nombre	Cantidad	IBU
Apollo	1776	40,8
Amarillo	1887	14,5
Cascade	1110	1,8
TOT		57,1

Filtración y Enfriado

Después de la cocción, el mosto se somete a filtración para eliminar los restos sólidos de cebada y lúpulo que podrían afectar al sabor final de la cerveza. Una vez acabado el filtrado, es imprescindible bajar la temperatura hasta el valor necesario para que las levaduras trabajen y empiece la fermentación, en este caso hasta los 22°C requeridos por la primera etapa. Cuanto más rápido se alcanza la temperatura óptima de fermentación, mejor, de manera que se pare completamente el proceso de cocción y no sobrepasar los tiempos de hervor del mosto y de los lúpulos.

Fermentación

La fermentación es el proceso mediante el cual las levaduras transforman los azúcares procedentes de la malta y el oxígeno, en alcohol y dióxido de carbono. Es evidente que las levaduras juegan un papel fundamental en la evolución del mosto en cerveza y actúan todas de formas diferentes, por lo tanto, es importante seleccionar la cepa más adecuada al tipo de cerveza que queramos producir. Existen tres tipos de fermentaciones según la levadura utilizada que son: alta fermentación, baja fermentación y fermentación espontánea.

La IPA es una cerveza de alta fermentación, por lo tanto, la descripción del proceso se centra exclusivamente en este estilo de cerveza.

Alta fermentación (cerveza del tipo ale)

En este tipo de fermentación, las levaduras utilizadas son de la especie *Saccharomyces Cerevisiae*. Estas levaduras llevan a cabo el proceso de fermentación a temperaturas entre los 15 y los 25 °C y tienden a subir a la zona superior de los tanques de fermentación, cercana a la superficie, por esto se llaman cervezas de alta fermentación.

A continuación, se presentan las fases de la fermentación, que son iguales para cualquier tipo de cerveza que se quiere producir.

1. Lag o de retardo: las primeras 15 horas

En el momento en el cual incorporamos la levadura al mosto, este necesita un tiempo de aclimatación de manera que las células puedan absorber oxígeno, vitaminas, minerales y aminoácidos presentes en el mosto.

Las levaduras empiezan a producir las enzimas necesarias gracias a estos alimentos. En esta fase necesitan principalmente oxígeno para producir esteroides, críticos en la permeabilidad de la membrana de la levadura. Se suele utilizar una temperatura mayor que la temperatura de fermentación, en este caso en concreto se mantiene una temperatura constante de 22 °C durante un tiempo de 15 horas.

La cepa de levadura utilizada requiere una hidratación previa a la introducción en el mosto para que se active más eficazmente. Se suele poner en agua estéril a una temperatura de alrededor de 30-35 °C durante 15-20 minutos.

2. Crecimiento exponencial: desde el primer día al cuarto.

En esta fase se empiezan a ver los efectos de las levaduras sobre el mosto, formándose espuma en la superficie. El crecimiento de las levaduras es exponencial y consumen los azúcares desde

los más simple a los menos, empezando por la glucosa, a continuación, fructosa y finalmente sacarosa. El mosto se compone principalmente por maltosa (hasta un 60%) y es la responsable de los diferentes aromas y sabores. La maltosa es un azúcar complejo que necesita un proceso de hidrólisis para ser descompuesto en unidades de glucosa. Las levaduras utilizan las enzimas maltasa para esta tarea.

En la fase de crecimiento, la levadura produce precursores de dos componentes, el diacetil y 2,3- pentanodiona son conocidas como dicetonas vecinales. Una tasa de crecimiento desmedida provocará altas concentraciones de estos dos componentes, con sabores indeseables en la cerveza. Por lo tanto, es importante dar el tiempo suficiente para ser reducidos.

A medida que los nutrientes se agotan, la actividad enzimática pierde su fuerza y la mayoría de la levadura comienza a depositarse en el fondo. Al final de esta etapa, la mayoría de los compuestos aromáticos y del sabor se habrán formado.

En esta etapa aumenta la temperatura debido a la actividad metabólica por esto es importante tener un control de temperatura para mantenerla dentro del rango óptimo. La temperatura de fermentación en esta fase y en la fase estacionaria es de 18 °C.

3. Fermentación o fase estacionaria: desde el cuarto día hasta el séptimo.

Se llama fase estacionaria porque la velocidad de fermentación se estabiliza debido a que se para el crecimiento de la levadura y decae la actividad por agotamiento de los nutrientes.

El objetivo de esta etapa es la reducción de todo el fermentable remanente y eliminar los subproductos no deseados que se han formado en la fase anterior.

En este momento, la mayoría de los azúcares fácilmente fermentables se han convertido así que la levadura comienza a trabajar sobre los azúcares más pesados y absorber buena parte del diacetil y de acetaldehído formado anteriormente. Además, los alcoholes de mayor peso molecular nombrados Fuseses, que se han formado en la etapa anterior, son transformados por la levadura en ésteres aportando un carácter frutal más agradable.

Antes de proceder con la maduración, se baja la temperatura de 2 °C en los últimos dos días para favorecer la sedimentación de la levadura y de otros sólidos, además de bajar los niveles de diacetil.

Maduración

Mediante el proceso de maduración se busca conseguir a partir de una bebida rústica una agradable a los sentidos, esto es debido al efecto que tiene en la calidad final del producto. En esta fase la levadura reduce lentamente los fermentables remanentes (como la maltotriosa que deriva de los azúcares más pesados) para generar CO₂ y así sumar carbonatación al producto final obtenido. En esta fase se reprocesan los subproductos perjudiciales debidos a la fermentación como el diacetilo, la 2,3 pentanodiona y el acetaldehído entre otros.

Finalizada la fermentación primaria, la mayoría de las células de levadura se ha inactivado y se ha depositado en el fondo del fermentador. Esta inactivación de la levadura provoca la excreción de aminoácidos y ácidos grasos generando, tras su muerte, sabores y aromas similares a la grasa, la carne o la goma, los cuales son característicos a la autólisis. Para evitar la aparición de sabores no deseados se eliminan los residuos acumulados en el fondo del fermentador. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la maduración es una tarea realizada por la levadura, por eso es

importante mantener una parte de ella y una pequeña cantidad de extracto para llevar a cabo esta fase.

Otro objetivo de la maduración es clarificar la cerveza eliminando parte de la turbiedad. Para clarificar naturalmente se deben bajar paulatinamente las temperaturas hasta el límite permitido antes de congelarse (-1 °C), en este caso en concreto, se ha elegido una temperatura mínima de 4 °C, que coincide con la temperatura de entrada en el pasteurizador. De este modo se facilita la decantación de las levaduras, proteínas y otros componentes como los taninos, aclarándose y suavizándose el producto terminado antes de su envasado.

Carbonatación

En la maduración, además de obtener el sabor final deseado y eliminar la turbiedad de la cerveza por sedimentación, se forma la cantidad de CO₂ necesaria para conseguir las típicas burbujas de la cerveza.

La carbonatación es el proceso en el cual se disuelve el CO₂. La ley de Henry establece que la concentración de gas ligeramente soluble en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas. Además de a la presión, este proceso está ligado a la temperatura de la cerveza, siendo mayor la concentración de CO₂ en la solución cuanto menor sea la temperatura.

Para llevar a cabo este proceso se recurre al sistema de carbonatación natural. Esta es la forma clásica y se consigue cerrando herméticamente el recipiente donde la cerveza madura para que el CO₂ generado en una segunda fermentación no escape y se disuelva en el líquido saturándolo.

La fase de maduración de la cerveza estilo IPA producida en la industria dura 7 días y se lleva a cabo en el mismo tanque de la fermentación aplicando algunos cambios en la temperatura y el método de fermentación. Como se ha mencionado en los primeros párrafos de esta etapa, para obtener una buena maduración es necesario eliminar los residuos que se han depositado en el fondo para evitar la aparición de sabores no deseados. Además, es imprescindible bajar la temperatura si se quiere obtener una mejor sedimentación para eliminar la turbiedad del producto final y favorecer la disolución del CO₂, por lo tanto, se reduce gradualmente la temperatura de la cerveza hasta llegar a los 4°C. Estas dos tareas combinadas eliminan buena parte de los sólidos en suspensión. Siendo una cerveza artesanal no se busca la total eliminación de estos sólidos ya que le dan un aspecto más rústico y sobre todo le confieren más cuerpo y sabor, justamente lo que se busca para obtener una cerveza más característica.

Pasteurización

La pasteurización es un tratamiento térmico realizado con el fin de eliminar los microorganismos patógenos y las levaduras que permanecen en la cerveza. Sin este proceso, la cerveza produciría sabores extraños que afectarían a la calidad final del producto. No obstante, es importante tener cuidado con los tiempos y la temperatura en esta fase debido a que parámetros incorrectos podrían afectar negativamente las cualidades sensoriales.

Para este proceso se utiliza un pasteurizador tubular en el cual la cerveza entra y sale a una temperatura de 4 °C. El tiempo de pasteurización es de 20 segundos y se somete a una temperatura de 72 °C. El equipo utilizado tiene una capacidad de pasteurización de 1500 L/h por lo tanto, esta fase del proceso determina la velocidad de producción de la industria.

Embotellado

La última etapa en el proceso de producción de la cerveza es el embotellado. El objetivo es conservar el producto acabado en un contenedor adecuado para que pueda mantener lo mejor posible sus características organolépticas durante un tiempo prolongado.

El embotellado se realiza mediante un equipo específico para esta tarea que permite el llenado de las botellas sin el riesgo de contaminación.

Una vez acabado el proceso de producción se procede con el almacenamiento del producto terminado en el almacén donde permanecerá hasta su venta, que suele ser en tiempos inferiores a los 15 días.

Control de calidad

El último paso en el proceso es el control de calidad en el cual se toman muestras aleatorias para averiguar que el producto final obtenido refleje las características organolépticas deseadas. También se toman muestras a lo largo de todo el proceso y se analizan en el laboratorio situado en la sala de producción asegurando de esta forma una mayor constancia entre los diferentes lotes.

7. JUSTIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS

Para la distribución de superficie se tiene en cuenta el tamaño de la maquinaria, las exigencias del personal y las necesidades de producción y de almacenamiento.

7.1 Justificación del dimensionado

Sala de producción

Las dimensiones de la sala de producción son determinadas por el tamaño de la maquinaria utilizada en el proceso. En nuestra situación se calcula con respecto a las dimensiones del equipo de preparación de mosto con tamaño de 5,55 x 5,25 m, de los fermentadores, todos de 1,3 m de diámetro y del pasteurizador con dimensiones de 2,6 x 3,1 m. También se considera la presencia del laboratorio utilizado exclusivamente para hacer pruebas sobre los lotes en producción y que tiene unas dimensiones de 5 x 2,5 m. Teniendo en cuenta estos elementos, las dimensiones de esta sala son de 22 x 13,5 m equivalente a una superficie de 297 m².

Almacén de materias primas

En el proceso se utilizan distintas materias primas para obtener el producto deseado y todas deben estar almacenadas en las correctas condiciones. Las materias primas utilizadas son: cebada, lúpulo y levadura. El tamaño del almacén se calcula según los espacios ocupados por la materia prima, la carretilla elevadora utilizada en el movimiento de big bags y el equipo de descarga de estos. Los big bags de la cebada *Pale Ale* se disponen en pallet de 120 x 100 cm y se almacenan en tres pilas, con una capacidad total de 9. Las bolsas de 30 kg de cebada *Munich* que ocupan menos espacio se reciben en un único pallet. Los lúpulos llegan separados entre sí y se utiliza un pallet para cada uno. En cuanto a la levadura, se guarda en un refrigerador

colocado dentro del almacén de materias primas. Las dimensiones de la sala son de 13,5 x 9 m y para una superficie de 121,5 m².

Almacén de producto terminado

Esta sala se ha dimensionado para tener suficiente espacio para almacenar las botellas vacías y la cerveza durante 15 días. Se ha tenido en cuenta la producción diaria de cerveza que corresponde a 6054 botellas, para un total de 90810 en los 15 días de almacenamiento. Cada caja tiene una capacidad de 24 botellas y caben 36 de ellas en cada pallet, lo que corresponde a 3784 cajas totales almacenadas en 106 pallets. Se dispone todo en 3 pallets apilados y organizados en filas y se tiene una capacidad total de 126 pallets de botellas vacías y la misma cantidad de pallets con botellas llenas. Además del producto terminado y de las botellas, hay que tener en cuenta el espacio ocupado por la carretilla elevadora y el espacio de maniobra que necesita. Por último, se considera también la presencia del equipo de embotellado y de un área alrededor de él que ofrezca la posibilidad al trabajador de moverse y de posicionar los pallets cerca de él para simplificar la tarea de embotellado. Para todo esto se realiza una sala de 24 x 14 m con una zona de 8 x 6 m en la cual se aparca la carretilla elevadora y se guarda una parte de botellas vacías, todo en una superficie de 384 m².

Vestuario y otras salas

Con respecto al tamaño de la sala de máquinas, se ha dimensionado para poder contener toda la maquinaria necesaria para el funcionamiento de los equipos presentes en la fábrica, con unas dimensiones de 10 x 8 m y una superficie de 80 m².

Para el vestuario y los aseos, las dimensiones se dan por las necesidades del personal. Es necesario un retrete cada 25 trabajadores y uno cada 15 trabajadoras, por lo tanto, en la empresa se han instalado dos inodoros, dos duchas y dos grifos, suficientes para los 5 trabajadores, separados en dos salas de 8 x 3,5 m equivalentes a una superficie de 28 m² cada una.

Se dispone además de una zona de oficinas, con dimensiones de 8 x 8 m y para una superficie de 64 m².

Por último, hay un pasillo que cruza la nave desde el exterior hasta el almacén y que conecta todas las salas. Mide 2,5 m de ancho y recorre toda la nave con una longitud total de 31 m.

7.2 Tabla de distribución de espacios

Tabla 10. Distribución de superficies.

DEPENDENCIA	SUPERFICIE (m ²)
Sala de producción (incluye laboratorio)	297
Almacén de materias primas	121,5
Almacén de producto terminado	384
Sala de máquinas	80
Vestuario	56
Zona de oficinas	64
Pasillo	77,5

8. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

En el siguiente apartado se ha resumido como se han realizado los cálculos del dimensionado de la estructura de la nave. Todos los cálculos detallados se encuentran en el 'ANEJO III – OBRA CIVIL'.

8.1 Normativa

Se han utilizado las siguientes normativas para realizar los cálculos:

- EAE: Instrucción de Acero Estructural
- EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural
- CTE: Código Técnico de la Edificación
 - DB-SE: Seguridad estructural
 - DB-SE AE: Seguridad estructural. Acciones en la edificación
 - DB-SE A: Seguridad estructural. Acero
 - DB-SE C 'Cimientos'

8.2 Software

Para realizar el diseño de la estructura de este proyecto se ha utilizado el programa AutoCAD.

8.3 Dimensiones

Tabla 11. Diseño de la estructura.

Pendiente	10 %
Altura del pilar	6 m
Separación entre correas	3.01 m
Luz	24 m
Separación entre cerchas	5 m
Longitud total de la nave	45 m

8.4 Materiales utilizados

Tabla 12. Materiales utilizados.

Acero tipo S275JR para toda la estructura
Barras de la celosía de tubo cuadrado hueco y acero S275JR
Correas de la cubierta de tipo IPE y acero S275JR
Pilares tipo HEB y acero S275JR
Cubierta de teja árabe

8.5 Definición de la carga

Para el cálculo de la estructura hay que considerar la carga que tiene que soportar en todo momento sin subir roturas o deformaciones importantes. En ella actúan dos tipos de cargas.

Acciones constantes: aquellas cuya magnitud no varía a lo largo del tiempo.

- Peso de las correas.
- Peso de la estructura (cercha + pilar).
- Peso de la cubierta.
- Otras cargas (Instalaciones interiores, placas solares, etc...).

Acciones variables: estas, a diferencia de las primeras, varían con el tiempo.

- Sobrecarga de uso
- Sobrecarga de nieve
- Carga debida al viento

Tabla 13. Acciones constantes

ACCIONES CONSTANTES	PESO (kg·m ⁻²)
Correas	6
Estructura (cercha + pilar)	24
Cubierta	40
Otras cargas	20
<i>TOTAL</i>	<i>90</i>

Tabla 14. Acciones variables.

ACCIONES VARIABLES	PESO (kg·m ⁻²)
Sobrecarga de uso (S)	40
Sobrecarga de nieve (N)	30
Viento (V)	n.a.
<i>TOTAL</i>	<i>70</i>

Por último, hay que mayorar la carga con los siguientes coeficientes de mayoración:

- Acciones constantes: 1,35
- Acciones variables: 1,5

8.6 Dimensionado de la cercha

Para realizar el cálculo de la cercha es necesario conocer el valor de la carga aplicada en la cubierta, por lo tanto, se procede al cálculo de la carga lineal, para sacar a continuación el valor de la carga puntual aplicada a los nudos superiores y las reacciones en los extremos inferiores.

- Carga lineal (Q) = 1135 kg/m
- Carga puntual (F) = 3405 kg
- Reacciones (R) = 13620 kg

En las siguientes imágenes se representa gráficamente la distribución de las fuerzas y la numeración de los nudos con sus respectivos ángulos.

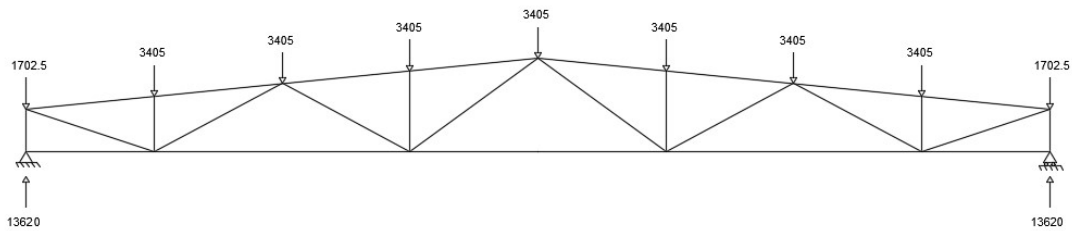


Figura 15. Cargas puntuales en los nudos.

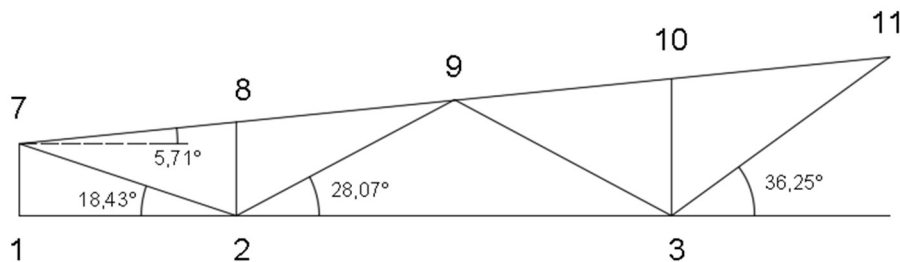


Figura 16. Numeración de los nudos y ángulos utilizados.

Una vez que se conocen los valores de F y R, se puede continuar con el dimensionado de la cercha. Para ese propósito, se ha utilizado el método de los nudos con el cual se calculan los esfuerzos a los cuales están sometidas las barras. En la siguiente tabla se detallan las barras que componen la celosía de la estructura, cada una con el esfuerzo a la cual está sometida y si están sujetas a compresión o a tracción.

Tabla 15. Axiles obtenidos con el método de los nudos.

BARRA	VALOR DE N (kg)	TIPO DE BARRA	COMP/TRAC
1-2	0.00	Cordón inferior	-
1-7	-13620.00	Montante inicial	C
7-8	-27645.85	Cordón superior	C
7-2	28995.86	Diagonal inicial	T
8-2	-3405.00	Montante	C
8-9	-27645.85	Diagonal	C
2-3	38313.40	Cordón inferior	T
2-9	-12245.07	Diagonal	C
9-10	-40530.33	Cordón superior	C
9-3	2284.55	Diagonal	T
10-11	-40530.33	Cordón superior	C
10-3	-3405.00	Montante	C
3-4	37151.50	Cordón inferior	T
3-11	3940.42	Diagonal	T

La estructura de la cercha está compuesta por tres partes que se resumen a continuación.

- Armadura: la parte exterior de la celosía.
- Diagonales iniciales: las primeras diagonales en los extremos.
- Montantes y diagonales: el resto de las barras.

Todas las barras que componen la celosía son de tubo cuadrado hueco con el perfil definido a en la tabla a seguir.

Tabla 16. Perfiles utilizados en la cercha.

ELEMENTO	PERFIL	ÁREA (cm ²)
ARMADURA	120 x 6	27,14
DIAGONALES INICIALES	120 x 5	22,77
MONTANTES Y DIAGONALES	80 x 3	8,93

8.7 Dimensionado de los pilares

En este apartado se expone como se han dimensionado los pilares de la estructura. En el caso de los pilares, que están sometidos a esfuerzos horizontales del viento, se tiene que conocer la localización del lugar de construcción para poder calcular la flexión debida al viento (qv), dato indispensable para continuar con la comprobación a desplome del pilar.

Una vez hechas las comprobaciones a resistencia, a pandeo y al desplome del pilar, el perfil seleccionado es el siguiente.

Tabla 17. Perfil utilizado en los pilares.

PERFIL	A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	W _y (cm ³)	I _y (cm)	I _z (cm)
HEB – 260	118,4	14919	1150	11,2	6,58

8.8 Dimensionado de las correas

La diferencia principal en el cálculo de las correas está en la definición de la carga dado que, en este caso, no se tiene en cuenta el peso de la estructura y tampoco el peso de las cargas adicionales supuestas. Como resultado se obtienen las siguiente acciones constantes y acciones variables.

Tabla 18. Acciones constantes de las correas.

ACCIONES CONSTANTES	PESO (kg·m ⁻²)
Correas	6
Cubierta	40
TOTAL	46

Tabla 19. Acciones variables de las correas.

ACCIONES VARIABLES	PESO (kg·m ⁻²)
Sobrecarga de uso (S)	40
Sobrecarga de nieve (N)	90
Viento (V)	n.a.
TOTAL	130

A continuación, se procede con el cálculo de la carga lineal y sucesivamente se calcula el momento que esta ejerce sobre las correas. Una vez se conocen estos valores se puede hacer la comprobación a resistencia y la comprobación a deformación por el siguiente perfil.

Tabla 20. Perfil utilizado en las correas.

PERFIL	A (cm ²)	Iy (cm ⁴)	Wy (cm ³)
IPE – 180	23,9	1320	146

8.9 Cimentación

En el dimensionado de la zapata se han seguido los tres siguientes pasos:

- Determinación de los esfuerzos
- Estimación de las características del suelo
- Diseño de las dimensiones y comprobación

Los esfuerzos que actúan en la zapata son el momento (M), el cortante (V) y el axial (N) que se encuentran a la base del pilar.

$$M = M_{y,Ed} / \gamma = 6142.5 / 1.5 = 4095 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$V = q_v \cdot L_{pilar} / \gamma = 525 \cdot 6 / 1.5 = 2100 \text{ kg}$$

$$N = R / \text{Factor global} = 9458.33 \text{ kg}$$

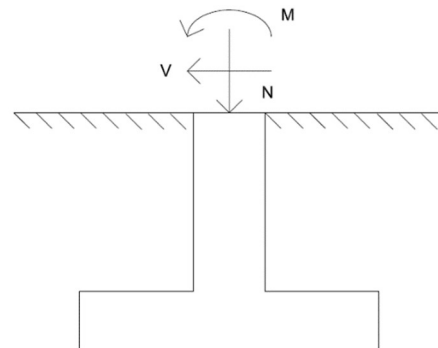


Figura 17. Esfuerzos en las zapatas.

En cuanto al tipo de suelo presente en la parcela, es de tipo arcilloso del cual las características se describen en el 'ANEJO III – OBRA CIVIL'.

En el último punto se procede con el dimensionado definiendo unas dimensiones iniciales para a continuación seguir con los siguientes cálculos y comprobar que dichas dimensiones cumplan con los requisitos mínimos:

- Condición de rigidez
- Determinación de pesos
- Comprobación a vuelco
- Comprobación a deslizamiento
- Transmisión de tensiones al terreno
- Comprobación de secciones

Una vez elegidas las dimensiones y hecho las comprobaciones necesarias, se ha determinado que las dimensiones definitivas de la zapata son las que se representan en la tabla x, con una armadura compuesta por 10 barras de acero distanciadas 21,1 cm.

Tabla 21. Dimensiones de las zapatas.

DIMENSIONES	
a	1,5
b	2
a ₀	0,5
b ₀	0,5
h	0,6
H	2

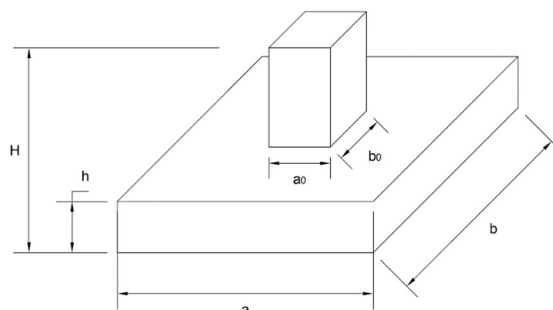


Figura 18. Dimensiones de la zapata.

9. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE AGUA FRÍA Y DE AGUA CALIENTE

A continuación, se dará una breve explicación de cómo se ha realizado el diseño de la instalación de agua fría y de agua caliente. Todos los cálculos detallados se encuentran en el 'ANEJO IV – INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO'.

9.1 Materiales

Para las conducciones se ha optado por el polipropileno PPR100 de presión nominal 20 kg/cm² por las siguientes razones:

- Resistente a las altas presiones y temperaturas.
- Resistente a la corrosión.
- Dúctil (insensible al congelamiento, bajo nivel de ruidos, mejor resistencia a los golpes de ariete).
- Flexibles (Resiste muy bien las Vibraciones).
- Atóxicidad.
- Resistente al impacto.
- Alta Resistencia química.
- Muy baja pérdida de carga.
- Facilidad y Rapidez del Montaje.

9.2 Diseño de la instalación

Para poder empezar los cálculos es necesario conocer los caudales de los elementos que componen la instalación. Para los aparatos sanitarios tomaremos los caudales proporcionados por el Código Técnico de la Edificación en su documento HS-4, mientras que para los equipos que no estén presente se utiliza el caudal proporcionado por el constructor.

AGUA FRÍA

Tabla 22. Consumo de agua fría.

APARATOS	NUMERO	GASTO (l/s)	TOTAL (l/s)
Inodoro cisterna	2	0,1	0,2
Ducha	2	0,2	0,4
Lavabo	3	0,1	0,3
Arandela de presión	1	0,25	0,25
Equipo de cocción	1	2,22	2,22
Tanque de fermentación	16	0,3	4,8
Pasteurizador	1	0,7	0,7
Consumo de agua total			8,87

AGUA CALIENTE

Tabla 23. Consumo de agua caliente.

APARATOS	NUMERO	GASTO (l/s)	TOTAL (l/s)
Ducha	2	0,1	0,2
Lavabo	3	0,065	0,195
Arandela de presión	1	0,25	0,25
Equipo de cocción	1	2,22	2,22
Tanque de fermentación	16	0,3	4,8
Pasteurizador	1	0,7	0,7
Consumo de agua total			8,365

9.3 Dimensionado de las conducciones

Otros datos importantes para proceder con el cálculo son la presión de acometida y su cota, la altura de la instalación y la longitud de cada tramo con su respectivo caudal.

Tabla 24. Datos de la instalación.

Presión acometida	40 m.c.a
Velocidad teórica	2 m/s
Cota instalación	2.5 m
Cota acometida	0

Una vez se conocen los caudales de todos los elementos que componen la red y estos datos adicionales, se puede continuar con el dimensionado de las tuberías aplicando las ecuaciones que se exponen a continuación.

Las dos primeras formulas se utilizan para calcular el caudal y la tercera para la perdida de carga (hr) utilizando la ecuación de Hazen – Williams.

$$Q = \frac{v}{S}$$

$$D = \sqrt{\frac{S * 4}{\pi}}$$

$$hr = 10.2 * (C^{-1.85}) * L * \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}}$$

Los resultados se recogen en las tablas a seguir.

AGUA FRÍA

Tabla 25. Resultados de agua fría.

Tramo	Longitud (m)	Q tramo (l/s)	DN	Velocidad (m/s)	hr (m.c.a)	ΔH (m.c.a)	Hr (m.c.a)
A	23.5	8.87	125	1.38	0.45	0.59	0.59
B	6.8	0.7	40	1.06	0.31	0.40	0.98
C	4.6	8.17	125	1.27	0.08	0.10	0.68
D	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.19
E	2.5	6.97	110	1.63	0.08	0.11	0.79
F	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.30
G	2.5	5.77	90	1.72	0.11	0.14	0.93
H	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.44
I	2.5	4.57	90	1.36	0.07	0.09	1.02
L	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.53
M	1.65	3.37	75	1.45	0.06	0.08	1.10
N	3.75	3.12	75	1.34	0.12	0.16	1.26
O	4.75	2.22	63	1.35	0.19	0.25	1.52
P	4.5	0.9	40	1.36	0.32	0.42	1.68
Q	13.5	0.1	20	0.61	0.50	0.65	2.33
R	28.75	0.8	40	1.21	1.65	2.15	3.83
S	6.25	0.7	40	1.06	0.28	0.36	4.19
T	1.5	0.5	32	1.18	0.11	0.14	4.33
U	4.25	0.1	20	0.61	0.16	0.20	4.54
V	2	0.3	20	1.84	0.57	0.74	5.07
Z	1.5	0.1	20	0.61	0.06	0.07	5.14

AGUA CALIENTE

Tabla 26. Resultados de agua caliente.

Tramo	Longitud (m)	Q tramo (l/s)	DN	Velocidad (m/s)	hr (m.c.a)	ΔH (m.c.a)	Hr (m.c.a)
A	23.5	8.365	125	1.30	0.40	0.53	0.53
B	6.8	0.7	32	1.66	0.90	1.18	1.70
C	4.6	7.665	110	1.79	0.18	0.24	0.76

Tramo	Longitud (m)	Q tramo (l/s)	DN	Velocidad (m/s)	hr (m.c.a)	ΔH (m.c.a)	Hr (m.c.a)
D	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.27
E	2.5	6.465	110	1.51	0.07	0.09	0.86
F	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.37
G	2.5	5.265	90	1.57	0.09	0.12	0.97
H	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.48
I	2.5	4.065	75	1.75	0.14	0.18	1.15
L	9.55	1.2	40	1.82	1.16	1.51	2.66
M	1.65	2.865	63	1.74	0.11	0.14	1.29
N	3.75	2.615	63	1.59	0.21	0.27	1.56
O	4.75	2.22	63	1.35	0.19	0.25	1.81
P	4.5	0.395	25	1.55	0.71	0.93	2.49
Q	13.5	0.065	20	0.40	0.23	0.29	2.78
R	28.75	0.33	25	1.30	3.27	4.26	6.75
S	6.25	0.265	20	1.63	1.41	1.83	8.57
T	1.5	0.165	20	1.01	0.14	0.18	8.76
U	4.25	0.065	20	0.40	0.07	0.09	8.85
V	2	0.1	20	0.61	0.07	0.10	8.85

9.4 Comprobación de presiones

Por último, queda calcular la presión resultante en cada nudo. En esta ocasión hay que tener en cuenta la presión mínima de trabajo en todos los puntos que lo necesiten.

Para el cálculo de la presión se recurre a la ecuación de Bernoulli que se representa a continuación.

$$\frac{P_i}{\gamma} + z_i + \frac{v_i^2}{2 * g} = \frac{P_f}{\gamma} + z_f + \frac{v_f^2}{2 * g} + \Delta H$$

AGUA FRÍA

Tabla 27. Presiones de agua fría.

Tramo	Nudo in.	Nudo fin.	hr (m.c.a)	ΔH (m.c.a)	Hr (m.c.a)	P (m.c.a)
A	1	2	0.45	0.59	0.59	37.41
B	2	3	0.31	0.40	0.98	37.06
C	2	4	0.08	0.10	0.68	37.33
D	4	5	1.16	1.51	2.19	35.73
E	4	6	0.08	0.11	0.79	37.17
F	6	7	1.16	1.51	2.30	35.63
G	6	8	0.11	0.14	0.93	37.02
H	8	9	1.16	1.51	2.44	35.49
I	8	10	0.07	0.09	1.02	36.98
L	10	11	1.16	1.51	2.53	35.40

Tramo	Nudo in.	Nudo fin.	hr (m.c.a)	ΔH (m.c.a)	Hr (m.c.a)	P (m.c.a)
M	10	12	0.06	0.08	1.10	36.89
N	12	13	0.12	0.16	1.26	36.74
O	13	14	0.19	0.25	1.52	36.49
P	13	15	0.32	0.42	1.68	36.32
Q	15	16	0.50	0.65	2.33	35.74
R	15	17	1.65	2.15	3.83	34.19
S	17	18	0.28	0.36	4.19	33.85
T	18	19	0.11	0.14	4.33	33.69
U	19	20	0.16	0.20	4.54	33.54
V	19	21	0.57	0.74	5.07	32.86
Z	21	22	0.06	0.07	5.14	32.94

AGUA CALIENTE

Tabla 28. Presiones de agua caliente.

Tramo	Nudo in.	Nudo fin.	hr (m.c.a)	ΔH (m.c.a)	Hr (m.c.a)	P (m.c.a)
A	1	2	0.40	0.53	0.53	37.47
B	2	3	0.90	1.18	1.70	36.24
C	2	4	0.18	0.24	0.76	37.16
D	4	5	1.16	1.51	2.27	35.64
E	4	6	0.07	0.09	0.86	37.11
F	6	7	1.16	1.51	2.37	35.55
G	6	8	0.09	0.12	0.97	36.99
H	8	9	1.16	1.51	2.48	35.43
I	8	10	0.14	0.18	1.15	36.78
L	10	11	1.16	1.51	2.66	35.26
M	10	12	0.11	0.14	1.29	36.64
N	12	13	0.21	0.27	1.56	36.40
O	13	14	0.19	0.25	1.81	36.18
P	13	15	0.71	0.93	2.49	35.47
Q	15	16	0.23	0.29	2.78	35.29
R	15	17	3.27	4.26	6.75	31.25
S	17	18	1.41	1.83	8.57	29.38
T	18	19	0.14	0.18	8.76	29.28
U	19	20	0.07	0.09	8.85	29.23
V	19	21	0.07	0.10	8.85	29.21

10. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS

En este apartado se resume como se ha dimensionado la red de evacuación de aguas. Se puede consultar una descripción más detallada en el 'ANEJO IV – INSTALACIÓN DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO'.

10.1 Introducción

Los tres tipos de residuos líquidos que se van a evacuar son:

- Agua pluvial: agua recogida por la cubierta de la industria en caso de precipitaciones.
- Agua negra: agua recogida desde los aparatos sanitarios.
- Aguas residuales: aguas generadas por la limpieza de locales y maquinaria.

El material utilizado es el PVC, el cual tiene buenas propiedades frente al frío y al calor además de ser económico y de fácil instalación.

Los elementos que componen la instalación:

- Canalones: son los elementos encargados de evacuar el agua pluvial que se acumularía en la cubierta.
- Derivaciones: en estos conductos se descargan las aguas de los aparatos sanitarios.
- Bajantes: son las conducciones que recogen las aguas de los canalones y de las derivaciones.
- Colectores: son las conducciones que recogen las aguas de todos elementos anteriores.

10.2 Aguas residuales

Para la resolución de la red de desagüe se utilizan los métodos expuestos en el CTE, Documento básico HS salubridad, sección 5: "evacuación de aguas", donde podemos encontrar los caudales correspondientes a cada elemento de la instalación y el sistema que hay que seguir para el dimensionado de la red.

Derivaciones individuales

Se presentan en la tabla 29, los numero de unidades de desagüe que corresponde a cada elemento y el diámetro de la derivación que le corresponde.

Tabla 29. Elementos que componen la red.

Elemento	Caudal (l/s)	Nº de elementos	Nº de unidades	Diámetro
Ducha	-	2	4	40 mm
Lavabo	-	3	3	32 mm
Inodoro	-	2	8	100 mm
Pasteurizador	0,7	1	2	40 mm
Tanques de fermentación	0,3	16	16	32 mm
Equipo de cocción	2,2	1	6	100 mm
Hidrolimpiadora	0,25	1	1	32 mm

Ramales colectores

Todos los ramales colectores se han sobredimensionado para evitar de incurrir en problemas de obturaciones por partes solidas originadas en el proceso.

Tabla 30. Diámetros de los colectores.

Elemento	Diámetro (mm)	Unidades de desagüe	Pendiente (%)
Ramales colectores vestuario	110	123	1
Ramal colector equipo de cocción	110	123	1
Ramales colectores fermentadores	63	11	2
Ramal colector pasteurizador	50	6	2

Colectores horizontales de aguas residuales

Tabla 31. Diámetro de los colectores horizontales.

Elemento	Diámetro (mm)	Unidades de desagüe	Pendiente (%)
Colectores 1 y 2	75	38	2
Colectores de 3 a 8	90	130	2

10.3 Aguas pluviales

La resolución del dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales se puede consultar en el 'ANEJO IV – INSTALACIÓN DE FONTANERIA Y SANEAMIENTO'.

Canalones

Para el cálculo de los canalones necesitamos conocer el régimen pluviométrico de la zona de donde está situada la industria y la superficie horizontal de cubierta que hay que servir.

Tabla 32. Diámetros de los canalones.

Elemento	Diámetro (mm)	Superficie evacuada (m ²)	Pendiente (%)
Canalones	150	125	1

Bajantes

La realización del dimensionado de las bajantes de aguas pluviales sigue el mismo criterio que los canalones.

Tabla 33. Diámetros de las bajantes.

Elemento	Diámetro (mm)	Superficie evacuada (m ²)
Bajantes	63	113

Colectores

Siguiendo el mismo método se obtiene la dimensión de los colectores de recogida de aguas. En este caso se dimensiona cada tramo de colector según la superficie que sirve, considerando cada sección que se va sumando y que se tiene que evacuar.

Tabla 34. Diámetro de los colectores.

Elemento	Diámetro (mm)	Superficie evacuada (m ²)	Pendiente (%)
Colectores 1 y 9	90	125	1%
Colectores 2 y 10	110	229	1%
Colectores 3 y 11	125	310	1%
Colectores 4 y 12	125	440	2%
Colectores 5 y 13	125	440	2%
Colectores 6 y 14	160	862	2%
Colectores 7 y 15	160	862	2%
Colectores 8 y 16	160	862	2%
Colectores 9 y 17	160	862	2%

Arquetas

Por último, queda el dimensionado de las arquetas.

Aguas residuales

Todas las arquetas tienen el mismo tamaño.

Tabla 35. Dimensiones de las arquetas de aguas residuales.

Elemento	Dimensiones (cm x cm)	DN de salida (mm)
Arquetas	40 x 40	100

Aguas pluviales

En el dimensionado se consideran las arquetas de las bajantes y la arqueta de colector horizontal que une los colectores de las aguas pluviales y de las aguas residuales.

Tabla 36. Dimensiones de las arquetas de aguas pluviales.

Elemento	Dimensiones (cm x cm)	DN de salida (mm)
Arquetas 1 y 10	40 x 40	100
Arquetas 2 y 11	50 x 50	150

Elemento	Dimensiones (cm x cm)	DN de salida (mm)
Arquetas 3 y 12	50 x 50	150
Arquetas 4 y 13	50 x 50	150
Arquetas 5 y 14	50 x 50	150
Arquetas 6 y 15	60 x 60	200
Arquetas 7 y 16	60 x 60	200
Arquetas 8 y 17	60 x 60	200
Arquetas 9 y 18	60 x 60	200
Arqueta 19	60 x 70	250

11. PRESUPUESTO

Tabla 37. Presupuesto.

Capitulo	Importe (€)
1 Equipos	831.128,99
2 Actuaciones previas	491,38
3 Acondicionamiento del terreno	96.928,26
4 Cimentaciones	153.068,38
5 Estructuras	159.589,04
7 Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares	15.691,63
9 Instalaciones	33.497,64
11 Cubiertas	152.139,60
13 Señalización y equipamiento	11.736,76
15 Gestión de residuos	117,83
17 Seguridad y salud	4.213,97
Presupuesto de ejecución material (PEM)	1.458.603,48
0% de gastos generales	0,00
0% de beneficio industrial	0,00
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	1.458.603,48
21% IVA	306.306,73
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)	1.764.910,21

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de UN MILLÓN SETECIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS DIEZ EUROS CON VEINTIUN CÉNTIMOS.