



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“DESARROLLO DEL MANUAL DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
PARA LA PLANTA PILOTO EDUCACIONAL DE CERVEZA”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

ERANDI CRUZ TAPIA



MÉXICO, D.F.

AÑO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesora: María de Lourdes Gómez Ríos

VOCAL: Profesor: Miguel Ángel Hidalgo Torres

SECRETARIO: Profesor: Juan Diego Ortiz Palma Pérez

1er. SUPLENTE: Profesora: Fabiola González Olguín

2° SUPLENTE: Profesor: Agustín Rey Herrera

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, CIUDAD UNIVERSITARIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA, LABORATORIO 4-A Y LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

Q.F.B María de Lourdes Gómez Ríos

SUPERVISOR TÉCNICO:

Q.F.B. Agustín Rey Herrera

SUSTENTANTE:

Erandi Cruz Tapia

ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN RECIBIÓ EL APOYO DEL PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS PARA LA INNOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA (PAPIME) DENTRO DEL PROYECTO PE200912A:

“Desarrollo y Caracterización de Cervezas de Tipo Artesanal, Utilizando Como Adjuntos Productos Endémicos Mexicanos y Otros Subproductos de la Industria Alimentaria Como Suero de Leche”

Contenido

A. Índice de Tablas	¡Error! Marcador no definido.
B. Índice de Figuras.....	3
1 INTRODUCCIÓN.....	6
2 JUSTIFICACIÓN	7
3 OBJETIVOS.....	9
4 ANTECEDENTES	10
4.1 Calidad	10
4.1.1 Administración o Gestión de calidad	11
4.1.2 Aseguramiento de calidad.....	14
4.1.3 Normas que rigen el Control de Calidad.....	18
4.1.4 Sistema de Gestión de calidad.....	21
4.2 Plantas piloto.....	24
4.3 Cerveza	27
4.3.1 La industria cervecera en México	27
4.3.2 Proceso Industrial de Elaboración de Cerveza.....	29
4.4 Materia Prima.....	42
4.4.1 Malta	42
4.4.2 Agua	48
4.4.3 Lúpulo.....	51
4.4.4 Levadura	55
5 LA PLANTA PILOTO EDUCACIONAL CERVECERA.....	59
5.1 Proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa Cervecera	61
5.2 Diagrama de Elaboración de Cerveza Planta Piloto Educativa	62
5.3 Procedimientos de Operación Estándar en la Planta Piloto Educativa de Cerveza.	63
5.3.1 Propagación de cultivo	63
5.3.2 Reactivación de cultivo	63
5.3.3 Molienda de la malta	64
5.3.4 Sacarificación.....	67
5.3.5 Filtración.....	69

5.3.6	Ebullición o cocción del mosto	72
5.3.7	Enfriamiento y aireación	73
5.3.8	Fermentación	75
5.3.9	Muestreo	77
5.3.10	Maduración	78
5.3.11	Producto terminado	79
5.3.12	Análisis de muestras	82
5.3.13	Tratamiento y disposición de residuos	82
5.4	Buenas Prácticas de Manufactura	84
5.4.1	Prácticas de Higiene y Sanidad a seguir en la PPE para Elaborar Cerveza.	85
5.5	Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control	119
5.5.1	Prerrequisitos para la implantación del sistema HACCP	120
5.5.2	Aplicación del HACCP	120
5.5.3	Principios del sistema HACCP	123
5.6	Producto terminado	135
5.6.1	Componentes de la cerveza con valor nutritivo	135
5.6.2	Características sensoriales deseadas en producto final	135
5.6.3	Defectos en el producto terminado	136
5.6.4	Control de Calidad en la Cerveza	138
5.6.5	Determinaciones realizadas en el laboratorio para la cerveza elaborada en la PPE	142
6	RECOMENDACIONES	145
7	CONCLUSIONES	149
8	BIBLIOGRAFÍA	151

A. Índice de Tablas

Tabla 1. Procesos de la Gestión de Calidad

Tabla 2. Perspectivas de la Calidad

Tabla 3. Enzimas propias de la malta

Tabla 4. Comparación de características físicas y químicas entre diferentes tipos de malta

Tabla 5. Comparación de características físicas y químicas entre la cebada

y la malta normal y la de alto poder diastásico

Tabla 6. Formato de registro de la calidad física de los granos

Tabla 7. Especificaciones del agua potable en la NOM-127-SSA1-1994 de importancia para

la elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa

Tabla 8. Formato de registro de Análisis de Calidad del Agua

Tabla 9. Composición del lúpulo comercial

Tabla 10. Formato de registro de la calidad física del lúpulo

Tabla 11. Propiedades microbiológicas que presenta la cepa seca por gramo

Tabla 12. Formato de registro de la calidad física de la levadura

Tabla 13. Formato de monitoreo de fermentación

Tabla 14. Registro de análisis de muestras

Tabla 15. Control y registro de visitantes

Tabla 16. Colores básicos del código de colores para tuberías

Tabla 17. Registro de control de proceso

Tabla 18. Ejemplo de Registro de producción

Tabla 19. Formato de registro para prevención de plagas en la Planta Piloto Educativa

Tabla 20. Formato de registro del Programa de Control de Plagas en la Planta Piloto

Educativa

Tabla 21. Clasificación de detergentes.

- Tabla 22. Factores que afectan la eficacia de los desinfectantes
- Tabla 23. Tanques con sus correspondientes llaves de entrada y salida
- Tabla 24. Registro de la limpieza del equipo de la PPE
- Tabla 25. Actividad, condiciones de uso y especificaciones de desinfectantes
- Tabla 26. Hoja de registro para la sanitización de la PPE
- Tabla 27. Hoja de análisis de riesgos para la cerveza y su proceso de elaboración en la PPE
- Tabla 28. Medidas de vigilancia para los PCC
- Tabla 29. Formato de registro para desviaciones en producto o materia prima
- Tabla 30. Registro de medidas correctivas
- Tabla 31. Valor nutricional de la cerveza
- Tabla 32. Características sensoriales deseables en la cerveza
- Tabla 33. Límite máximo de metales pesados para bebidas alcohólicas fermentadas
- Tabla 34. Especificaciones físicas y químicas de la cerveza de acuerdo con la Ley general de Salud
- Tabla 35. Rendimiento de la fermentación en los lotes de cerveza elaborados

B. Índice de Figuras

Figura 1. Modelo que ilustra el sistema de gestión de la calidad basado en procesos

Figura 2. Diagrama general del proceso de laboración de cerveza

Figura 3. Molino de 4 rodillos

Figura 4. Representación esquemática del molino húmedo

Figura 5. Representación gráfica del *Lauter Tun*

Figura 6. Representación gráfica del Filtro Prensa

Figura 7. Estructuras y reacciones durante ebullición de los ácidos contenidos en el lúpulo de importancia en la cerveza

Figura 8. Representación Esquemática del tanque Whirlpool

Figura 9. Corte Vertical de un intercambiador de calor de dos secciones

Figura 10. Tanque de fermentación y maduración cilindro-cónico

Figura 11. Ejemplo de la filtración a través de la tierra de diatomeas

Figura 12. Lámina de un filtro de membranas

Figura 13. Planta de cebada con espigas en la punta, cebada de dos hileras y cebada de seis hileras

Figura 14. Flor de lúpulo y *pellets* o comprimidos de lúpulo

Figura 15. Estructura química de alguno de los compuestos responsables del sabor y olor de la cerveza

Figura 16. *Saccharomyces cerevisiae*

Figura 17. Levadura en *micropellets*

Figura 18. Plano de la Planta Piloto Educacional Cervecera

Figura 19. Planta Piloto Educacional Cervecera

Figura 20. Diagrama general del proceso de laboración de cerveza en la PPE

Figura 21. Microfermentador

Figura 22. Molino de para cereales Didacta Italia modelo TA264D

- Figura 23. Personal portando la vestimenta adecuada de acuerdo a las BPM
- Figura 24. Tanque de cocimiento/sacarificación SO2 de la Planta Piloto Educativa para elaborar Cerveza modelo TA263D
- Figura 25. Tablero de control de la Planta Piloto Educativa
- Figura 26. Tanque de filtración SO3 de la Planta Piloto Educativa para elaborar Cerveza y personal transfiriendo el mosto al tanque de filtrado
- Figura 27. Filtración del mosto en el tanque SO3
- Figura 28. Personal transfiriendo el mosto desde el tanque SO3 al SO2
- Figura 29. Grano de malta gastado y cascarilla
- Figura 30. Control electrónico del compresor
- Figura 32. Tanque fermentador SO4/SO5/SO6 de la Planta Piloto Educativa con trampa de CO₂
- Figura 31. Aireación del mosto en el tanque de fermentación SO4, SO5 o SO6
- Figura 33. Tanque de CO₂
- Figura 34. Manómetro del tanque de fermentación
- Figura 35. Embotellado del producto en recipientes de vidrio ámbar con tapón de cerámica utilizando la llave muestreadora
- Figura 36. Cerveza producida en la Planta Piloto Educativa
- Figura 37. Personal portando la indumentaria adecuada para realizar la limpieza y desinfección de la Planta Piloto Educativa
- Figura 38. Caldera o Tanque SO1 de la Planta Piloto Educativa para elaborar Cerveza
- Figura 39. Ejemplo de armado del ciclo continuo empleado en la limpieza y desinfección de la Planta Piloto Educativa
- Figura 40. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa

Figura 41. Diagrama de árbol de toma de decisiones para identificar PCC

Figura 42. Gráfica de monitoreo de la fermentación para el 1er. Lote

Figura 43. Gráfica de monitoreo de la fermentación para el 2o. Lote

Figura 44. Gráfica de monitoreo de la fermentación para el 3er. Lote

1 INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada elaborada a base de agua, malta, adjuntos, levadura y lúpulo. El proceso de elaboración de la cerveza es uno de los más estudiados de las bebidas alcohólicas. El control en cada etapa del mismo es relevante para las características del producto final. Un adecuado control del proceso garantizará que el producto obtenido cuente con las características fisicoquímicas y sensoriales, así como los controles microbiológicos y químicos para asegurar la homogeneidad e inocuidad del producto.

El proyecto tiene como objetivo desarrollar un Manual de Aseguramiento de Calidad de la Planta Piloto Educativa para Elaborar Cerveza que contemple los Procedimientos de Operación Estándar con los cuales opera la planta, además de las Buenas Prácticas de Manufactura que se deben llevar a cabo durante el proceso y el sistema HACCP entre otros puntos importantes. Todo esto con el propósito de que previo a la experiencia práctica, los alumnos que cursan la asignatura de Laboratorio de Tecnología de Alimentos (clave 1806) dentro del módulo de Tecnología de Cereales, tengan los antecedentes para poder garantizar la inocuidad y homogeneidad del producto elaborado.

2 JUSTIFICACIÓN

El Departamento de Alimentos y Biotecnología (DAyB) de la Facultad de Química de la UNAM, lleva a cabo actividades de docencia, investigación, difusión y vinculación con el sector alimentario para la solución de problemas específicos en la producción de alimentos.

La Misión del DAyB es contribuir a la formación de recursos humanos de nivel Licenciatura y Posgrado, en diferentes áreas de la Ciencia de Alimentos y Biotecnología, con gran sentido de ética y compromiso con la sociedad que sean capaces de desarrollarse profesionalmente y asumir roles de liderazgo en el ámbito industrial, gubernamental y académico. Realizar investigación científica de alto nivel para generar conocimiento y propuestas de innovación en el sector alimentario. Establecer vínculos con el sector productivo a través de una oferta de servicios analíticos, asesorías y desarrollos tecnológicos para resolver problemas específicos y apoyar el desarrollo de nuevos productos sobre bases científicas y acordes con las políticas alimentarias, así como implementar líneas de investigación acordes con las necesidades del país.

La visión del DAyB es ser una entidad académica líder que garantice la formación académica de estudiantes nacionales y extranjeros mediante una oferta docente, de vinculación y de proyectos de investigación que contribuyan a la generación de conocimiento y al establecimiento de políticas alimentarias a nivel nacional e internacional. Ser un centro de referencia académica a nivel nacional e internacional para la educación superior profesional y de posgrado en el área de alimentos y biotecnología.

Debido a la importancia que tiene la Industria Cervecera a nivel nacional e internacional, resulta necesario para los alumnos de la carrera de Química de Alimentos conocer el proceso de elaboración de ésta bebida alcohólica. En este sentido y con el propósito de aportar nuevas líneas de enseñanza experimental y fortalecer la vinculación entre el sector productivo y la universidad pública, Grupo Modelo a través del Patronato de la Facultad ha donado la Planta Piloto Educativa para la Elaboración de Cerveza.

En este contexto y teniendo en cuenta la misión y visión del DAyB, se pretende instaurar un documento que servirá como una guía didáctica para los alumnos que hagan uso de las instalaciones de esta Planta Piloto Educativa (PPE) con que cuenta el Departamento de Alimentos y Biotecnología y así reforzar el conocimiento de este proceso y con esto asegurar la calidad de los productos que se elaboren en esta planta y poder atender en un futuro las necesidades de la Industria Cervecera.

3 OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar con base en los parámetros de proceso el Manual de Aseguramiento de Calidad de la Planta Piloto Educativa Cervecera con fines didácticos dirigido principalmente a los alumnos que cursen la asignatura de Laboratorio de Tecnología de Alimentos.

Objetivos Particulares:

- Familiarizarse con el proceso de elaboración de cerveza y conocer las características de ésta.
- Recomendar las prácticas de Higiene y Sanidad que se deben seguir de acuerdo a las necesidades del proceso y el producto.
- Identificar los puntos críticos de control del proceso.
- Establecer las características de calidad y almacenamiento de la materia prima.
- Describir el proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa de la Facultad de Química.
- Implementar medidas, controles y registros adecuados durante todo el proceso para asegurar la calidad e inocuidad del producto final.
- Establecer características de calidad del producto final acuerdo a normatividad vigente.

4 ANTECEDENTES

4.1 Calidad

La palabra calidad tiene múltiples significados, siendo dos los más importantes y usados de acuerdo con el autor Juran¹:

- 1) Calidad es el conjunto de características de un producto que satisfacen las necesidades de los clientes y, en consecuencia, hacen satisfactorio el producto.

- 2) La calidad consiste en no tener deficiencias; estas deficiencias pueden ser entregas con retraso, fallos en la utilización, errores en las facturas, desperdicios, reelaboraciones en la fábrica o cambios en el diseño. Estos acontecimientos son resultado de alguna deficiencia del producto o del proceso.

De acuerdo con la ISO 9000:2005, que describe los fundamentos y especifica la terminología para los sistemas de gestión de calidad, se define calidad como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. Acorde a esta norma, una característica es un rasgo diferenciador que puede ser inherente o asignado, cualitativo o cuantitativo y existen varias clases de características tales como:

- a) Físicas (características mecánicas, eléctricas, químicas, o biológicas).
- b) Sensoriales (relacionadas con el olfato, el tacto, el gusto, la vista y el oído).
- c) De comportamiento (cortesía, honestidad, veracidad).
- d) De tiempo (puntualidad, confiabilidad, disponibilidad).
- e) Ergonómicas (características fisiológicas, o relacionadas con la seguridad de las personas).
- f) Funcionales (velocidad máxima de un avión).

Conforme a esta norma un requisito, se define como la necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita (que es habitual o una práctica común) u

obligatoria. Los requisitos pueden ser generados por las diferentes partes interesadas.

Esta misma norma define a un producto como el resultado de un proceso o conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Los requisitos para los productos pueden ser especificados por los clientes, por la organización anticipándose a los requisitos del cliente o por disposiciones reglamentarias. Los requisitos para los productos y, en algunos casos, los procesos asociados pueden estar contenidos en: especificaciones técnicas, normas de producto, normas de proceso, acuerdos contractuales y requisitos reglamentarios.⁷

4.1.1 Administración o Gestión de calidad

Los objetivos de calidad son aquellas metas que se pretenden alcanzar y en el cual son dirigidos todos los esfuerzos. Estos ayudan a unificar ideas y son un prerrequisito necesario para actuar de acuerdo a un plan y no con base a como se presentan ciertos acontecimientos.¹

Al proceso de identificar y administrar las actividades necesarias para lograr los objetivos de calidad de una organización se le conoce como Gestión de Calidad. Esta se logra mediante el uso de tres procesos: planeación, control y mejoramiento. Cada uno de estos tres procesos se puede definir como una secuencia general de actividades (Tabla 1)³:

Tabla 1. Procesos de la Gestión de Calidad.

Planeación de la calidad	Control de calidad	Mejoramiento de la calidad
Establecer objetivos o metas de calidad	Elegir elementos de control	Probar la necesidad
Identificar a los clientes	Elegir unidades de medida	Identificar proyectos
Descubrir necesidades de los clientes	Establecer metas para el elemento de control	Organizar equipos por proyectos
Desarrollar características de los productos	Crear un sensor	Diagnosticar causas

Desarrollar características de los procesos	Medir el desempeño real	Proporcionar remedios, probar que los remedios son efectivos
Establecer controles de procesos, transferir operaciones	Interpretar la diferencia entre desempeño real y la meta	Manejar la resistencia al cambio
	Actuar contra la diferencia	Controlar para mantener las ganancias

La calidad, de acuerdo con J.M. Juran puede tener dos perspectivas, la interna y la externa, dentro de las cuales se encuentran los siguientes aspectos³:

Tabla 2. Perspectivas de la Calidad.

Perspectiva Interna	Perspectiva Externa
Comparar el producto con las especificaciones	Comparar el producto con la competencia y con el mejor
Aceptar el producto en la inspección	Proporcionar satisfacción sobre la vida del producto
Prevenir defectos de planta y de aplicación	Cumplir con las necesidades del cliente de bienes y servicios
Concentrarse en la manufactura	Cubrir todas las funciones
Usar medidas de calidad internas	Usar medidas de calidad basadas en el cliente
Ver la calidad como un aspecto técnico	Ver la calidad como un aspecto de negocios
Coordinar los esfuerzos con calidad administrativa	Dirigir los esfuerzos mediante la alta administración

En este manual se tratará principalmente una perspectiva interna, debido a que algunos de los aspectos externos se basan generalmente en el producto como un negocio, mientras que el producto que se elabora en la Planta Piloto Educacional es parte de la formación académica de los alumnos y sin fines de lucro.

4.1.1.1 Planificación de calidad

Es aquel proceso durante el cual se debe identificar a los consumidores y sus necesidades para poder establecer objetivos o metas y así poder desarrollar los medios a través de un sistema para alcanzarlos.

Un Sistema de Control de Calidad (SCC) tiene como fin satisfacer las expectativas que, en cuanto a calidad, tienen los consumidores. Sin embargo, también debe ajustarse a las especificaciones dadas por la reglamentación o por la propia política de la compañía.

En la planeación de un Sistema de Control de Calidad es esencial tener una clara idea de las características previstas en el producto, por lo cual es imprescindible contar con las especificaciones detalladas del producto, definidas en términos objetivos y cuantitativos. Si bien es cierto que algunas no se pueden medir, es posible definir las cuidadosamente en términos descriptivos, función que se desarrolla en esta etapa.¹

4.1.1.2 Control de calidad

Es un proceso universal de gestión para llevar a cabo operaciones con el fin de proporcionar una estabilidad que prevenga los cambios adversos negativos y evolucione o mantenga el “*status quo*” (cumplir con estándares).

El objetivo del control de calidad es lograr, un estándar de calidad del producto que se elabora el cual sea compatible con el mercado para el cual se ha diseñado y con el precio al que se venderá.

En esta etapa se debe desarrollar u optimizar un proceso capaz de fabricar un producto que cumpla con las expectativas del consumidor, estableciendo métodos de control y medición.

El control de calidad es considerado en las siguientes categorías:

- a) Control de materia prima
- b) Control de proceso
- c) Inspección de producto terminado

Si el control de las materias primas y del proceso es normalizado e inspeccionado, el producto final no requerirá inspección aunque en la práctica, para garantizar un control de calidad completo, la inspección del producto terminado es necesaria.

Un control de calidad exitoso:

- a. Optimiza la demanda de venta del producto en términos de un valor coherente.
- b. Reduce costos previniendo errores antes de que estos ocurran.
- c. Incrementa la eficiencia del proceso usando la información de pruebas de control de calidad.
- d. Reduce las quejas de los consumidores, protege la imagen y la credibilidad de las marcas.
- e. Ayuda a controlar los costos con un análisis detallado de las materias primas y las operaciones de procesamiento.
- f. Asegura la inocuidad del producto, protegiendo al usuario de intoxicación alimentaria y riesgos relacionados.
- g. Proporciona una gestión con la prueba positiva del cumplimiento de la legislación que afecta todos los aspectos de la calidad del producto⁴.

4.1.1.3 Mejora de la calidad

Es la acción específica que se lleva a cabo mediante varias acciones, sobre un problema o defecto y tiene como finalidad refinar los procesos. Para problemas crónicos, significa lograr niveles cada vez mejores del desempeño anual. En el caso de problemas esporádicos significa tomar medidas correctivas sobre problemas periódicos. En cuestión del refinamiento de procesos quiere decir tomar acciones como la de reducir la variación alrededor del valor meta.³

4.1.2 Aseguramiento de calidad

En el control de calidad, el desempeño es evaluado y comparado con los objetivos durante la operación. De esta manera la información resultante es recibida y usada por aquellos que son directamente responsables de la realización de las operaciones con el fin de ayudarles a regular las operaciones en curso.

Aunque el aseguramiento de calidad también evalúa y compara el desempeño con los objetivos, su principal propósito es verificar que el control está siendo mantenido. El desempeño es evaluado después de las operaciones y la información resultante

se provee a las fuerzas operacionales y a aquellos que no son directamente responsables de la realización de las operaciones (como la directiva, personal de la empresa, cuerpos regulatorios, clientes y público en general, etc.), pero que tienen la necesidad de estar informados y tener la seguridad de que todo está bien.⁵

De acuerdo con la ISO 8402:1994 el aseguramiento de la calidad relacionado con un producto o servicio son todas aquellas acciones planeadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que el producto o servicio va a satisfacer los requerimientos de calidad dados.⁷

4.1.2.1 El Manual de Calidad

Como se contempló con anterioridad, dentro de la planificación de la calidad se desarrollan diversos medios para cumplir con distintas metas. De acuerdo a los objetivos y su amplitud, se obtienen distintos planes.

Los sistemas o procedimientos diseñados durante la planificación de la calidad son redactados, aprobados formalmente e impresos con la finalidad de orientar a la empresa en relación con la planificación de calidad, ya que comprenden todo el espectro de actividades a través de las cuales la empresa gestiona la calidad. Este documento es conocido como el *Manual de la Calidad*, *Manual de Aseguramiento de la Calidad* o *Manual de Gestión de Calidad*.

De esta manera el Manual de Calidad es realizado cuando se requiere mantener la calidad en actividades repetitivas y realizar numerosos cambios pequeños en un procedimiento. Los objetivos básicos de éste son proporcionar a la organización unos procedimientos o métodos que sean:

- ✓ Óptimos
- ✓ De uso repetitivo
- ✓ Oficiales
- ✓ Fácilmente utilizables
- ✓ Estables

El Manual de Calidad, de acuerdo con J. M. Juran, se encuentra generalmente organizado en capítulos modulares¹:

a. Capítulos Generales. Tratan de la administración general del manual junto con las instrucciones para su uso e incluyen:

- i. Un mensaje del director general o de algún otro alto directivo. Este mensaje hace referencia a la importancia del manual y asignaciones de responsabilidad. Incluye las firmas que le confieren legitimidad.
- ii. El objetivo que se propone el manual y como ha de utilizarse.
- iii. El índice analítico.
- iv. Las correspondientes políticas de calidad de la empresa.
- v. Los organigramas y los cuadros de responsabilidades relativas a la función de la calidad.
- vi. Una lista de la distribución autorizada de copias de los distintos módulos.
- vii. Previsiones para mantener al día el manual; por ejemplo, auditorías periódicas y revisión de los programas.
- viii. Ayudas complementarias para el uso del manual. Pueden incluir un glosario de términos, una lista de acrónimos y su significado, una lista de material de referencia y una bibliografía. En algunas empresas, el manual incluye copias de los principales impresos citados en él, junto con las instrucciones para su uso.
- ix. El índice alfabético.

b. Capítulos específicos. A veces llamados subsistemas, son muy semejantes de una empresa otra y la mayoría incluyen los siguientes temas:

- Relaciones con los clientes
- Planificación de la calidad de nuevos productos
- Fabricación
- Relaciones con los proveedores
- Verificación y ensayo
- Instrumental de ensayo

- Post-fabricación
- Servicio post-venta
- Aseguramiento de la calidad
- Costos relacionados con la calidad
- Sistema de información de la calidad
- Metodología estadística
- Acción correctiva (para problemas esporádicos de la calidad)
- Mejora de la calidad (para problemas crónicos de la calidad)
- Relaciones humanas
- Motivación para la calidad

c. Capítulos técnicos. Tratan de los numerosos materiales, procesos, componentes, productos, ensayos y otros elementos que son especiales de la empresa. Habitualmente, son de carácter interdepartamental.

d. Operaciones Administrativas y auxiliares.

La norma ISO 9001:2008 también habla sobre el Manual de Calidad y conforme a ésta el documento se divide en ocho secciones, las cuales están directamente relacionadas con los requisitos de ésta:

- I. Alcance
- II. Referencias Normativas
- III. Definiciones
- IV. Sistema de Gestión de la Calidad
- V. Responsabilidad de la Dirección
- VI. Gestión de los recursos
- VII. Realización del producto
- VIII. Medida, análisis y mejora

De acuerdo con esta norma un Manual de Calidad debe incluir:

- ✓ El alcance del sistema de gestión de la calidad, incluyendo los detalles y la justificación de cualquier exclusión.
- ✓ Los procedimientos documentados establecidos para el sistema de gestión de la calidad, o referencia a los mismos.
- ✓ Una descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de la calidad.

4.1.3 Normas que rigen el Control de Calidad

Existen modelos para la creación de sistemas de calidad, entre ellos se encuentran las Normas ISO desarrolladas por la *International Organization for Standardization*, que es una red no gubernamental de 163 organismos nacionales de normalización. Las Normas Internacionales dan pauta de las especificaciones de productos, servicios y buenas prácticas, ayudando a que la industria sea más eficiente y eficaz, por lo cual se utilizan para la certificación de sistemas de calidad. Las Normas Internacionales ISO se constituyen a través de un consenso global y ayudan a eliminar las barreras al comercio internacional.

La familia de normas ISO 9000 aborda diversos aspectos de la gestión de la calidad y contiene algunos de los mejores estándares conocidos. Estas normas proporcionan una guía y herramientas para empresas y organizaciones que quieren asegurarse de que sus productos y servicios cumplen consistentemente con los requisitos del cliente y la calidad es constantemente mejorada⁹.

Hay muchas normas de la familia ISO 9000 y todas son de carácter voluntario debido a que no existe ninguna autoridad legal que las exija, en estas se incluyen:

ISO 9000:2005 - Cubre los conceptos básicos y el lenguaje manejado en esta familia de normas. Describe Los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología usada.

ISO 9001:2008 - Establece los requisitos de un sistema de gestión de calidad.

ISO 9004:2009 - Se centra en cómo hacer un sistema de gestión de calidad más eficiente y eficaz.

ISO 19011:2011 - Establece orientaciones sobre las auditorías internas y externas de los sistemas de gestión de calidad y de gestión ambiental.

La norma **ISO 22000:2005** especifica los requerimientos para un sistema de gestión de seguridad o inocuidad de los alimentos, donde la organización en la cadena alimentaria necesita demostrar su capacidad para controlar los peligros de inocuidad de alimentos para asegurar que el alimento es inocuo al momento del consumo humano.

La base de esta familia de normas ISO 9000 la constituyen los siguientes ocho principios de gestión de la calidad, los cuales pueden ser utilizados por la alta dirección con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño²:

a) Enfoque al cliente o consumidor.

Las organizaciones dependen de sus consumidores y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras satisfaciendo los requisitos de estos y esforzándose en exceder sus expectativas.

b) Liderazgo.

Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.

c) Participación del personal.

El personal a todos los niveles es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.

d) Enfoque basado en procesos.

Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

- e) Enfoque de sistema para la gestión.
Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- f) Mejora continua.
La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.
- g) Enfoque basado en hechos para la toma de decisión.
Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.
- h) Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.
Una organización y sus proveedores son interdependientes, una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

Las normas mexicanas **NMX-CC-9000-IMNC-2008**, **NMX-CC-9001-IMNC-2008**, **NMX-CC-9004-IMNC-2009** y **NMX-CC-19011-IMNC-2012** son equivalentes con la familia de Normas Internacionales ISO 9000. Estas normas se basan en un modelo de gestión de calidad basado en procesos y tienen como fin principal la satisfacción del cliente. Aunque esto no es aplicable completamente al Manual de Calidad del presente trabajo, será de utilidad como ayuda en su elaboración debido a que especifican los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, cuando una organización:

- a) Necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del consumidor y los legales y reglamentarios aplicables.
- b) Aspira a aumentar la satisfacción del consumidor a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del consumidor y los legales y reglamentarios aplicables.

4.1.4 Sistema de Gestión de calidad

Un sistema de gestión de calidad proporciona el marco de referencia para la mejora continua con objeto de incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción del cliente y de otras partes interesadas. Proporciona confianza tanto a la organización como a sus clientes o consumidores, de su capacidad para proporcionar productos que satisfagan los requisitos de forma coherente.

La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conocen como "enfoque basado en procesos". El modelo de un sistema de gestión de calidad basado en procesos se muestra en la siguiente figura:

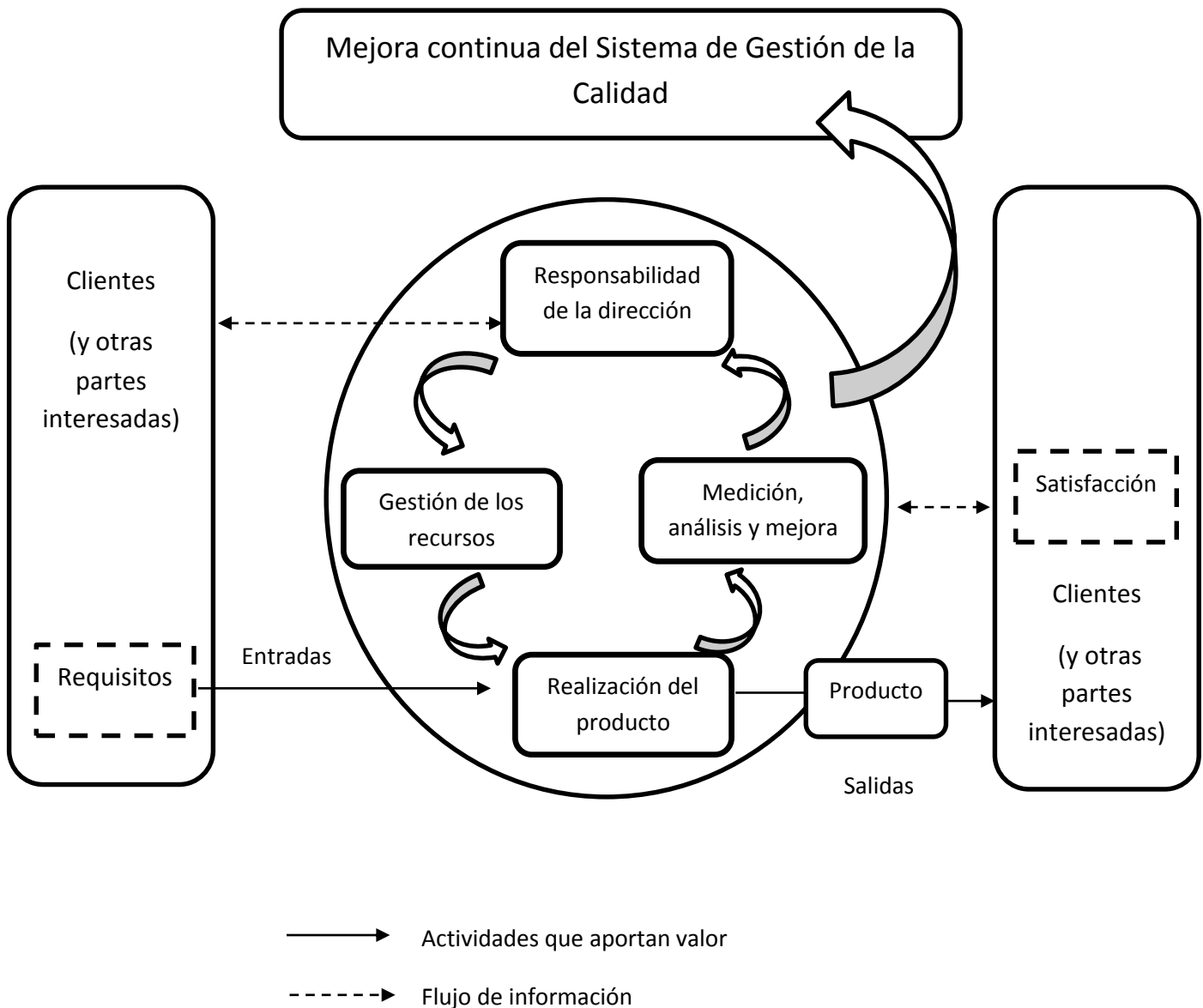


Figura 1. Modelo que ilustra el sistema de gestión de la calidad basado en procesos.

La familia de normas ISO 9000 pretende fomentar la adopción de un enfoque basado en procesos para gestionar una organización.

Conforme a la ISO 9001:2008 la organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los siguientes requisitos:

- a) Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- b) Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- c) Determinar los criterios y los métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- d) Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- e) Realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos,
- f) Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

La documentación del sistema de gestión de la calidad debe incluir:

- a) Declaraciones documentadas de una política de la calidad y de objetivos de la calidad
- b) Un manual de la calidad
- c) Los procedimientos documentados y los registros requeridos por la ISO 9001:2008
- d) Los documentos, incluidos los registros que la organización determina que son necesarios para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos

4.2 Plantas piloto

Una planta piloto es una instalación semejante a una planta de proceso pero a escala reducida, forma parte de una plataforma experimental en la cual se muestra el funcionamiento representativo de la planta industrial. Al igual que una planta de proceso sirve para transformar o tratar alguna materia prima a fin de obtener un producto de mayor valor agregado a través de diversas operaciones unitarias.

La planta piloto es una herramienta que nos permite analizar simultáneamente los mecanismos físicos y químicos así como las interacciones entre estos durante el proceso¹³.

Existen tres grandes tipos de problemas por los cuales se escala un proceso, el primero es en el cual existe un proceso y planta nuevos, el segundo cuando hay un equipo existente pero un proceso y/o producto nuevo y el tercero cuando se debe modificar el equipo existente para mejorar el proceso. En cada caso se desea mantener las condiciones ambientales similares de una escala a otra, así como maximizar la productividad o la concentración del producto.¹⁴

En el desarrollo de nuevos productos o procesos la investigación realizada en plantas piloto es necesaria por las siguientes razones¹³:

- El paso de equipos y material de laboratorio a instalaciones industriales plantea problemas que son muy complejos y que son difíciles de resolver sin ningún experimento hecho con aparatos de tamaño intermedio.
- Las condiciones de operación deben ser investigadas en una unidad representativa en la cual la influencia de todos los parámetros puedan ser tomados en cuenta.
- La necesidad de producir muestras representativas en cantidades suficientes para diversas pruebas.

El desarrollo de productos o procesos consta de 4 fases principales:

1. Identificación de la idea de un producto/proceso.
2. Investigación.

3. Fase piloto.
4. Fase comercial.

En la fase piloto la principal tarea es introducir un nuevo producto o proceso generado en la fase de investigación a escala limitada para generar suficiente información y saber si se justifica ampliar el proyecto a escala comercial. La idea es ensayar el producto y el proceso bajo las condiciones en que se realizarán comercialmente pero a una escala menor¹⁵.

Generalmente se tiene el problema de reproducir los resultados obtenidos en la fase de investigación en nivel laboratorio a gran escala. En pocas ocasiones se consigue obtener éxito sin antes pasar por uno o más experimentos adicionales a pequeña escala. Sin embargo, el escalamiento de los procesos también puede ocurrir hacia abajo es decir, escalar las condiciones ambientales que puedan lograrse en un equipo de producción a nivel piloto o laboratorio.

Los experimentos en pequeña escala pueden realizarse en plantas piloto, a una dimensión que varía en las proporciones de la planta industrial, pero en el que se tienen en cuenta todas las limitaciones como: impurezas en las materias primas, el funcionamiento del equipo durante largos períodos, materiales, equipos, condiciones, entre otros¹³.

La experimentación de un proceso en las plantas piloto tiene diferentes propósitos dependiendo de las necesidades que se tengan, siendo algunos de estos^{16, 17,18}:

- Confirmar las teorías y resultados del laboratorio químico en equipos de estilo industrial.
- Proporcionar información experimental para la escala posterior es decir, como precursor de una planta de producción de tamaño completo que se encuentra o no construida.
- Proporcionar información individual sobre el diseño de cada proceso.
- Probar el desempeño del equipo.
- Obtener información experimental para precisar los balances de materia y energía.

- Precisar las características de materia prima, intermediarios y productos.
- Definir los equipos y servicios requeridos.
- Delimitar los aspectos de seguridad.
- Evaluar el impacto económico del proyecto.
- Producir material para procesos o ensayos posteriores.
- Optimizar el desempeño de una parte o de toda la planta de proceso.
- Para investigar la producción de un nuevo producto o formulación.
- Probar diferentes modalidades de proceso de producción y calidad del producto.
- Seleccionar y validar la eficacia y eficiencia de un proceso.
- Realizar lotes de ensayo para ser analizados cuando se reformula un producto o se cambian las condiciones de proceso, siendo más rápido y económico que a escala industrial.
- Validar y optimizar tecnologías.
- Encontrar y examinar todos los subproductos derivados del proceso.

En algunos casos se puede usar para brindar capacitación y realizar investigación básica y aplicada, como es el caso de la Planta Piloto Educacional Cervecera de la Facultad de Química.

4.3 Cerveza

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada elaborada por medio de la fermentación de una infusión de cereales. Existen básicamente tres grandes tipos de cerveza según el tipo de fermentación: las *Lager*, elaboradas con levadura de *Saccharomyces pastoréanos* o *Saccharomyces carlsbergensis* también conocidas como de “baja fermentación”; las *Ale* fabricadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* o de “alta fermentación”¹⁹ y las de “fermentación espontánea o *lámbrica*” en la cual no se agrega inóculo de levadura para fermentar sino que se fermenta aprovechando microorganismos del ambiente. La cerveza *lámbrica* originaria de Bélgica es fermentada a la intemperie y participan levaduras silvestres, bacterias lácticas y acéticas²⁰.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, se entiende por cerveza, “la bebida fermentada elaborada con malta, lúpulo y agua potable, o con infusiones de cualquier semilla farinácea procedente de gramíneas o leguminosas, raíces o frutos feculentos o azúcares como adjuntos de la malta, con adición de lúpulos o sucedáneos de éstos”. Esta bebida se clasifica de acuerdo al mismo Reglamento como una bebida de bajo contenido alcohólico y de conformidad con el proceso, materias primas y especificaciones físico-químicas, la cerveza podrá ser de 3 tipos: clara (*Pilsener*), semioscura (*Viena*) y negra (*Münich*).

4.3.1 La industria cervecera en México

La industria de las bebidas alcohólicas es económicamente, dentro de las industrias biotecnológicas, de las más importantes en el mundo. México se encuentra dentro de los 7 principales productores de cerveza a nivel mundial y exportadores de la bebida, aportando a la economía mexicana poco menos de 2 mil millones de dólares al año²² y siendo la industria cervecera, el primer lugar en exportación del sector de alimentos y bebidas en el 2011²³.

Cada año, la industria cervecera en México aporta aproximadamente 20,000 millones de dólares derivados de las ventas de sus productos y de los ingresos de las actividades empresariales que se le vinculan directamente. La producción de

cerveza en México tuvo un volumen de aproximadamente 78 millones de hectolitros durante el periodo del 2007 al 2011.

Las Industrias Cervecera y de la Malta contribuyen con cerca del 2% del valor que genera la Industria Manufacturera mexicana y le aporta un 0.3% al Producto Interno Bruto nacional. Además sus aportaciones económicas se extienden de modo significativo a todo el país cuando se vinculan al resto de las actividades ya que demanda insumos del sector agrícola, industrial, comercial y de servicios²².

Por lo tanto, la industria cervecera es dentro del sector alimenticio una de las más importantes en el país, por lo cual es fundamental que los alumnos egresados de la carrera de Química de Alimentos y de las demás carreras de la Facultad de Química de la UNAM tengan conocimientos básicos del proceso de elaboración de esta bebida y del manejo de la Planta Piloto Educativa.

4.3.2 Proceso Industrial de Elaboración de Cerveza

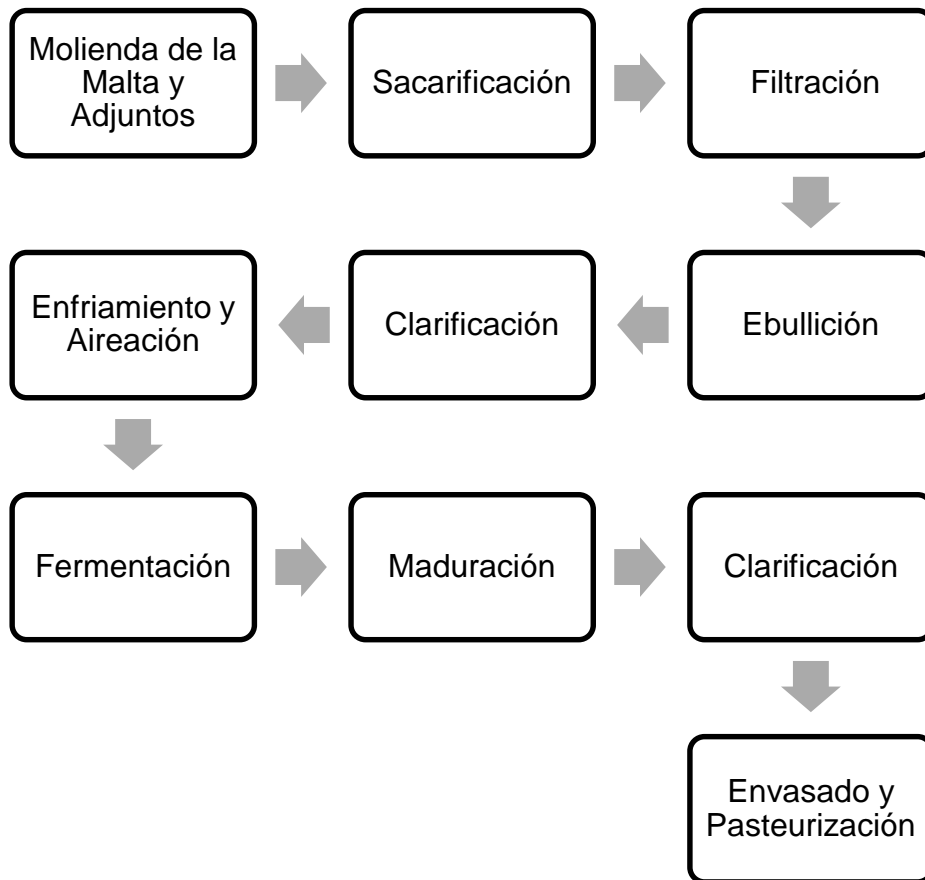


Figura 2. Diagrama general del proceso de elaboración de cerveza.

4.3.2.1 Molienda de la malta.

La primera parte del proceso comienza con la molienda de la malta, ésta tiene como objetivo producir malta triturada con el tamaño adecuado de partícula para producir el extracto y recuperar el grano agotado después.

Durante esta operación es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible, si se desintegra mucho no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto. Al mismo tiempo se tiene que cuidar que el endospermo se triture hasta un tamaño de partícula que permita su hidratación y la fácil liberación de las enzimas y otros constituyentes del grano como proteínas y carbohidratos.²⁴

La molienda se puede llevar a cabo de 2 formas²⁵:

- a) **Molienda seca.** El grano se pasa por un molino de rodillos, en la industria se utilizan con más frecuencia los de 2 y 6 rodillos, aunque también se usan de 4 (Figura 3). El producto de éste tipo de molienda es una sémola con cascarilla y una proporción pequeña de harina, ésta se puede almacenar durante varias horas antes de su hidratación en el tanque de macerado.

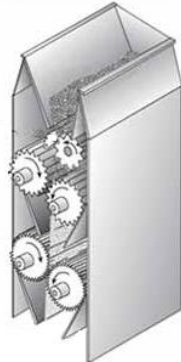


Figura 3. Molino de 4 rodillos.

- b) **Molienda Húmeda.** Se caracteriza por rociar la malta con agua o someterla al vapor justo antes de que entre al molino (Figura 4), aunque también se utiliza el grano remojado en un tiempo menor a 30 min. Este tratamiento tiene como fin flexibilizar la cascarilla y la hace más resistente a la trituración. El producto de éste tipo de molienda es una mezcla de cascarilla y partículas de endospermo, la cual debe verterse inmediatamente al macerador.

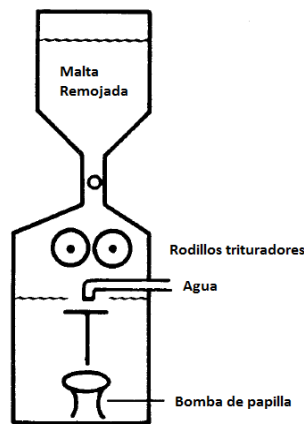


Figura 4. Representación esquemática del molino húmedo.

4.3.2.2 Sacarificación.

La sacarificación tiene como objetivo obtener un mosto rico en azúcares solubles fermentables a partir de la gelatinización del almidón y de la hidrólisis de éste y otros biopolímeros de la malta para que la levadura lleve a cabo la fermentación alcohólica. Esto se logra mediante el calentamiento gradual de la malta y el agua llegando a diferentes temperaturas a las cuales las enzimas actúan. Las enzimas involucradas durante la sacarificación provienen de la cebada y algunas otras que son sintetizadas durante el malteo (Tabla 3).

Tabla 3. Enzimas propias de la malta^{19, 26}.

Enzima	Temperatura óptima	Sustrato	Principales productos de degradación
β–glucanasas	43-45°C	β–glucanos	Glucosa y oligosacáridos.
Proteasas (exopeptidasas)	Entre 40 y 60°C	Enlaces terminales de las proteínas	Péptidos y aminoácidos.
α–amilasa	65-75°C	Almidón. Enlaces α 1→4 internos alejados de enlaces α 1→6.	Dextrinas y oligosacáridos.
β–amilasa	55-65°C	Almidón. Amilosa y amilopectina en los extremos no reductores. Enlaces α 1→4.	Maltosa y dextrinas.
α–glucosidasa o glucoamilasa	55-65°C	Oligosacáridos y maltosa. Enlaces α 1→4 y α 1→6.	Glucosa.
Pululanasa, dextrinasa límite o enzima R	55-60°C	Amilopectina α 1→6.	Glucosa y maltosa.
Pentosanasas	40-50°C	Polisacáridos no almidonosos (pentosanos). Enlaces β 1→4 de la cadena central de D-xilasa.	Arabinoxilanos parcialmente despolimerizados. Arabinosa y Xilosa.

La acción de estas enzimas durante la sacarificación da lugar a productos que tienen como función proveer a la levadura de los nutrimentos necesarios para que lleve a cabo la fermentación desarrollando las características fisicoquímicas y sensoriales de la cerveza. Las cantidades de estos productos dependerán de la actividad de las enzimas y del perfil de tiempo/temperatura durante la sacarificación. Con base en esto, diferentes perfiles de sacarificación generan composiciones distintas en el mosto.¹⁹ En una sacarificación utilizando temperaturas altas, mayores a 65°C, se obtiene un mosto rico en dextrinas y por tanto un producto con menor grado alcohólico y mayor cuerpo, mientras que en la sacarificación a temperaturas menores a 65°C por lo regular se genera un mosto rico en maltosa y como consecuencia una cerveza con menor cuerpo pero con mayor grado alcohólico.²⁷

4.3.2.3 Filtración.

En esta operación la suspensión se transfiere en un tanque clarificador (conocido como extractor o *lauter tun*), el cual es cilíndrico y está provisto de un falso fondo con perforaciones, palas o cuchillas para mover la suspensión y rociadores de agua (Figura 5). En este tanque se separa el líquido, el cual constituye el producto denominado mosto dulce, y los residuos sólidos o grano de malta gastado. Una vez removido el líquido, se hace fluir agua caliente por los rociadores con lo cual se lixivian los granos gastados, incorporando esta agua al mosto dulce.¹⁹

El tanque clarificador puede sustituirse por un filtro prensa (Figura 6), que tiene las ventajas de ser más económico, requerir menos espacio y necesitar menos agua para la lixiviación.

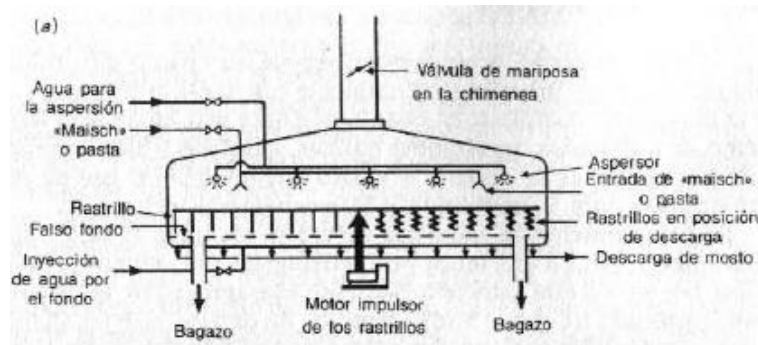


Figura 5. Representación gráfica del *Lauter Tun*.

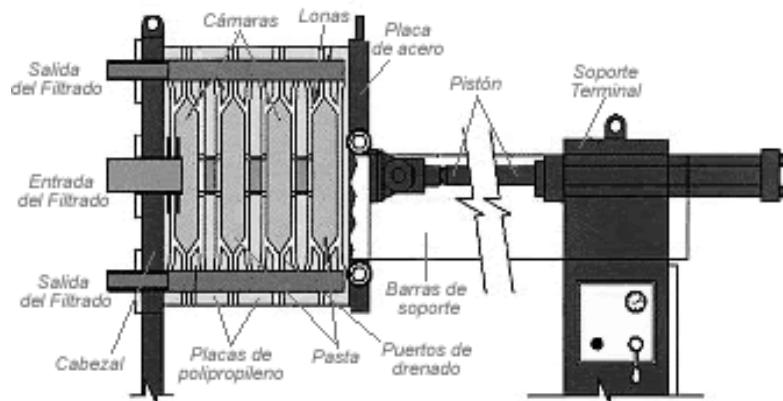


Figura 6. Representación gráfica del Filtro Prensa.

4.3.2.4 Ebullición o cocción del mosto.

El mosto dulce se somete a ebullición durante 30-90 min a presión atmosférica y es aquí cuando se agrega el lúpulo en flor o sus productos; este procedimiento tiene muchos objetivos entre los cuales destacan^{19, 24,28}:

- Detención de la actividad enzimática para detener la conversión excesiva del mosto.
- Coagulación de proteínas y favorecer reacciones entre éstas con los polifenoles para formar compuestos insolubles que precipitan.
- Reducir la carga microbiana que compita con la levadura durante la fermentación y posibles microorganismos patógenos.
- Reacción de precipitación entre el fosfato de la malta y el calcio del agua y por consiguiente caída del pH.

- Volatilizar y remover compuestos que confieren aromas indeseables.
- Evaporación de agua y por tanto concentrar del mosto.
- Producción de color por reacciones de caramelización de azúcares, reacciones de *Maillard*, oxidación de compuestos fenólicos para formar melanoidinas y oxidación de taninos (reacciones que también generan aromas).
- Extraer los aceites y resinas esenciales del lúpulo, las cuales a su vez sufren reacciones de isomerización e hidrólisis en esta etapa.
- Se reduce la tensión superficial por influjo de aceites y resinas.

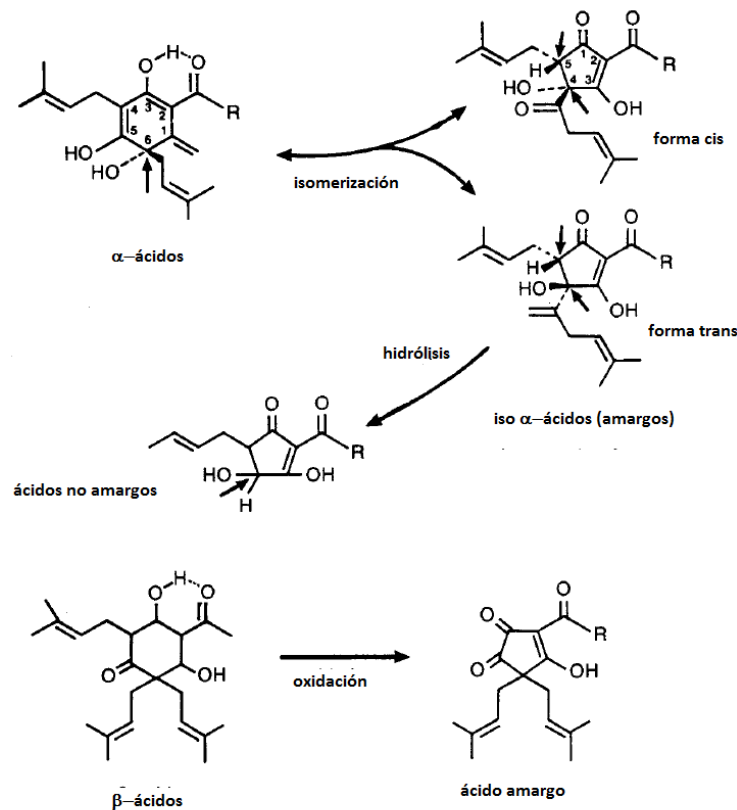


Figura 7. Estructuras y reacciones durante ebullición de los ácidos contenidos en el lúpulo de importancia en la cerveza.

Cuando el lúpulo o sus productos son hervidos en el mosto, la reacción más importante de los componentes de éste es la isomerización de α -ácidos a iso- α -ácidos (Figura 7). Los α -ácidos son insolubles en la cerveza mientras que los iso- α -ácidos son solubles al pH y temperatura a la que se maneja la cerveza,

además de ser casi siempre más amargos que los α -ácidos. La cantidad de iso- α -ácidos en la cerveza no es igual a la cantidad de α -ácidos añadidos al mosto durante la ebullición en forma de productos de lúpulo ya que siempre se producen pérdidas significativas.²⁵

4.3.2.5 Clarificación

El mosto puede presentar turbidez debido a los complejos que se forman durante la ebullición entre proteínas, carbohidratos y taninos (polifenoles), los cuales se conocen con el nombre de *trub*.

Para facilitar esta parte del proceso, durante la ebullición se puede agregar carragenina, la cual precipita las proteínas y por tanto clarifica la cerveza, removiendo el precipitado antes de clarificar usando un equipo.

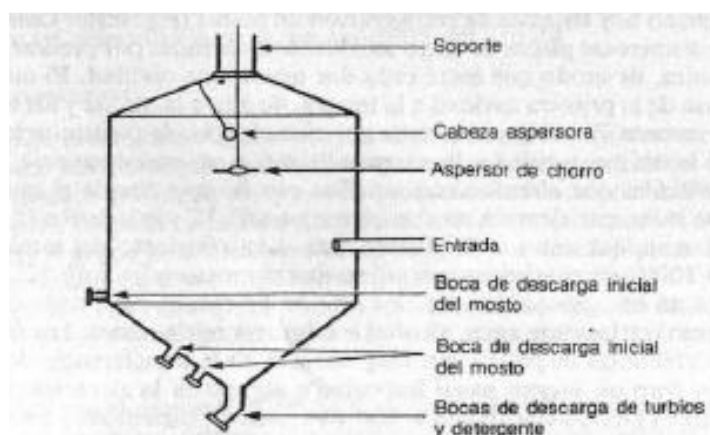


Figura 8. Representación Esquemática del tanque Whirlpool.

Cuando se utilizan los conos de la flor de lúpulo, será necesario filtrar antes de clarificar el mosto. En el caso de que se utilicen derivados de lúpulo se procede a clarificar ya sea por decantación o centrifugación, aunque la manera más usada es la clarificación del mosto en un tanque conocido como *Whirlpool* (Figura 8). Éste es un tanque cónico aproximadamente igual en diámetro que en profundidad y el cual funciona mediante la sedimentación rápida causada por la fuerza centrípeta, que es provocada intencionalmente bombeando el mosto a alta velocidad al tanque. Así, el mosto gira con velocidad constante para crear corrientes y a medida que va perdiendo velocidad se deposita el sedimento en el centro del tanque. La forma

cónica permite una mejor separación ya que todo el *trub* se acumula en esa parte.²⁴
25

4.3.2.6 Enfriamiento y aireación.

El mosto lupulado se enfría en intercambiadores de calor de placas (Figura 9) a temperaturas entre 6 y 15°C, lo cual provoca la precipitación de proteínas y taninos que se separan por filtración o centrifugación inmediatamente o al final de la fermentación junto con la levadura.²⁵ La oxigenación del mosto se realiza mediante la inyección de aire estéril a la salida del enfriador o durante el enfriamiento.

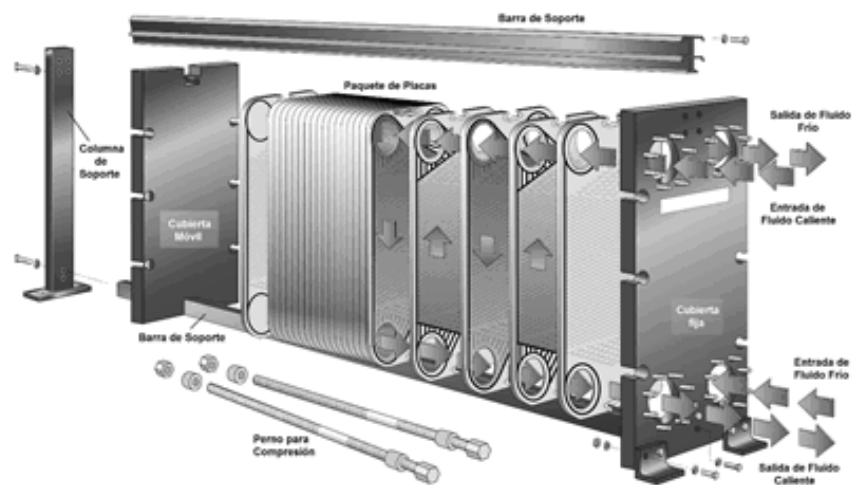


Figura 9. Corte Vertical de un intercambiador de calor de dos secciones.

4.3.2.7 Fermentación.

Tiene como finalidad producir lo que se le llama “cerveza verde” a partir del mosto dulce por medio de la fermentación de las levaduras. Se realiza en un tiempo de 2 a 7 días a una temperatura de 12-22°C para levadura *Ale* y de 4-15°C para levadura *Lager*.²⁶

El proceso de fermentación se inicia con la inoculación del mosto lupulado con un cultivo “puro” de levaduras. El crecimiento y la multiplicación de las levaduras durante la fermentación, implica un proceso metabólico en el cual se produce etanol, dióxido de carbono y una serie de productos metabólicos los cuales contribuyen al sabor del producto terminado.²⁵

Aunque existen procesos donde no se utilizan inóculos seleccionados, la mayoría de los procesos en el mundo se efectúa con cepas aisladas y relativamente puras propagadas en la cervecería.¹⁹ Las levaduras se propagan iniciándose con pequeños volúmenes de dos o tres pasos de laboratorio y de ahí se pasan a fermentadores de pequeña escala llamados propagadores en los cuales se utiliza mosto estéril y se cultiva en condiciones aeróbicas.

Los fermentadores se inoculan en primera instancia con la levadura de los propagadores pero en fermentaciones sucesivas se recicla la levadura recuperada, mientras esta no tenga pérdidas importantes en su viabilidad (menor a 85%), en su capacidad de crecimiento o se contamine con otros microorganismos.

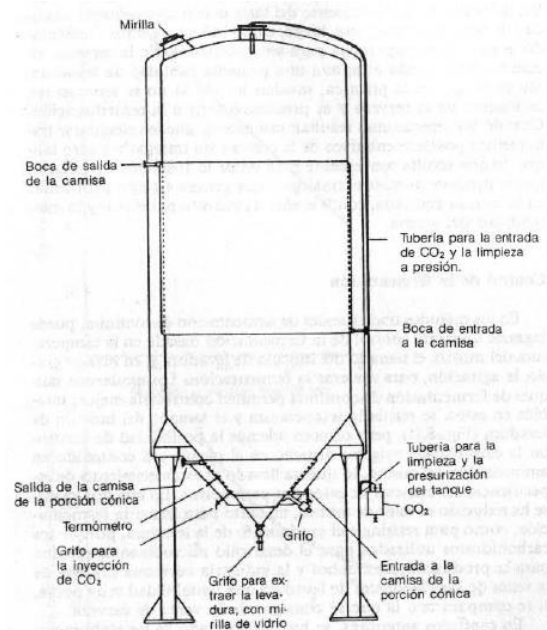


Figura 10. Tanque de fermentación y maduración cilindro-cónico.

En las cervecerías modernas, la primera y segunda fermentación o maduración se realiza en tanques cilíndrico-cónicos de acero inoxidable (Figura 10), debido a que ocupan poco espacio, pueden ser usados para elaborar cualquier tipo de cerveza, es más fácil de usar y limpiar, tienen menor costo de inversión, permite la recuperación de CO₂ por la parte superior, la separación de levaduras floculantes que sedimentan se facilita considerablemente, entre otras ventajas.²⁶ Sus dimensiones típicas son 21 m de altura, 5.6 m de diámetro y un ángulo en el cono

de la base de 75°. ¹⁹ Al final de la fermentación se extrae la levadura, quedando solo pequeñas cantidades en la cerveza, la cual se retira por centrifugación. ²⁴

4.3.2.8 Maduración.

La fermentación principal en cual la cerveza verde se produce es seguida por un proceso más lento a una temperatura menor en la presencia de cantidades menores de levadura. A esto se le conoce como fermentación secundaria, acondicionamiento o maduración. Aquí se almacena la cerveza verde en contacto con la levadura después de que la fermentación primaria se terminó, en donde se pueden agregar azúcares adicionales.

Por lo general este proceso implica reducir gradualmente la temperatura del producto desde la temperatura de fermentación hasta llegar de 0 a -1°C durante un tiempo aproximado de 15 días. Dentro de esta etapa del proceso se persigue²⁶:

- Sedimentación de las levaduras y floculación de la proteína residual.
- Lograr estabilidad coloidal por medio de la sedimentación de complejos formados por proteínas y polifenoles.
- Saturación de CO₂ en la cerveza.
- Remover componentes que dan aromas indeseados.
- Fermentación del extracto remanente.
- Mejorar la estabilidad de la espuma de la cerveza.
- Producción de compuestos activos que dan sabor, aroma y cuerpo a la cerveza.

Finalmente, la cerveza puede ser separada de la levadura y madurada a baja temperatura antes de su envasado.

4.3.2.9 Clarificación.

Como se mencionó con anterioridad, durante la maduración se promueve la precipitación de levadura y otras partículas causantes de la turbidez debido a las bajas temperaturas a las cuales se lleva a cabo. Sin embargo, en algunos casos y dependiendo de las características del producto final que se desea obtener, esto no es suficiente y se debe recurrir a otros procedimientos.

La turbidez de la cerveza puede estar dada por levadura en suspensión así como por complejos proteína-carbohidratos-taninos (*trub*), β -glucanos y algunos polipéptidos. Aunque en algunas cervezas es deseable cierto grado de turbidez, si se requiere obtener un producto claro y brillante, es necesario clarificar al final de la maduración y antes de envasar el producto.

Actualmente se ha implementado el uso de algunas sustancias que se pueden añadir para facilitar la precipitación de estos agentes causantes de la turbiedad. Ejemplos de estas son la colágena de pescado la cual precipita la levadura; el ácido tánico y la sílica gel los cuales precipitan las proteínas. Se pueden utilizar también la PVPP (polivinilpolipirrolidina) y Nylon 66 que adsorben polifenoles. Además de estas sustancias, también es factible utilizar ciertas enzimas como la papaína, bromelina y ficina para lograr una hidrólisis parcial de las proteínas, solubilizándolas e impidiendo su precipitación.^{19, 24,28}

La filtración es una operación que en esta parte del proceso es muy útil y comúnmente usada. Antes de filtrar se recomienda dejar sedimentar los precipitados y retirarlos para optimizar la filtración y el tiempo de vida útil del filtro. La filtración que tiene lugar en la matriz del filtro por adsorción de partículas y en la superficie de éste por cribado, tiene como nombre filtración de profundidad. Los filtros de profundidad operan sobre el principio de que una cama proporciona una ruta larga y compleja por la cual pasa la cerveza, comúnmente llamada “camino tortuoso”. Aunque cada parte de la ruta puede tener dimensiones físicas suficientes para permitir el paso de las partículas, estas simplemente no puede atravesar estos “caminos tortuosos” y se atrapan principalmente en la superficie de la matriz del filtro o a una muy corta distancia dentro de él. Estos filtros se utilizan generalmente en la industria alimentaria para la eliminación de partículas y retención microbiana, con lo cual se consigue un producto clarificado e inocuo.²⁵

Si la cerveza contiene una cantidad significativa de material en suspensión, se debe usar un filtro con una superficie continuamente renovable, de manera que la acumulación de partículas filtradas de la cerveza en las capas superficiales del filtro no se obstruyan.

La tierra de diatomeas es el principal material auxiliar de filtración para clarificar la cerveza (Figura 11). El filtro utilizado deberá tener un tipo de malla ya sea de acero inoxidable, tela o lámina la cual proporciona una base sobre la que se construye un estrato de tierra de diatomeas. El lecho inicial se denomina capa preliminar y la mayoría comprende simplemente un estrato grueso de tierra de diatomeas aunque las mezclas de diferentes tipos de éstas además de celulosa son comunes. Como en este recubrimiento se aglomeran rápidamente las partículas saturando el lecho de tierra de diatomeas, es necesario inyectar una capa fresca de tierra de diatomeas de manera regular junto con la cerveza, para evitar la obstrucción del filtro. ^{24,25}

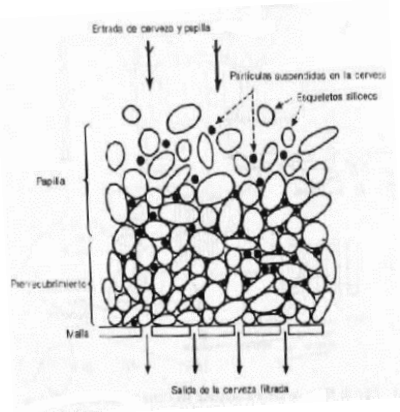


Figura 11. Ejemplo de la filtración a través de la tierra de diatomeas.

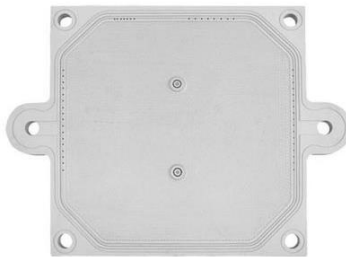


Figura 12. Lámina de un filtro de membranas.

También se utilizan filtros de membrana (Figura 12), aunque éstos solo pueden operar sobre cervezas virtualmente desprovistas de productos en suspensión. Se utilizan solo en procesos continuos, situándolos a continuación de otro tipo de filtros donde solo puede pasar el líquido y teniendo como función principal el control microbiológico, por lo cual la cerveza filtrada en estos equipos podría no tener la necesidad de pasteurizarse.

4.3.2.10 Envasado y Pasteurización.

La cerveza madura clarificada es carbonatada y enseguida se le da un tratamiento térmico de pasteurización o puede envasarse previamente a la pasteurización.

El envasado se realiza con la finalidad de proteger a la cerveza de cambios que puedan alterar su sabor y aroma. Por ello es importante elegir el material adecuado del envase. El vidrio es comúnmente usado debido a que es químicamente inerte, impermeable, resistente a la limpieza y sanitización. El vidrio claro y delgado provee poca protección de la luz, mientras que el ámbar y grueso provee mayor protección del producto ya que absorbe la luz visible por debajo de los 550 nm, con lo cual se evita la fotólisis en la que se forma iso-pentenil mercaptano, dando ese sabor y aroma característico a “zorrillo”. Por su parte las latas protegen la cerveza de la luz pero pueden contribuir con sabores no específicos de la cerveza.²⁵

Cuando es embotellada o enlatada la pasteurización tiene lugar en túneles de operación continua donde los envases están en contacto con agua caliente para alcanzar temperaturas de 60-85°C las cuales se deben mantener durante 20 min y posteriormente se enfrían con aspersion de agua.¹⁹ Los envases pueden ser de dos tipos²⁴:

- a) Retornables: deben lavarse, sanitizarse y escurrirse antes de su llenado, cierre, pasteurización y etiquetado.
- b) Desechables: ejemplo de ellos son las latas o algunas botellas de vidrio que solo requieren ser sometidas a una presión de aire y luego de agua, ambos estériles.

Cuando se pasteuriza el líquido antes de envasarlo, esto se hace en un intercambiador de placas (Figura 9) a temperaturas de 70-75 °C durante 20 segundos y después se procede a envasar en recipientes estériles. Algunos tipos de cerveza no se pasteurizan y son envasadas inmediatamente después de la clarificación.

4.4 Materia Prima

Las materias primas son los principales componentes empleados en la fabricación de cerveza, que dan el peso específico de la bebida en los diferentes procesos de su elaboración.²¹

4.4.1 Malta

La malta es el grano de cebada en etapas tempranas de germinación artificial, cuyo proceso fisiológico ha sido controlado y detenido por secado, llamándole a este proceso malteo. Para la elaboración de cerveza se utilizan 2 subespecies de cebada: la de dos carreras o hileras (*Hordeum distichum*) y la de 6 carreras o hileras (*Hordeum vulgare*).¹⁹

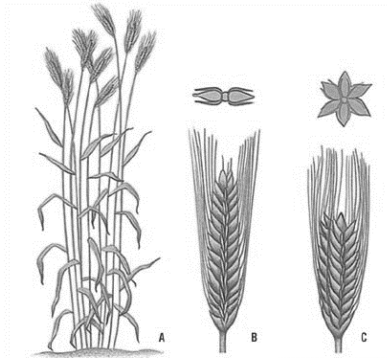


Figura 13. A) Planta de cebada con espigas en la punta. B) Cebada de dos hileras. C) Cebada de seis hileras.

La calidad de los cereales, sus variedades y la calidad del proceso de malteo definen en gran medida la calidad de la cerveza. La cebada maltera usada para elaborar cerveza en México debe cumplir con los parámetros y especificaciones de acuerdo a la NMX-FF-043-SCFI-2003 “Productos Alimenticios No Industrializados Para Consumo Humano- Cereal- Cebada Maltera- (*Hordeum vulgare* L. Y *Hordeum distichum* L.)- Especificaciones y Métodos de Prueba”.

La función de la malta es proveer enzimas y carbohidratos fermentables que servirán como sustrato a las levaduras para obtener alcohol. Algunas maltas se denominan “especiales” debido a que se someten a procesos de calentamiento más largos o a temperaturas más altas para dar cierto color y sabor característico, éstas se usan en pequeñas cantidades para dar sabor y color a la cerveza.²⁵

En México no existe norma sobre las especificaciones que debe cumplir la malta que se utiliza para la elaboración de cerveza. Sin embargo los cerveceros establecen especificaciones estrictas, algunas de las más importantes se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 4. Comparación de características físicas y químicas entre diferentes tipos de malta²⁴.

	Malta americana de 6 filas	Malta europea de 2 filas para la elaboración de "lager"	Malta europea de 6 filas para la elaboración de "ale"
Agua (%)	4.0	3.5	2.0 ± 0.2
Extracto tras una molienda fina (% en peso seco)	77.0	79.0	80.0 ± 0.4
Extracto tras una molienda gruesa (%en peso seco)	75.3	77.4	78.6 ± 0.4
Nitrógeno total (%)	2.1	1.75	1.70 ± 0.7
Nitrógeno soluble (cociente respecto del nitrógeno total)	40.0	39.0	39.5 ± 1.0
Poder diastásico o capacidad de la malta para hidrolizar el almidón (Grados Lintner)	140.0	75.0	65 ± 5
Actividad de α -amilasa	40.0	35.0	-
Color (grados EBC)	3.8	2.9	6.0 ± 1.0

Tabla 5. Comparación de características físicas y químicas entre la cebada y la malta normal y la de alto poder diastásico²⁰.

Medida	Cebada	Malta normal	Malta de alto poder diastásico
Peso de grano (mg)	32-36	29-32	29-32
Almidón (%)	55-60	50-55	50-55
Azúcares (%)	0.5-1.0	8-10	8-10
Nitrógeno total (%)	1.6-2.3	1.6-2.3	1.6-2.3
Nitrógeno soluble (% del total)	10-12	35-45	40-50
Extracto (%)	79-80	>80	>80
Poder diastásico (°L)	50-60	100-150	150-250
α -Amilasa	Trazas	35-45	55-65
Actividad proteolítica	Trazas	15-20	20-25

4.4.1.1 Malta utilizada en la Planta Piloto Educativa

La malta que se utiliza principalmente en la elaboración de cerveza en la Planta Piloto es malta base pálida tipo *Pilsen* o *Pale* que se utiliza generalmente para elaborar cerveza clara. Para elaborar cerveza dorada o semioscura se utilizan además de la malta base, maltas especiales tipo *Viena*, *München* y *Caramelo*. Cuando se desea elaborar cerveza oscura se usan maltas oscuras como *Chocolate*, *Brown* o *Dark* que tienen la función de proporcionar aroma, sabor y color.

Además de las características mencionadas en el apartado anterior para determinar la calidad de la malta se recomienda realizar al igual que en otros granos, un análisis de la calidad física entre los cuales es conveniente realizar las pruebas sensoriales, de temperatura, pureza y sanidad contempladas en el Manual de Prácticas de Laboratorio de Tecnología de Alimentos.

4.4.1.1.1 Calidad física de los cereales²⁹

A. Sensoriales y de temperatura.

- I. En cuanto se recibe la bolsa o costal con la muestra, sin abrir, se examina por fuera en busca de alteraciones o defectos evidentes. Si hubiese alguno como hongos o infestación, se omite la detección de olor por seguridad del analista. Si este defecto es muy notable puede ser necesario suspender el análisis e incinerar el grano. Si hay cualquier evidencia de deterioro, en especial polvillo fino, no debe olerse el grano, ya que puede contener aflatoxinas.
- II. Si el aspecto inicial es aceptable, sin agitar la bolsa, se toma inmediatamente la temperatura del grano en 5 zonas diferentes de la bolsa. Se reportan la temperatura ambiente, las 5 lecturas, la máxima diferencia entre lecturas y la diferencia con la temperatura ambiente.
- III. Inmediatamente después de registrar la temperatura, se cierra la bolsa, se agita la muestra, al menos durante un minuto y se abre nuevamente la bolsa para percibir el olor, “arrastrando” el olor con la mano; **no debe meterse la nariz a éste**. El olor debe ser el aceptable típico del grano. No deben percibirse olores de humedad, hongos, fermentación, acidez, rancidez, putrefacción, plaguicidas ni otros olores extraños. De existir alguno, se reporta y describe.
- IV. A continuación, se homogeneiza la muestra en una bolsa suficientemente grande o en la manta.
- V. Se completa la evaluación sensorial del grano, examinando color y aspecto. El color del grano se compara con un muestrario o con una escala de color. En el laboratorio contamos con escalas para granos amarillos a café y otra para granos grises, azules y negros. Es importante registrar si en la muestra hay insectos, mohos o daños evidentes.

B. Impurezas y Sanidad.

- I. Una vez homogeneizado el grano, se toma exactamente 1 kg para el examen de impurezas y sanidad. Se colectan todas las impurezas como piedras,

terriones, paja, tallos, hierbas, malezas, hojas, excretas o pelos de roedores, vidrios, insectos (registrando si están vivos o muertos) o fragmentos de ellos y cualquier otra materia extraña al grano. Se separan manualmente las que hayan quedado entre el grano, o todas si no se tiene la criba y se registra el peso. Se reporta el % de impurezas con un decimal y se especifica en la hoja de análisis qué impurezas se encontraron.

- II. La determinación de sanidad consiste en identificar la presencia de insectos en sus fases de huevecillo, larva, crisálida o adulto, así como su identidad. Se considera infestado si se encuentran 2 o más gorgojos (insectos perforadores) vivos en 1 kg de grano.

C. Humedad y Dureza.

- I. La humedad se determina en la muestra limpia, después de retirar las impurezas. La determinación se hace por secado en estufa o con termobalanza.
- II. Resistencia al impacto: Se colocan 20 g de grano limpio en el fondo de una probeta de plástico de 1 L. Desde el borde de la probeta, se deja caer la pesa sujeta con una cuerda lo suficientemente larga para que caiga libremente y pueda retirarse. Esta operación se repite la operación 10 veces y después se retira el contenido de la probeta, pasándolo por un tamiz de malla 80. Se pesan las fracciones de grano entero, quebrado y el producto que pasa a través de la malla y se reportan los porcentajes de las 3 fracciones.

D. Análisis Selectivo.

- I. Se toman 100 g del grano limpio y se separan las siguientes fracciones: granos quebrados, grupos contrastantes o granos de otra variedad, especie o género y granos dañados por insectos y hongos.

Los datos obtenidos deberán registrarse en un formato como el siguiente:

Tabla 6. Formato de registro de la calidad física de los granos.

CALIDAD FÍSICA DEL GRANO DE MALTA							
Origen:				Remitido por:			
Fecha de muestreo:				Realizado por:			
Observaciones:							
Pruebas Sensoriales y de Temperatura							
Defectos o alteraciones:				<input type="checkbox"/> Infestaciones <input type="checkbox"/> Hongos <input type="checkbox"/> Polvillo fino			
Temperatura (°C) : <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>				Máxima diferencia entre los 5 puntos:		Temperatura ambiente:	Máxima diferencia con temperatura ambiente:
Olor:				Color:			
Impurezas y Sanidad							
Peso de muestra:			Peso de impurezas:			% de impurezas:	
Piedras:	Excretas:	Paja:	Hojas y tallos:	Terrones:	Vidrios:	Pelos:	Otros:
Insectos o fragmentos de:	Adultos: ___ /kg	Vivos: ___ /kg	Muertos: ___ /kg	Perforadores: ___ /kg	Huevecillo o larva: ___ /kg	Hongos: ___ /kg	
% Humedad de la muestra:				Resistencia al impacto			
				% Grano entero: % Grano quebrado: % Harina:			
Análisis Selectivo:							
Peso de muestra: ___ kg % Quebrados: ___, % Contrastantes: ___, % Dañados: ___							
Fecha de análisis:				Nombre y firma del analista(s) responsable:			
Uso recomendado:							

Si bien la malta usada en este proceso la dona la empresa Extractos y Maltas S.A. de C.V. (división de materias primas del Grupo Modelo) se recomienda realizar estas pruebas periódicamente ya que dan una idea de la calidad del grano y no se necesitan parámetros establecidos para aceptar la materia prima. Así mismo, una prueba rápida que se debe realizar antes de pesar y moler la malta, es la determinación de humedad en termobalanza. La prueba asegura que el grano no tenga las condiciones para promover posibles alteraciones microbianas arriesgando la inocuidad del producto además de alterar el peso y por tanto la formulación de la cerveza.

4.4.2 Agua

El agua es el componente mayoritario de la cerveza (95%) y como tal debe de tenerse un suministro suficiente. Debe tratarse de agua potable de acuerdo a la **NOM-127-SSA1-1994** “Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano- Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a los que debe someterse el Agua para su Potabilización”. En la norma se establece que el agua para uso y consumo humano es aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no cause efectos nocivos al ser humano. Algunos de los límites de calidad permisibles para el agua según esta norma, que son importantes a considerar en el proceso se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Especificaciones del agua potable en la NOM-127-SSA1-1994 de importancia para la elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa.

Característica	Límite Permisible
Características Microbiológicas	
Organismos Coliformes Totales	2 NMP/100 mL ó 2 UFC/100 mL
Organismos Coliformes Fecales	No detectable en NMP/100 mL ó cero UFC/100 mL

Características Físicas y Organolépticas	
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y Sabor	Agradable.
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.
Características Químicas (mg/L)	
Cianuros (como CN ⁻)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fluoruros (como F ⁻)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH	en unidades de pH 6.5-8.5
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00

Las características microbiológicas aunque importantes, no se consideran un punto de riesgo debido a que el agua usada se somete a tratamientos térmicos posteriores durante el proceso donde éste riesgo es anulado. En tanto las características sensoriales aunque no se tiene el equipo para determinar los parámetros se puede realizar mediante los sentidos del analista.

Dentro de las características químicas el grado de dureza del agua es importante de acuerdo a la cerveza que se requiere preparar. El término dureza, se refiere a la concentración total de iones alcalinotérreos (Grupo 2) que hay en el agua. Debido a que la concentración de Ca²⁺ y Mg²⁺ es mucho mayor que la de los otros iones

alcalinotérreos, la dureza prácticamente es igual a la suma de las concentraciones de los iones calcio y magnesio.³¹ Aguas con un bajo grado de dureza son ideales para producir cervezas *Lager* y *Pilsen*, las de grado medio para producir cerveza Inglesa o *Münich* y las de grado alto son ideales para cerveza negra y *Stout*.³² En cuanto al pH adecuado para elaborar cerveza va de 6.5 a 8.5 teniendo un máximo permitido de 9.5²⁷ ya que se debe trabajar a pH bajo de preferencia para que las enzimas trabajen óptimamente.

4.4.2.1 Agua utilizada en la PPE

En la PPE se utiliza un suministro de agua corriente potable, el cual es el mismo para todo el Valle de la Ciudad de México y que proviene de tres fuentes: 71% de aguas subterráneas, 26.5% del Río Lerma y Cutzamala y 2.5% del Río Magdalena.³³ De acuerdo con el reporte bimestral del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) de calidad de agua para el 5º Bimestre del año 2012, el suministro de agua cumple con lo establecido en la norma en cuanto a la concentración de cloro, análisis fisicoquímicos como pH, turbidez, color, cloruros, dureza, metales pesados y un porcentaje satisfactorio de 97% aceptable de coliformes totales en análisis microbiológico del suministro de agua en la delegación Coyoacán, que es donde se ubica Ciudad Universitaria.

Se debe realizar periódicamente el análisis de calidad del agua que se utiliza en la Planta Piloto Educativa y registrar los resultados en el formato de registro (Tabla 8). Un análisis sensorial rápido para aceptar la calidad del agua bastará, antes de empezar un lote.

Tabla 8. Formato de registro de Análisis de Calidad del Agua.

CALIDAD DEL AGUA POTABLE	
Fecha de muestreo:	Realizado por:
Características físicas y organolépticas	
Color: _____	
Olor: _____	
Turbiedad: _____	

Impurezas	
Partículas suspendidas: _____	
Características Químicas	
pH:	Dureza total:
Cloro:	
Características Microbiológicas	
Mesófilos aerobios:	Coliformes totales:
Fecha de análisis:	Nombre y firma del analista(s) responsable:
Observaciones:	

4.4.3 Lúpulo

Su función principal es la de saborizante, es en gran medida responsable del sabor amargo y aroma característico de la cerveza, pero también funciona como conservador inhibiendo microorganismos patógenos e indeseables. En la cerveza se utilizan los conos maduros de la flor femenina de la planta *Humulus lupulus* ya sean secos y enteros, en polvo o comprimidos (Figura 14), o como extractos obtenidos por fluidos supercríticos.



Figura 14. Flor de lúpulo (izquierda) y *pellets* o comprimidos de lúpulo (derecha).

De la composición total de lúpulo seco un 15% lo constituyen las resinas siendo las principales de la fracción denominada α -ácidos como la humulona, cohumulona, adhumulona, posthumulona y prehumulona y de la fracción β -ácidos la lupulona,

colupulona, adlupulona y prelupulona; estos compuestos sufren diversas reacciones químicas principalmente de isomerización e hidrólisis durante el proceso cervecero, generando otros componentes que se encuentran en la cerveza. Los aceites esenciales se encuentran en una proporción de alrededor de 0.5% del lúpulo seco, encontrándose entre estos un gran número de hidrocarburos terpénicos y otros compuestos, siendo algunos de los más importantes el mirceno, humuleno, farneseno y cariofileno. El lúpulo también contiene leucoantocianinas (“taninos”), ceras, lípidos, entre otros compuestos.¹⁹

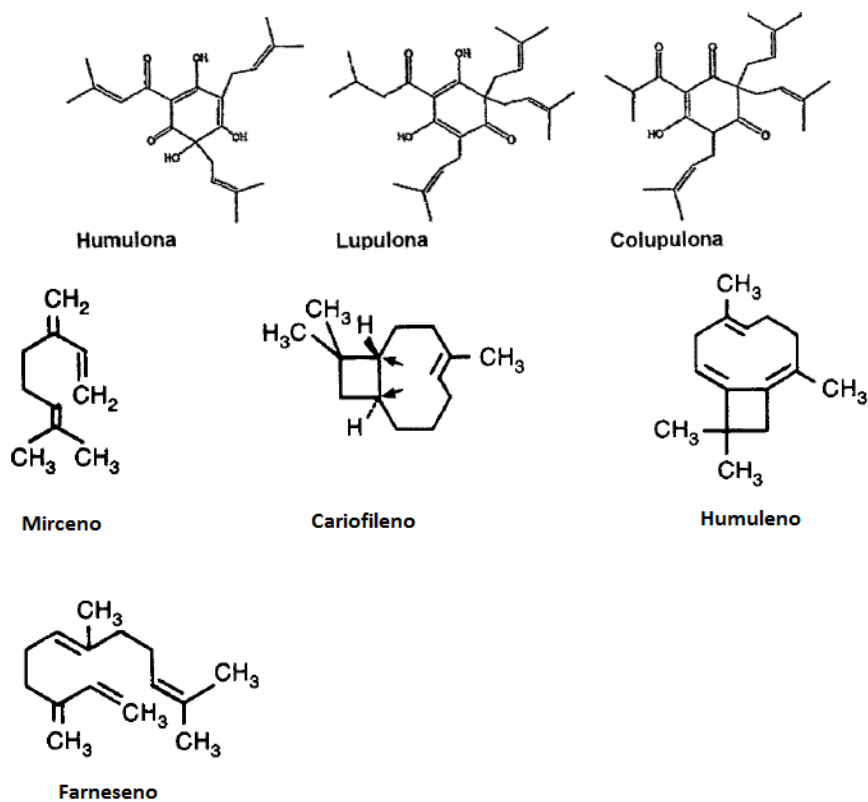


Figura 15. Estructura química de alguno de los compuestos responsables del sabor y olor de la cerveza.

La composición típica de los lúpulos comerciales se resume en la siguiente tabla:

Tabla 9. Composición del lúpulo comercial²⁴.

Componente	%
Agua	10.0
Resinas Totales	15.0
Aceites Esenciales	0.5
Taninos	4.0
Monosacáridos	2.0
Pectina	2.0
Aminoácidos	0.1
Proteína (NX6.25)	15.0
Lípidos y Ceras	3.0
Cenizas	8.0
Celulosa, lignina, etc.	40.4

4.4.3.1 Lúpulo utilizado en la PPE

En la PPE se utiliza lúpulo en flor con un contenido aproximado de 5% de ácidos alfa, extracto de lúpulo y comprimidos de lúpulo con diferente porcentaje de ácidos alfa dependiendo de la variedad. Debido a la facilidad de uso, así como para facilitar la limpieza del equipo, evitar un filtrado posterior al tratamiento térmico y con ello la posible contaminación del mosto, lo más recomendado es utilizar el extracto y comprimidos de lúpulo.

La proporción de lúpulo agregado depende del amargor que se desee en la cerveza y del porcentaje de α -ácidos que contenga el lúpulo o sus productos. La cantidad de iso- α -ácidos en la cerveza no corresponden con la cantidad de α -ácidos contenida en el lúpulo o sus productos y añadida durante la ebullición del mosto. Las pérdidas pueden variar desde 30% hasta 90% dependiendo de varios factores como el tipo y cantidad de lúpulo usado, la intensidad y la duración de la ebullición, la composición del mosto y el procesamiento subsecuente. Los α -ácidos se disuelven más fácilmente, en orden descendente, cuando provienen de los extractos, comprimidos y por último de la flor.²⁵

Las Unidades Internacionales de Amargor o *International Bitterness Units* (IBU) son una escala creada por la *European Brewery Convention* junto con la *American Society of Brewing Chemists* para medir el amargor en una cerveza en miligramos

de iso- α -ácidos por litro de cerveza y tiene un intervalo de 0 a 100 aunque algunas cervezas contienen un mayor número de IBU's³⁵.

Para calcular la cantidad de lúpulo que se desea agregar para obtener ciertas unidades de amargor se debe conocer la proporción α -ácidos contenidos en el lúpulo o sus productos. Así para realizar por ejemplo un lote de 50 litros de cerveza que cuente con 18 IBU, se necesitan:

$$50 L \left(\frac{18 \text{ mg de iso} - \alpha - \text{ácidos}}{L} \right) = 900 \text{ mg de iso} - \alpha - \text{ácidos}$$

Si se cuenta con un lúpulo con 5% de α -ácidos con una eficiencia de extracción y conversión del 30%, se tiene que la cantidad de lúpulo requerida es:

$$0.9 \text{ g de iso} - \alpha - \text{ácidos} \left(\frac{100 \text{ g } \alpha - \text{ácidos}}{30 \text{ g iso} - \alpha - \text{ácidos}} \right) \left(\frac{100 \text{ g lúpulo}}{5 \text{ g } \alpha - \text{ácidos}} \right) = 60 \text{ g de lúpulo}$$

Una prueba rápida que se realiza para el lúpulo o productos de éste que serán usados para la elaboración de cerveza en la Planta Piloto es sensorial. Se debe revisar que se encuentren libres de cualquier aroma desagradable como a emmohecimiento, a “queso” o rancio. Debe tener un color uniforme y no dejar residuos pegajosos cuando se toca.³⁶ Esto deberá registrarse en el siguiente formato:

Tabla 10. Formato de registro de la calidad física del lúpulo.

CALIDAD FÍSICA DEL LÚPULO Y SUS PRODUCTOS	
Origen:	Remitido por:
Fecha de muestreo:	Realizado por:
Observaciones:	
Pruebas Sensoriales	
Defectos o alteraciones:	<input type="checkbox"/> Infestaciones <input type="checkbox"/> Hongos <input type="checkbox"/> Impurezas

Olor:	Color:
Presenta residuos pegajosos:	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
% Humedad de la muestra:	
Fecha de análisis:	Nombre y firma del analista(s) responsable:
Uso recomendado:	

4.4.4 Levadura

Son organismos eucariontes unicelulares y cuyos hábitats naturales son las superficies de tejidos vegetales, incluidos frutos y flores. La mayoría son aerobios obligados, aunque algunos como *Saccharomyces cerevisiae* son anaerobios facultativos (Figura 16). Los mecanismos de control que dirigen el tipo de metabolismo de la célula de la levadura (es decir, por respiración aeróbica o fermentación) depende de la concentración de carbohidratos y oxígeno a la que se encuentren expuestas. Es capaz de utilizar gran variedad de mono, di y oligosacáridos. Las altas concentraciones de carbohidratos provocan que la célula cambie al modo de fermentación y que el piruvato se metabolice, vía acetaldehído a etanol. Cuando la concentración de azúcares es elevada, la célula no necesita generar tantas moléculas de ATP por molécula de azúcar, mientras que si el suministro de azúcares es limitado, la levadura debe maximizar la eficiencia de la utilización de esa molécula, obteniendo así por vía anaerobia 2 moléculas de ATP, mientras que por vía aerobia se producen 32 moléculas de ATP por cada molécula de azúcar.

Sus demandas nutricionales son sencillas, siendo heterótrofos (oxidan moléculas orgánicas para obtener energía) requieren una fuente de carbono reducida, varios minerales, una fuente de nitrógeno como sales de amonio aunque también utilizan aminoácidos y urea, además de algunas vitaminas entre las que se encuentran la biotina, el ácido pantoténico y la tiamina.³⁷

Antes de que el proceso de fermentación comience, el mosto es aireado. Como resultado de esto, los carbohidratos son degradados aeróbicamente a través de la glucólisis y el ciclo de Krebs, durante las primeras horas del proceso. Una fermentación efectiva del mosto produce etanol y dióxido de carbono por la ruta metabólica Embden-Meyerhof-Parnas. La levadura contribuye en el desarrollo del sabor en bebidas fermentadas con algunos compuestos que son producidos durante la fermentación y que dependen de la materia prima y de la cepa de levadura utilizada. Entre los subproductos del metabolismo de la levadura que a su vez son compuestos activos que dan sabor a la cerveza se encuentran los alcoholes superiores, ésteres, ácidos orgánicos y algunos ácidos grasos. ²⁶

En la elaboración de cerveza se usan dos tipos de levaduras, las levaduras de fermentación alta (*Saccharomyces cerevisiae*) o levadura tipo *Ale* y la levadura de fermentación baja (*Saccharomyces pastorianus*) o levadura tipo *Lager*. La levadura tipo *Ale* generalmente es usada en fermentaciones con temperaturas mayores a 15°C, mientras que la levadura tipo *Lager* es usada en fermentaciones a temperaturas menores a 17°C. ²⁵

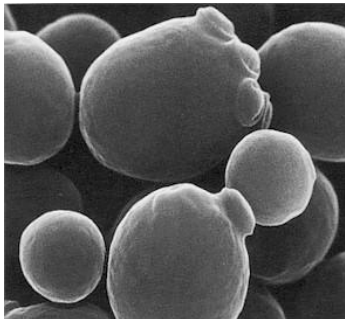


Figura 16. *Saccharomyces cerevisiae*

Para fines de elaboración de la cerveza, la levadura que se propone usar debe²⁵:

- ✓ Ser la cepa adecuada
- ✓ Estar libre de otros microorganismos
- ✓ Viable
- ✓ Ser capaz de fermentar activamente
- ✓ Encontrarse en la concentración adecuada para comenzar la fermentación

4.4.4.1 Levadura utilizada en la PPE

En la PPE se utiliza levadura en *micropellets* (Figura 17) y *stocks* de un cultivo puro o también llamado cultivo madre, ambos de la cepa *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales son cepas especialmente aislada y adaptadas para la producción de cerveza tipo *Ale*.

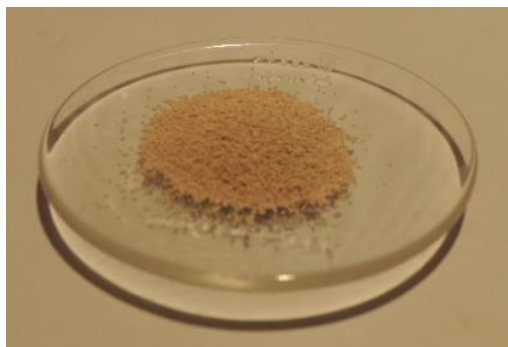


Figura 17. Levadura en *micropellets*.

Algunas de las propiedades que presenta la levadura en *micropellets* son³⁸:

- Propiedades microbiológicas:

Tabla 11. Propiedades microbiológicas que presenta la cepa seca por gramo.

Característica	Valor
Porcentaje de sólidos	93-95%
Células vivas de levadura	mayor o igual a 5×10^9
Levaduras salvajes	$< 10^3$
Bacterias	$< 10^5$

- Propiedades en la elaboración de cerveza:

-Puede completar la fermentación en 4 días a temperaturas por arriba de 17°C.

-Flocula al terminar la fermentación siempre y cuando se mantenga a temperaturas de enfriamiento y puede ayudarse de agentes desenturbiantes.

-Puede reducir ligeramente los niveles de amargor del lúpulo debido a la floculación.

La calidad de la levadura que será utilizada en la elaboración de cerveza en la Planta Piloto se realiza sensorialmente. Se debe revisar que se encuentre libre de cualquier aroma desagradable. Debe tener un color uniforme y no contener aglomerados. Si se requiere, se debe hacer un análisis microbiológico. Esto deberá registrarse en el siguiente formato:

Tabla 12. Formato de registro de la calidad física de la levadura en *micropellets*.

CALIDAD FÍSICA DE LA LEVADURA	
Origen:	Remitido por:
Fecha de muestreo:	Realizado por:
Pruebas Sensoriales	
Olor:	Color:
Presenta aglomeraciones:	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Pruebas microbiológicas	
Observación microscópica <input type="checkbox"/> Levaduras <input type="checkbox"/> Bacterias gram positivo <input type="checkbox"/> Bacterias gram positivo <input type="checkbox"/> Otro microorganismo. Especificar tipo: _____ Foto o dibujo de observación microscópica y descripción:	
Fecha de análisis:	Nombre y firma del analista(s) responsable:

5 LA PLANTA PILOTO EDUCACIONAL CERVECERA

La Planta Piloto Educacional de Cerveza *Didacta* TA263D fue donada en 2009 por Grupo Modelo a través del Patronato de la Facultad. Integrada por un Molino de Malta, un Bloque Caliente conformado por una caldera, el tanque de sacarificación, un filtro y un Bloque Frío conformado por tres tanques de fermentación. Esta Planta Piloto fabricada en acero inoxidable con una inversión inicial de cuatro millones de pesos, tiene la capacidad para poder producir simultáneamente 3 lotes de 100 litros de cerveza cada uno.

En esta Planta los alumnos que cursan la asignatura Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LABTEC) clave 1809, preparan dentro del módulo Tecnología de Cereales, lotes de cerveza como experiencia práctica dentro de una línea de producción prefabricada y automatizada conociendo las condiciones y variables que afectan el proceso productivo cervecero³⁹.

Mediante la elaboración de lotes a nivel piloto se ha hecho hincapié en los fundamentos y metodologías relacionados con la transferencia de masa y energía, así como de los controles fisicoquímicos de un producto terminado que cumple con los requisitos requeridos por el Departamento de Alimentos y Biotecnología y con algunos parámetros requeridos por algunas legislaciones. De igual forma, ha sido factible poner en práctica las técnicas, habilidades y conocimientos adquiridos en cursos anteriores como: Biotecnología (1888), Bioquímica (1501,1601), Microbiología (1448,1588), Química de Alimentos (1685), Análisis de Alimentos (1788) y Análisis Sensorial (1682).

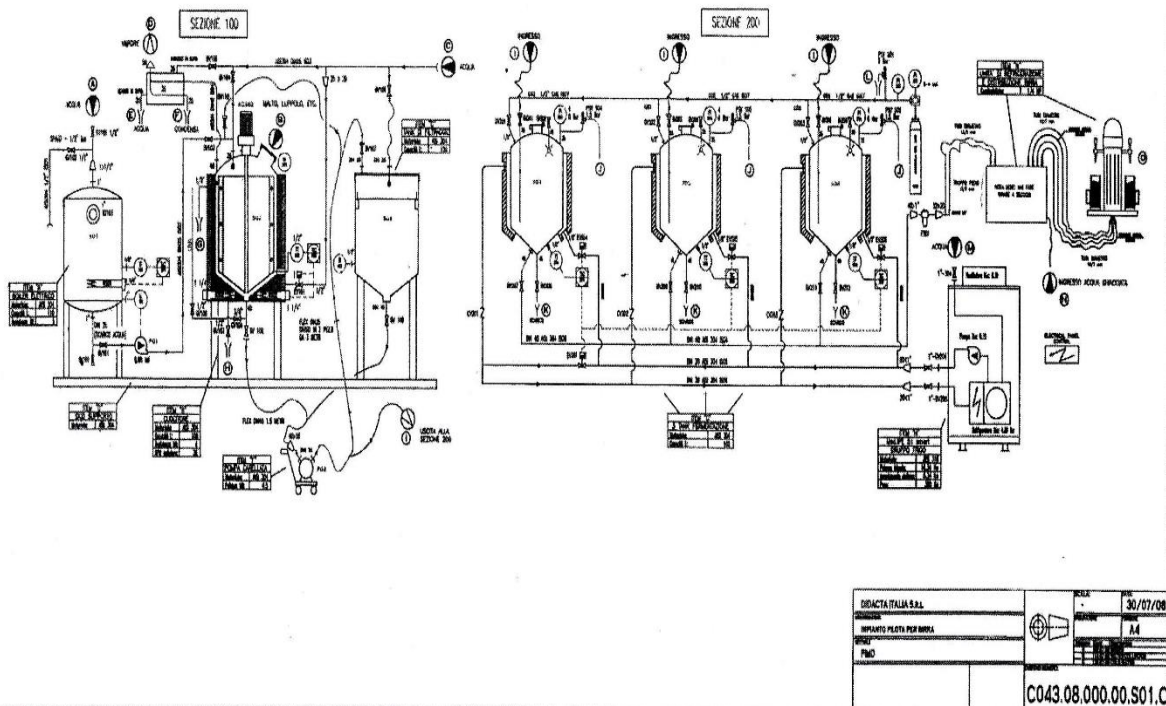


Figura 18. Plano de la Planta Piloto Educacional Cervecera



Figura 19. Planta Piloto Educacional Cervecera

Mediante esta experiencia práctica dentro de la planta piloto se han generado también recursos humanos al realizar protocolos y trabajos aportados por un conjunto de alumnos que cursan la asignatura Estancia Estudiantil clave 1906, alumnos que realizan su tesis y alumnos de Servicio Social observándose una amplia participación de profesores del Departamento de Alimentos y Biotecnología del área de docencia y de investigación.

5.1 Proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa

Cervecera

El presente trabajo aunque también se basa en informes de actividades semestrales anteriores, se desarrolló en el laboratorio 4-A y en la Planta Piloto Educativa Cervecera ubicada en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química durante el semestre 2013-1 y 2013-2 dentro del programa “Desarrollo y Caracterización de Cervezas de Tipo Artesanal, Utilizando Como Adjuntos Productos Endémicos Mexicanos y Otros Subproductos de la Industria Alimentaria Como Suero de Leche” dentro del proyecto PE200912, financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME), por lo cual se describirá la metodología empleada actualmente.

Durante este periodo se realizaron 3 lotes de cerveza en la Planta Piloto Educativa de Cerveza como parte de la formación académica de los alumnos de Laboratorio de Tecnología de Alimentos clave 1809 dentro del módulo de Tecnología de Cereales.

5.2 Diagrama de Elaboración de Cerveza Planta Piloto Educational



Figura 20. Diagrama general del proceso de elaboración de cerveza en la PPE.

5.3 Procedimientos de Operación Estándar en la Planta Piloto Educativa de Cerveza.

Todo el proceso puede realizarse en aproximadamente 17 a 29 días, dependiendo del tiempo que se dedique a la maduración de la cerveza. La propagación y reactivación de cultivos pueden llevarse a cabo cada uno de 3 a 4 días. La molienda, sacarificación, filtración, ebullición, enfriamiento, aireación e inoculación, se llevan a cabo en un día. Para la fermentación es necesario monitorear y esta dura de 3 a 5 días, mientras que la maduración puede realizarse en un tiempo 7 a 15 días o más.

5.3.1 *Propagación de cultivo*

La propagación de la levadura se realiza en medio de cultivo líquido YPD el cual contiene 2% extracto de levadura, 2% peptona y 1% glucosa. Se inocula al 1% del *stock* o cultivo madre de levadura que se tiene y se incuba a 30°C durante 48 horas con agitación continua de 150 RPM. Al terminar la incubación se refrigera el medio de 2-4°C hasta su reactivación para ser usado en la fermentación.

➤ Punto de control:

Se debe asegurar que el medio de cultivo se esterilice completamente para evitar contaminación bacteriana o con algún hongo. Se pueden realizar periódicamente observaciones directas en el microscopio y conteo para asegurar que el cultivo madre de la levadura se conserve puro. La observación microscópica deberá presentar únicamente blastoconidios que midan de 2-4 μm de tamaño, con gemas de la mitad de su tamaño.

5.3.2 *Reactivación de cultivo*

Para reactivar las levaduras del cultivo madre es necesario realizar un medio de cultivo fresco con la siguiente concentración: 1% Peptona, 1% Extracto de levadura y 10% Fuente de carbono como sacarosa o extracto de malta. El medio de cultivo se debe esterilizar en el reactor o microfermentador (Figura 21) para asegurar la pureza de la cepa.

El cultivo madre se lleva a temperatura ambiente antes de propagarlo en el microfermentador con una agitación de 200 rpm, aireación de 1vvm y a temperatura ambiente. Esta operación se debe realizar por lo menos 36 horas antes de ser utilizado el inóculo para el tanque fermentador de la planta piloto.

➤ Punto de control:

El medio de cultivo se debe esterilizar en el reactor o microfermentador para asegurar la pureza de la cepa. Para controlar la pureza se realiza un frotis y se observa al microscopio.



Figura 21. Microfermentador Microgen Fermentor.

5.3.3 Molienda de la malta

Antes de moler la malta se debe pesar la cantidad de malta base o *Pilsen* y maltas especiales con las que se formulará la cerveza. Típicamente, 2-4 hL de agua son usados para 100 kg de malta, dependiendo del método de preparación seleccionado y de la densidad de la cerveza producida.²⁶ Para elaborar cerveza en la PPE se utilizan 0.5 hL de agua para 10 kg de malta base y las maltas especiales se agregan en cantidades de 1 a 2 kg dependiendo del tipo o estilo de cerveza que se desee realizar para la misma cantidad de agua. La molienda de la malta se lleva a cabo en

el molino para cereales Didacta Italia modelo TA264D (Figura 22), a un tamaño mediano.



Figura 22. Molino de para cereales Didacta Italia modelo TA264D.

Para accionar el molino es necesario⁴⁰:

1. Activar los seguros de las patas del molino.
2. Verificar que la protección de la correa trapezoidal y la rejilla de seguridad en la descarga hayan sido montados, ajustados y sujetados correctamente.
3. Colocar y amarrar con la correa la bolsa o costal donde se recolectará la malta molida.
4. Conectar el equipo.
5. Verificar que no haya ningún grano entre los rodillos del molino, de ser así hay que abrir la excéntrica con la compuerta cerrada y encender el motor por unos instantes.
6. Regular la distancia entre los rodillos (nunca regular la distancia durante el funcionamiento del rodillo).
7. Encender el motor.
8. Vaciar lentamente la malta molida controlando que el flujo del grano no sea demasiado rápido para que toda la malta pueda pasar por el magneto del molino.

Una vez obtenida la malta con el tamaño de partícula deseado se procede a llevarla al cocedor para realizar la sacarificación.

Nota: A partir de esta etapa del proceso toda persona involucrada en el proceso debe portar bata blanca de algodón con manga larga, cofia, cubrebocas y calzado de seguridad (Figura 23).



Figura 23. Personal portando la vestimenta adecuada de acuerdo a las BPM.

➤ Punto de control:

La molienda se considera un punto de control ya que es necesario que la malta se triture al momento de empezar el proceso y no almacenarla ya triturada para evitar reacciones de oxidación de ésta y con ello cambios que afecten el proceso y el producto final. También es importante controlar y verificar que el tamaño del grano sea mediano para promover una buena sacarificación, evitar una filtración deficiente y por tanto turbidez excesiva. Por último es importante que toda la malta pase por el magneto del molino para asegurar que en caso de contener algún metal éste sea atraído.

5.3.4 Sacarificación

En la planta piloto se realiza una sacarificación simple usando 2 temperaturas, en la primera se disuelven los sustratos de las enzimas, se favorece la proteólisis, la degradación de los β -glucanos existentes, la acción de las pentosanasas y aun cuando la temperatura no es la óptima para la β -amilasa ésta puede funcionar; en la segunda se ve favorecida principalmente la hidrólisis del almidón por la α -amilasa.



Figura 24. Tanque de cocimiento/sacarificación SO2 de la Planta Piloto Educativa para elaborar Cerveza modelo TA263D.

La operación se efectúa en el tanque cocedor SO2 (Figura 24) con una capacidad de 100 L, cubierta térmica de 6 kW y mezclador con capacidad de 100 RPM.³² Para encender el tablero eléctrico de control de la PPE (Figura 25) y fijar las condiciones de proceso se siguen los siguientes pasos:

- 1) Encender el interruptor eléctrico general de la PPE.
- 2) Encender el interruptor eléctrico general del tablero activando la perilla *ON/OFF* en posición *ON*.
- 3) Presionar el botón *RESET* hasta que se encienda la luz blanca de éste.

- 4) Para fijar temperatura con el control automático o manual de la resistencia en la caldera o tanque SO1 y la bomba para controlar el paso del agua al tanque cocedor, se utiliza la primera línea de botones superiores de control.
- 5) Para fijar las condiciones de temperatura y agitación en el tanque de cocimiento SO2 se utiliza la tercera fila de botones de control de arriba hacia abajo.



Figura 25. Tablero de control de la Planta Piloto Educativa.

Para fijar las condiciones de temperatura en los tanques SO1, SO2, SO4, SO5 y SO6:

- 1) En el control electrónico se pueden apreciar 2 cifras que indican la temperatura.
- 2) Para modificar la temperatura (*set point*) se siguen los siguientes pasos:
 - a. Presionar la tecla *SET* una vez.
 - b. Presionar la tecla de incremento ▲ o decremento ▼ para aumentar o disminuir el valor de la temperatura de acuerdo a lo que se requiera.

Se precalienta agua potable a 50°C, una vez llegada a esta temperatura, se mide el pH con papel indicador o potenciómetro, el cual debe de estar alrededor de 6. De ser necesario habrá que ajustar éste con ácido fosfórico concentrado, agregando 1 mL y dejando agitar por un minuto activando el botón de agitación *START/STOP* Agit. SO2, después verificar nuevamente el pH y si es necesario repetir la operación.

Una vez que se consigue llegar al pH deseado, se procede a subir la temperatura del tanque entre 50- 60°C, se adiciona la malta molida introduciendo un recipiente por la tapa del tanque, cuidando que se deje caer cerca del nivel del agua y una vez agregada toda esta se cierra el tanque, se asegura y se mantiene a esta temperatura con agitación, activando el agitador AGSO2 desde el tablero de control eléctrico de 50 RPM durante 30-60 min.

Al terminar este ciclo de tiempo y temperatura se procede a subir la temperatura a 70°C y se deja durante 30-60 min con agitación constante.

➤ Punto de control:

El control de temperatura es importante en este punto ya que afecta la actividad enzimática y consecuentemente el grado de alcohol, la estabilidad de la espuma, la turbidez y cuerpo del producto final entre otras características.

5.3.5 Filtración

La filtración del mosto se efectúa en el tanque de filtrado SO3 de acero inoxidable (Figura 26), el cual tiene una capacidad de 120 L y con un tamaño de malla de filtrado de 1 mm. El propósito de esta operación es separar el líquido o mosto dulce de los residuos sólidos o grano de malta gastado y así evitar que se obstruya la salida del tanque fermentador.

Finalizando la sacarificación el mosto se bombea al tanque de filtración haciendo uso de la bomba y las mangueras sanitarias, desde la válvula de salida BV 108 del

depósito de cocción SO2 hasta el tanque de filtrado SO3 por la parte de arriba (Figura 26). Antes de realizar esta operación debe asegurarse que la llave de salida BV109 del tanque de filtrado esté completamente cerrada y apagar la resistencia eléctrica RSO1 con el botón de calentamiento del tanque de cocción.



Figura 26. Tanque de filtración SO3 de la Planta Piloto Educativa para elaborar Cerveza (derecha) y personal transfiriendo el mosto al tanque de filtrado (izquierda).



Figura 27. Filtración del mosto en el tanque SO3.

Al terminar de haber filtrado todo el líquido, se procede a transferir éste nuevamente desde la válvula de salida BV 109 del tanque SO3 al tanque SO2 por la entrada ubicada en la parte superior de éste (Figura 28). De ser necesario debe realizarse una segunda filtración.



Figura 28. Personal transfiriendo el mosto desde el tanque SO3 al SO2.



Figura 29. Grano de malta gastado y cascarilla.

Se puede también agregar agua caliente al bagazo dentro del filtro para lavar el bagazo (granos gastados y cascarilla) y extraer el mosto que aún lo impregna. Al terminar la operación el bagazo escurrido se deposita en una bolsa grande de plástico para su confinamiento.

➤ Punto de control:

Se debe asegurar que el tamaño de poro del filtro sea el adecuado para poder retener el grano gastado.

5.3.6 Ebullición o cocción del mosto

Una vez que el mosto ya filtrado es regresado al tanque cocedor SO₂ y se agrega el lúpulo, se cierran todas las entradas y se mantiene en ebullición durante 30-60 min con agitación constante. Si se desea agregar lúpulos especiales con la finalidad de aromatizar será necesario agregarlo entre 15 y 20 minutos antes de concluir el ciclo de tiempo y temperatura. Finalizado esto es importante apagar el botón de calentamiento del tanque de cocción.

Al final de esta operación se obtiene el mosto aromatizado y saborizado. Los sólidos insolubles del lúpulo o de sus productos ya agotados precipitan al final de ésta operación. En la PPE es recomendado utilizar lúpulo en *pellets* o comprimidos para facilitar la limpieza del equipo, así como para evitar un filtrado posterior al tratamiento térmico y con ello la posible contaminación del mosto.

- **Punto Crítico de Control (PCC):**

Se ha identificado esta operación como un punto crítico de control debido a que aun cuando se siguen las prácticas de higiene y sanidad adecuadas durante el proceso, si esta operación no se lleva a cabo adecuadamente se tiene un riesgo microbiológico. Además de representar un factor de riesgo para la salud del consumidor, la fermentación no se llevaría a cabo debido a una alta competitividad por el sustrato de la levadura con otros microorganismos.

5.3.7 Enfriamiento y aireación

Antes de inocular el fermentador es necesario enfriar el tanque SO4, SO5 o SO6, según la disponibilidad de tanques a temperaturas por debajo de los 28°C. Mediante el enfriador *ítem H* se controla la temperatura del tanque SO4, SO5 o SO6 y se activa de la siguiente manera⁴¹:

- 1) Activar el interruptor de *ON/OFF* del compresor en la posición "1".
- 2) En el control electrónico (Figura 30) se pueden apreciar 3 cifras que indican la temperatura del refrigerante con visualización automática de decimales desde los -19.9°C hasta los 19.9°C. A temperaturas más bajas hasta -30°C o más altas hasta 20°C la visualización no contiene decimales.
- 3) Para modificar la temperatura del agua o refrigerante (*set point*) se siguen los siguientes pasos:
 - a. Presionar la tecla de selección SEL por 5 segundos.
 - b. Presionar la tecla de decremento ▼ dos veces consecutivas.
 - c. Presionar nuevamente la tecla SEL.
 - d. Presionar la tecla SEL una vez más.
 - e. Presionar la tecla de incremento ▲ o decremento ▼ para aumentar o disminuir el valor de la temperatura de acuerdo a lo que se requiera.
 - f. Presionar la tecla SEL.
 - g. Presionar la tecla de programación PRG tres veces consecutivas para fijar la nueva temperatura y volver a la visualización normal en el control electrónico.



Figura 30. Control electrónico del compresor.

Una vez programada la temperatura del refrigerante se procede a verificar que las válvulas de retención CV201, CV202 o CV203 según el caso se encuentren abiertas para que el refrigerante pueda pasar a la cubierta térmica del tanque. Posteriormente se debe fijar la temperatura a la cual se requiere se encuentre el tanque de fermentación en el tablero de control modificando el “*set point*” en la cuarta fila del tablero de control donde se localizan tres controles electrónicos para manipular la temperatura de los tanques SO4, SO5 y SO6.

Una vez que el tanque alcanza la temperatura deseada se vierte el mosto lupulado desde el tanque SO2 al tanque de fermentación cerrando previamente las válvulas de salida BV207 y BV208 para el caso del tanque SO4, BV209 y BV210 para el caso del tanque SO5, BV211 y BV212 para el caso del tanque SO6. El mosto es bombeado desde la válvula de salida BV 108 del depósito de cocción SO2 a la parte de arriba del tanque de fermentación.

Cuando el mosto lupulado se encuentra en el tanque de fermentación debe airearse antes de inocularlo (Figura 31). Para esto es necesario que se tenga un filtro previamente esterilizado ya que el aire con el que se cuenta no es estéril. Se burbujea aire en el tanque abierto durante 20-30 min.



Figura 31. Aireación del mosto en el tanque de fermentación SO4, SO5 o SO6.

➤ Punto de control:

La temperatura del mosto se debe controlar ya que si está muy alta es posible que las levaduras se inactiven o mueran al ser inoculadas y si está muy baja el inicio de la fermentación se retrasa. La aireación también se debe asegurar para favorecer el metabolismo de la levadura.

5.3.8 Fermentación

Para obtener 10 millones de UFC/mL en el mosto la cantidad de levadura agregada en *micropellets* debe ser de 1 g por cada litro de mosto. Esta levadura debe pesarse en condiciones estériles para evitar su contaminación e hidratarse durante 15 min sin remover, esto se realiza ya sea en agua estéril o en el matraz, microfermentador o reactor en el que ya se activó previamente la levadura del cultivo madre o *stock*. Después de este tiempo se remueve sin introducir ningún objeto al recipiente, esto es para suspender la levadura y se pueda agregar al tanque de fermentación una vez que la temperatura de éste se encuentre alrededor de 20°C, no por debajo de 18°C ni por encima de 28°C.³² Una vez que se haya inoculado se procede a bajar la temperatura desde el tablero de control a 17°C.

Un indicador de que la fermentación se está llevando a cabo o ha finalizado es la trampa de CO₂ en la cual se debe abrir la válvula PSVSO4-SO5-SO6 lo suficiente para dejar escapar éste y colocar un recipiente transparente con agua al final de la tubería para observar el burbujeo del gas que es producido por las levaduras durante la fermentación (Figura 32).



Figura 32. Tanque fermentador SO4/SO5/SO6 de la Planta Piloto Educativa con trampa de CO₂.

➤ Punto de control:

La cantidad de levadura pesada debe ser la adecuada para asegurar que el mosto tenga la concentración final idónea evitando así la posible contaminación con bacterias o algunos hongos y para tener la garantía de que la fermentación se llevará a cabo. Además se debe vigilar que la hidratación sea correcta siguiendo todas las especificaciones para no inactivar o destruir las células.

5.3.9 Muestreo

La fermentación es monitoreada (Tabla 13) a partir de que se inocula (tiempo cero) cada 24 horas observando el burbujeo producido y tomando muestras para medir el porcentaje de sólidos solubles totales (SST) hasta que estos hayan bajado lo suficiente y se mantengan. Dependiendo del tipo de cerveza elaborada se espera que para cervezas *Lager* el porcentaje de SST inicial se encuentre alrededor de 8% y para cervezas *Ale* alrededor de 11% bajando al final de la fermentación alrededor de 2-3% para ambos tipos.

Es necesario extraer sólidos por las válvulas de salida del tanque de fermentación cada 24 horas, ya que aquí se precipitan las proteínas y complejos proteína-taninos, además de la levadura que una vez que termina la fermentación se precipita también.

Tabla 13. Formato de monitoreo de fermentación.

Registro de control de muestreo durante fermentación							
Lote: _____							
Fecha de elaboración: _____							
Grupo encargado del proceso: _____							
Tiempo de fermentación en horas	Tamaño de muestra	¿Presenta sólidos?	% SST	% Azúcares reductores	% de alcohol	Observaciones	Nombre y firma de responsable
0							
24							
48							
72							
96							
120							
...							

La extracción de sólidos y la toma de muestra se realizan por las válvulas de salida del tanque de fermentación adaptando la llave muestreadora. Después de haber realizado esta operación se procede a enjuagar con abundante agua a presión las válvulas y se dejan secar al aire.

Al terminar la primera fermentación se obtiene lo que se conoce como “cerveza verde”, la cual debe ser sometida a una segunda fermentación llamada maduración.

5.3.10 Maduración

En la PPE la maduración de la cerveza se realiza en el mismo tanque de fermentación. Antes de bajar la temperatura y presurizar con CO₂, es necesario burbujear CO₂ desde el contenedor del gas hasta la parte de arriba del tanque fermentador, a una presión entre 50 y 140 kPa aproximadamente con la llave de la tapa abierta con el fin de desplazar el oxígeno disuelto en la “cerveza verde” y el que se encuentra dentro del tanque y de esta manera crear el ambiente anaeróbico.



Figura 33. Tanque de CO₂.

La operación se realiza con las válvulas PSVSO4-SO5-SO6 completamente cerradas, durante 10 minutos y después se procede a cerrar completamente el tanque y bajar la temperatura de éste de -1 a 5°C.

El tanque se presuriza con CO₂ hasta una presión mayor de 50 kPa y hasta 150 kPa.



Figura 34. Manómetro del tanque de fermentación.

La maduración puede durar más de 7 días, en los cuales es necesario seguir extrayendo los sólidos que se asientan en el tanque por cualquiera de las válvulas inferiores y presurizar manteniendo una presión cercana a 100 kPa en el tanque.

➤ Punto de control:

Se tiene que presurizar el tanque y mantener la presión adecuada para obtener una bebida gasificada y ayudar a la estabilidad de la espuma en el producto final.

5.3.11 Producto terminado

Una vez que el proceso de maduración concluye, la cerveza está lista para consumirse y se descarga el producto por cualquiera de las válvulas de salida.

Se considera que la cerveza elaborada en la Planta Piloto se toma fresca (antes de 15 días después de envasada) y en ocasiones se lleva a cabo una segunda fermentación dentro del envase para mejorar la gasificación, lo cual se consigue agregando a la cerveza sacarosa a una concentración de 1% y dejando fermentar de 2 a 3 días a temperatura ambiente. Para realizar la segunda fermentación también conocida como *krausening*, es necesario contar con un envase que sea de un material suficientemente resistente, no deformable y que selle herméticamente.

Cuando se envasa la cerveza sin filtrar, ya sea en barril o en botella, ésta puede tener un tiempo considerable de vida útil siempre y cuando se mantenga en refrigeración, perfectamente cerrada herméticamente y no se destape, aun cuando no haya pasado por un proceso de pasteurización. La inestabilidad biológica implica la contaminación por bacterias, levaduras, hongos o micelios. Siempre existe un riesgo de que la cerveza pueda contaminarse por microorganismos. Afortunadamente, la cerveza tiene un ambiente inhóspito para el crecimiento de estos debido a las condiciones de bajo pH (menor a 5), contenido alcohólico, contenido de sustancias bacteriostáticas propias del lúpulo, una gama limitada de nutrientes, el ambiente anaerobio y alta concentración de levadura que se tiene en el producto final.

➤ Punto de control:

La cerveza puede envasarse en botellas de vidrio ámbar con tapón de cerámica, en barriles de acero inoxidable o en algún otro recipiente donde mantenga sus propiedades, preferentemente bien tapada para evitar la desgasificación y hecho de un material que proteja al producto de la luz. Cabe mencionar que todos los envases en los que se deposite la cerveza deben estar previamente lavados y sanitizados con solución de peróxido o algún otro desinfectante. El producto debe almacenarse de preferencia a temperaturas de refrigeración y se recomienda consumirlo frío.



Figura 35. Embotellado del producto en recipientes de vidrio ámbar con tapón de cerámica utilizando la llave muestreadora.



Figura 36. Cerveza producida en la Planta Piloto Educativa.

5.3.12 Análisis de muestras

La toma de muestras para su posterior análisis fisicoquímico, la realiza el grupo de LABTEC responsable del proceso. Estas determinaciones incluyen el análisis de sólidos solubles totales utilizando el refractómetro portátil, carbohidratos reductores por espectrofotometría mediante el método de reactivo de DNS (Ácido 3,5-dinitrosalicílico) y grado de alcohol por cromatografía de gases.

Se deberá llevar un registro de éstas determinaciones de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 14. Registro de análisis de muestras.

Registro de análisis y seguimiento del lote de cerveza elaborado: _____						
Durante el semestre: _____						
Grupo: _____						
Profesor (es) encargado(s): _____						
Muestra	Fecha y hora de muestreo	Fecha de análisis	% Sólidos Solubles Totales	% azúcares reductores	% de alcohol	Observaciones:
1						
2						
3						
...						

5.3.13 Tratamiento y disposición de residuos

La mayor parte de los residuos generados son de carácter orgánico y algunos de ellos se generan en grandes cantidades, estos son:

- ⇒ Grano gastado de malta.
- ⇒ En el caso de utilizar flor de lúpulo sus residuos.
- ⇒ Sólidos de proteínas, complejos taninos-proteínas-carbohidratos.
- ⇒ Levadura.
- ⇒ Bolsas de plástico, envolturas y costales.
- ⇒ Agua residual proveniente de operaciones de limpieza.

Tanto el bagazo como la levadura deben ser considerados como subproductos, ya que tienen valor como materia prima para otras actividades como la alimentación animal y humana, industria farmacéutica entre otras⁴².

Los residuos generados en la planta como el grano gastado y los sólidos que se precipitan en el tanque fermentador (*trub* y levadura) se confinan para su posterior tratamiento como residuos orgánicos.

5.4 Buenas Prácticas de Manufactura

Todas las personas tienen derecho a consumir alimentos aptos y que sean inocuos. De acuerdo con el *Codex Alimentarius*, inocuidad es la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso al que se destine. Esto significa que el alimento será sano y no producirá enfermedad en el consumidor, es decir, que la materia o materias primas utilizadas no serán capaces de producir enfermedad, así como no lo serán los procedimientos empleados durante su elaboración.

Los alimentos son la principal fuente de exposición del ser humano a los agentes patógenos o tóxicos. Por esta razón, los alimentos contaminados con niveles inadmisibles de agentes patógenos, contaminantes químicos u otros elementos potencialmente peligrosos para la salud de los consumidores, son una de las principales causas de enfermedad en el ser humano.

Las enfermedades de transmisión alimentaria y los daños provocados por los alimentos pueden ser desagradables e incluso fatales pero existen además, otras consecuencias. Los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos y el deterioro de éstos pueden perjudicar al comercio y al turismo, provocar pérdidas de ingresos, desempleo y puede influir negativamente en la confianza de los consumidores. Por consiguiente, es imprescindible un control eficaz de la higiene, con el fin de evitar las consecuencias perjudiciales que derivan de las enfermedades y los daños provocados por los alimentos y por el deterioro de los mismos en la salud y la economía.⁴³

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) o *Good Manufacturing Practices* (GMP), redactadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), es un sistema para controlar y garantizar que los productos son elaborados de acuerdo con normas de calidad apropiadas para el uso previsto y según lo requerido por las especificaciones del producto. Son aplicables en las operaciones de fabricación de farmacéuticos, cosméticos, productos médicos y alimentos para contribuir a que éstos sean inocuos y aptos para uso y consumo humano. Las BPM comprenden actividades a instrumentar y vigilar sobre las instalaciones, equipo, utensilios,

servicios, el proceso en todas y cada una de sus fases, control de fauna nociva, manejo de productos, manipulación de desechos, higiene personal, entre otros⁴⁴.

En México es la Norma Oficial Mexicana **NOM-251-SSA1-2009** “Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios” en conjunto con el Manual Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad expedido por la Secretaría de Salud quienes regulan y dan la pauta para implementar las BPM, establecen los requisitos mínimos de higiene que deben observarse en la elaboración de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas con el fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso.

El Manual Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad es una serie de lineamientos sobre la aplicación de prácticas adecuadas de higiene y sanidad, para ser aplicados en los establecimientos dedicados a la obtención, elaboración, fabricación, mezclado, acondicionamiento, envasado, conservación, almacenamiento, distribución, manipulación, transporte y expendio de alimentos y bebidas, así como de sus materias primas y aditivos. Estos tienen la finalidad de reducir intoxicaciones en la población consumidora, así como pérdidas del producto al protegerlo contra contaminaciones, medidas que contribuyen a formarle una imagen de calidad y adicionalmente, evitar sanciones legales al empresario por parte de la autoridad sanitaria. Las Prácticas de Higiene y sanidad recomendadas para el proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa de Cerveza se muestran a continuación⁴⁶.

5.4.1 Prácticas de Higiene y Sanidad a seguir en la PPE para Elaborar Cerveza.

Personal: Se considera personal a todos los alumnos, profesores y personas que se encuentren involucradas en alguna parte del proceso de elaboración de cerveza, así como aquellas que se encuentren en contacto con las materias primas, producto en proceso, producto terminado, envases, equipo, utensilios, etc., durante la producción de un lote en la Planta Piloto Educativa Cervecera.

5.4.1.1 Higiene Personal

Todo el personal deberá:

- Usar bata blanca de algodón, de manga larga, cerrada y calzado antiderrapante, ambos limpios y en buenas condiciones.
- Lavarse las manos antes de iniciar el trabajo, después de cada ausencia del mismo, después de ir al baño, después de toser o estornudar y en cualquier momento durante la jornada cuando puedan estar sucias o contaminadas.
- Los operarios deben lavar sus manos a fondo, desde la mitad del antebrazo hasta la punta de los dedos, con jabón y restregando fuertemente, usando cepillo para las uñas y yemas de los dedos, después secar con secador automático o con toalla desechable de papel. Nunca deben usarse toallas de tela.
- Mantener las uñas cortas, limpias y libres de pintura o esmalte.
- Usar cubreboca, asegurando que se cubre nariz, boca y barba.
- Evitar estornudar y toser en el área de trabajo y/o sobre el producto.
- Evitar cualquier contaminación con expectoraciones, mucosidades, cosméticos, cabellos, sustancias químicas, medicamentos o cualquier otro material extraño.
- El cabello debe mantenerse limpio, de ser largo se debe recoger y usar cofia que cubra totalmente el cabello y las orejas durante su estancia en la planta.
- Los bigotes deben ser cortos y mantenerse limpios.
- Fumar, mascar, comer o beber sólo podrá hacerse fuera del Laboratorio de Ingeniería Química.
- Se prohíbe rascarse la cabeza o cualquier otra parte del cuerpo; introducir los dedos dentro de la nariz, orejas o boca; tocarse el cabello y/o el bigote y la cara.
- Se prohíben chicles, dulces u otros objetos en la boca durante el trabajo, ya que éstos pueden caer al producto en proceso.
- Prescindir de plumas, lapiceros, termómetros, lentes, herramientas, alfileres, sujetadores u otros objetos desprendibles en los bolsillos superiores de la bata.

- No se deben usar joyas, ni adornos: broches para el cabello, pasadores, pinzas, aretes, anillos, pulseras y relojes, collares u otros que puedan contaminar el producto, aun cuando se usen debajo de una protección.
- Queda prohibido estrictamente escupir en el área de proceso.
- Mantener un alto grado de limpieza personal. Se requiere que se presenten bañados.
- Evitar que personas con enfermedades contagiosas, erupciones, heridas infectadas o mal protegidas, laboren en contacto directo con el producto.

Aunque los alumnos de LABTEC ya están instruidos sobre las buenas prácticas de higiene y sanidad, todo el personal las debe tener en cuenta, así como conocer la parte del proceso que le toca realizar.

Visitantes: Todos los visitantes, internos y externos tienen que cubrir su cabello, barba y bigote (si son largos), además de usar bata en el área de proceso. No deberán presentar síntomas de enfermedad o lesiones y no deberán comer, fumar, masticar o escupir durante el tránsito por el área de producción. Si éstos se involucran en el proceso deberán seguir los mismos lineamientos que todo el personal. Se recomienda tener un control y registro de los visitantes (Tabla 15).

Tabla 15. Control y registro de visitantes.

Nombre o nombre de responsable de visitantes	Institución de Procedencia	Fecha y hora de visita	Razón de la visita	Cumple con requisitos para entrar a planta	Observaciones:

5.4.1.2 Infraestructura

Materiales

Es recomendable que el edificio e instalaciones sean de construcción sólida y con las condiciones sanitarias adecuadas. Para ello es necesario que los materiales

utilizados en la estructura y para el mantenimiento de ésta, no transmitan directa o indirectamente, sustancias indeseables al producto. Los materiales empleados deben ser fáciles de lavar y desinfectar adecuadamente, ser impermeables y resistentes, no tóxicos ni absorbentes y aceptados por las autoridades competentes.

En pisos el material puede ser de concreto con superficie pulida y sellada. Para las paredes exteriores se pueden emplear los siguientes materiales: ladrillos, tabicón, bloques de concreto mientras que en las paredes interiores pueden ser de los materiales antes señalados o materiales más ligeros incluyendo lámina de acero, tablaroca, cancelería de vidrio, etc. Estos materiales se utilizarán siempre y cuando confieran a techos, pisos y paredes superficies duras, libres de polvo, drenadas, lisas, continuas, sin huecos, impermeables, impenetrables, sin ángulos rectos ni bordes en las uniones (acabado sanitario) para que sean accesibles a la limpieza y no permitan el alojamiento de plagas y microorganismos indeseables.

Áreas cercanas a la planta

En los alrededores de la planta se recomienda evitar condiciones que puedan ocasionar contaminación del producto y proliferación de plagas, tales como:

- Almacenamiento y acumulación de equipo en desuso.
- Existencia de basura, desperdicios y chatarra.
- Formación de maleza, hierbas o pasto de manera excesiva.
- Existencia de áreas que originen polvo o tierra en exceso.
- Encharcamiento por drenaje insuficiente o inadecuado. Los drenajes deben tener tapa apropiada para evitar la entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas.

Edificio

- Se recomienda, que en el exterior, el edificio tenga superficies que sean duras y drenadas, de manera que no se generen, encharcamientos, ni lugares que puedan servir de refugio o anidación de plagas.

- Se recomienda disponer de dimensiones proporcionadas a los equipos y a las operaciones que se realicen. Disponer de espacios suficientes para la colocación de los equipos, las maniobras de flujo de materiales, el libre acceso a la operación, la limpieza, el mantenimiento y control de plagas.

Techo, paredes, ventanas, piso y puerta

- Piso

Se recomienda que el piso sea de un material que sea resistente a la carga que va a soportar, a los cambios de temperatura y a los productos químicos o materiales que se manejan. El piso no debe presentarse deteriorado con fisuras o irregularidades en la superficie. Debe tener una pendiente suficiente para evitar encharcamientos y favorecer el flujo del agua hacia el drenaje.

- Paredes

Para recubrir las paredes del área de proceso, se recomienda: losetas, ladrillo vidriado, cerámica, azulejo, mosaico, láminas de P.V.C. o pinturas como la acrílica, la vinílica, la alquídica, epóxica u otras que confieran una superficie lisa e impermeable. Se recomienda, la aplicación de pinturas de colores claros, con la finalidad de facilitar la supervisión de la limpieza.

- Techo

Se recomienda impedir la acumulación de polvo, suciedad y evitar al máximo la condensación debida a los vapores de agua, ya que al condensarse caen y arrastran la contaminación además de que esto facilita la formación de mohos y bacterias. Para evitar esto, los techos deben sujetarse a una limpieza programada y continua, con un intervalo tal que asegure su sanidad.

- Ventanas

Los marcos de las ventanas deben ser de materiales que proporcionen superficies lisas, impermeables, impenetrables, sin bordes y lavables. Los vidrios de las ventanas deben ser de materiales irrompibles o de láminas de plástico transparente,

como el acrílico, para evitar el riesgo de roturas y por lo tanto la posible contaminación con partículas de vidrio. Aquellos que se rompan deberán reemplazarse inmediatamente. Se recomienda que ya que las ventanas comunican con el exterior, deben estar provistas de mallas que eviten la entrada de insectos, roedores, aves y animales domésticos.

- Puerta

Se recomienda tenga una superficie lisa, de fácil limpieza, sin grietas o roturas. Si la puerta contiene compartimientos de vidrio, es recomendable sustituirlos por materiales irrompibles o materiales plásticos, para evitar el riesgo de roturas. La puerta debe abrir de preferencia al exterior y ser fácilmente desmontable para realizar su limpieza.

5.4.1.3 Servicios en la planta

- Abastecimiento de agua

Deberá disponerse de suficiente abastecimiento de agua, a presión adecuada y de temperatura conveniente. Se deberán realizar periódicamente, las siguientes determinaciones en el agua de abastecimiento y verificar que se encuentren dentro de la **NOM-127-SSA1-1994** “Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a los que debe someterse el Agua para su Potabilización”:

- Contenido de Cloro
- Dureza de agua (Contenido de calcio)
- Análisis microbiológicos: (Mesófilos aerobios, Coliformes totales)

- Drenaje

Los drenajes deben ser distribuidos adecuadamente y estar provistos de rejillas para evitar la entrada de plagas provenientes del drenaje. Tanto los pisos como los drenajes deben tener la inclinación adecuada para permitir un flujo rápido y eficiente de los líquidos desechados, evitando así el encharcamiento de estos. Las cañerías

de drenaje deben ser de terminación lisa para evitar la acumulación de residuos y formación de malos olores.

- Iluminación

Se debe tener una iluminación natural o artificial adecuada y ésta no debe alterar los colores. Los focos y lámparas que estén suspendidas sobre el área de producción deben ser de tipo inocuo y estar protegidas para evitar la contaminación de los productos en caso de romperse.

- Ventilación

Deberá proveerse una ventilación adecuada para evitar el calor excesivo, la condensación de vapor y eliminar el aire contaminado. El equipo de ventilación o de extracción de aire, para remover el aire, olores de la planta y para proporcionar ambiente adecuado de trabajo y no deberá ser fuente de contaminación al proceso por arrastre de partículas en el aire.

- Recipientes para la basura

Es necesario especificar, naturaleza y estado físico de los desechos. La basura debe ser removida de la planta al terminar el lote. Se recomienda separar los desechos orgánicos de los inorgánicos.

- Ductos

Los cables no deben estar libres encima de los tanques y el área de trabajo, ya que éstos constituyen riesgos de condensación y acumulación de polvo que contaminan los productos, en su caso deben instalar en tubería y éstas deben ser fáciles de limpiar. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana **NOM-028-STPS-1994** "Código de Colores para la Identificación de Fluidos Conducidos en Tuberías" expedida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, se recomienda emplear el código de colores para identificar los fluidos conducidos en tuberías (Tabla 16).

Tabla 16. Colores básicos del código de colores para tuberías⁴⁷.

Color	Fluido
Verde	Agua
Gris	Vapor
Café	Aceites y combustibles líquidos
Amarillo	Gases licuados o en estado gaseoso (excepto aire)
Violeta	Ácidos y álcalis
Azul	Aire
Negro	Otros líquidos (excepto agua)

5.4.1.4 Equipo y utensilios

Todos los equipos y utensilios deben ser usados para los fines que fueron diseñados. El equipo y los recipientes que se utilicen para el proceso de alimentos deben conservarse de manera que no constituyan un riesgo para la salud, deben mantenerse limpios, ser de fácil limpieza y en caso necesario desinfectarse.

Material

El equipo debe ser de un material y construcción tales que permitan una limpieza fácil y completa, no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores, resistente a la corrosión y que no sean absorbentes, además de ser capaz de resistir repetidas operaciones de limpieza y desinfección. Deberá evitarse el uso de materiales que no puedan limpiarse y sanearse adecuadamente, por ejemplo, la madera, a menos que se sepa que su empleo no constituirá una fuente de contaminación.

En el caso específico de la industria de los alimentos, el material más recomendado, es el acero inoxidable especialmente para las superficies que entran en contacto con el alimento. La característica de poder ser pulido con facilidad, lo señala como ideal para obtener una superficie lisa y de fácil limpieza. En general los tipos AISI 304 y 316 son los más recomendados.

Mantenimiento

El deterioro de las instalaciones y equipo puede ocasionar accidentes, contaminaciones, tanto físicas, químicas, como microbiológicas e inclusive afectar rendimientos por lo que la limpieza e higiene están directamente relacionadas con el mantenimiento de la planta. Todos los instrumentos de control de proceso deben estar en condiciones de uso para evitar desviaciones de los patrones de operación.

Los equipos deben ser instalados en forma tal que el espacio entre la pared, el techo y piso, permitan su limpieza. Las partes externas de los equipos que no entren en contacto con los alimentos deben de estar limpios y sin muestras de derrames. Al lubricar el equipo se deben tomar precauciones para evitar contaminación de los productos que se procesan y el lubricante debe ser inocuo.

En el manejo de alimentos se recomienda que los utensilios y equipos sean de diseño sanitario con materiales inertes que no contaminen o sean atacados por el alimento, la superficie debe ser lisa sin esquinas ni bordes que permitan la acumulación de residuos y dificulten su limpieza. Las soldaduras en los equipos deben estar pulidas, ser continuas y lisas para no atrapar partículas alimenticias. Cuando el equipo requiera de mantenimiento o reparación, debe limpiarse y ser sanitizado previo uso en producción.

Se recomienda que los equipos sean fácilmente desarmables para su limpieza. El material de los empaques eventualmente se deteriora y pueden causar problemas, por lo que se sugiere se revisen periódicamente. Las patas de soporte en los equipos deben tener una altura suficiente entre lo que soportan en relación con el piso y que en las áreas de proceso éstas no sean huecas.

El equipo no debe ser pintado en superficies que estén en contacto con el alimento. La porción exterior del equipo, no debe ser pintada si es anticorrosiva e inoxidable y el interior debe ser inspeccionado debido a la existencia de bordes y grietas que pueden acumular alimentos por largo tiempo.

5.4.1.5 Proceso

Materia prima

- Las materias primas deberán inspeccionarse antes de llevarlas a la línea de elaboración y en caso necesario, deberán efectuarse pruebas de laboratorio.
- No se aceptará ninguna materia prima que contenga parásitos, microorganismos o sustancias tóxicas, descompuestas o extrañas que no pueden ser reducidas a niveles aceptables por los procedimientos normales de clasificación y preparación o elaboración.
- Las materias primas que evidentemente no sean aptas, deberán separarse y eliminarse del lugar a fin de evitar mal uso, contaminaciones y adulteraciones.
- En el almacenamiento de las materias primas se mantendrán en condiciones adecuadas que confieran protección contra la contaminación y reduzcan al mínimo los daños y deterioros. Se tomarán precauciones para evitar que éstas sufran contaminación química, física, microbiológica o con otras sustancias objetables, asimismo se evitará la entrada y el establecimiento de plagas.

Proceso de elaboración

Todas las operaciones del proceso de producción, incluso el envasado, se realizarán a la mayor brevedad posible y en condiciones sanitarias que eliminen toda posibilidad de contaminación. Se recomienda no utilizar frascos de cristal para la toma de muestras, por el riesgo de rotura así como termómetros de vidrio para tomar temperaturas dentro de la planta a menos que cuenten con una protección metálica.

El proceso de elaboración del producto debe ser supervisado por profesores y se deben seguir los procedimientos dados en el manual de operación, el cual contendrá los siguientes puntos:

- Condiciones de proceso (orden de adición de componentes, tiempos de mezclado, agitación y otros parámetros de proceso).

- Diagrama de Proceso.
- Puntos Críticos de Control donde se efectuará un registro (Tabla 17) de los controles realizados durante todo el proceso pero primordialmente en los PCC:

Tabla 17. Registro de control de proceso.

Registro de control del proceso para el lote elaborado con fecha _____ por el grupo _____					
Operación Unitaria	Condiciones de proceso	Existe algún Punto (s) de Control	Existe algún Punto Crítico de Control	Observaciones	Nombre y firma de encargado de operación
Propagación de cultivo					
Reactivación de cultivo					
Molienda					
Sacarificación					
Filtración					
Ebullición					
Enfriamiento					
Aireación					
Fermentación					
Maduración					
Envasado y Almacenamiento					

Prevención de la contaminación cruzada

- Se deberán tomar medidas para evitar la contaminación del producto por contacto directo o indirecto con material que se encuentre en otra etapa de proceso.
- Cuando exista el riesgo de contaminación en las diversas operaciones del proceso de elaboración, se deberán lavar las manos minuciosamente entre una y otra manipulación de productos.

- Todo el equipo que haya estado en contacto con materias primas o material contaminado deberá limpiarse y sanitizarse cuidadosamente antes de ser nuevamente utilizado.

Envasado

El material deberá ser apropiado para el producto y las condiciones previstas de almacenamiento, éste no deberá transmitir al producto sustancias objetables que lo alteren y lo hagan riesgoso en cantidades que excedan los límites aceptados por la Secretaría de Salud. Los recipientes utilizados para envasar deberán inspeccionarse inmediatamente antes de su uso a fin de tener la seguridad de que se encuentran en buen estado además de estar limpios y sanitizados. Cuando se laven deberán escurrirse bien antes del llenado.

Registros de producción

De cada lote deberá llevarse un registro continuo, legible y con la fecha de los detalles pertinentes de elaboración llevado a cabo por el grupo de LABTEC responsable del proceso. Estos registros deberán conservarse por lo menos durante un período mayor a igual a la duración que se tenga señalada como vida de anaquel.

Tabla 18. Ejemplo de Registro de producción.

Registro de lotes de cerveza elaborados durante el semestre _____						
Lote	Fecha de elaboración	Grupo que lo elabora	Profesores encargados	Cantidades de materia prima utilizada	Litros de cerveza producidos	Fecha de envasado
1						
2						
3						
4						

Almacenamiento

Se deberán tomar las medidas necesarias para evitar contaminaciones por productos aromáticos en materia prima separando las áreas de almacenaje o

colocándolos en recipientes herméticos. Los plaguicidas u otras sustancias tóxicas deberán etiquetarse adecuadamente con un rótulo en que se informe sobre su toxicidad y empleo. Estos productos deberán almacenarse en áreas o armarios especialmente destinados para esto y habrán de ser distribuidos o manipulados sólo por personal competente y bajo supervisión.

Las materias primas, ingredientes, material de empaque o producto terminado no se deben almacenar directamente sobre el piso. Deben almacenarse sobre tarimas que soporten el peso y sean adecuadas para su limpieza.

El almacenamiento de materias primas y producto terminado en la Planta Piloto Educativa procede de la siguiente manera:

I. Almacenamiento de la malta

El almacenamiento de la malta se debe realizar en un lugar seco, con una humedad reducida y temperatura constante de 10-15°C.²⁴

Los principales factores que determinan y acentúan las pérdidas de granos y semillas en almacén, según SAGARPA son⁴⁸:

- a) Altos contenidos de humedad del producto almacenado.
- b) Elevada temperatura y/o humedad en el ambiente.
- c) Elevado porcentaje de impurezas mezcladas en granos y semillas como por ejemplo; granos o semillas quebradas, restos de plantas, insectos muertos y tierra.
- d) Presencia de insectos, hongos, bacterias y roedores.
- e) Manejo deficiente.
- f) Desconocimiento de principios de la conservación.

Por lo cual se deben controlar estos puntos durante la recepción y el almacenamiento.

II. Almacenamiento del lúpulo

La mejor manera de conservar el lúpulo es envasándolo al vacío y depositándolo en un lugar fresco y protegido de la luz. En el congelador puede conservarse durante más de un año sin problemas.⁴⁹ El almacenamiento en frío del lúpulo natural y de los productos de lúpulo es un elemento importante del aseguramiento de la calidad de una cervecería, porque ⁵⁰:

- ✓ Se estandariza la calidad a un alto nivel.
- ✓ Se conservan las características y no se pierden con la maduración.
- ✓ Se puede estandarizar el amargor de las cervezas.
- ✓ La intensidad del amargor de la cerveza disminuye con el grado de maduración del lúpulo, pero la calidad del amargor cambia desfavorablemente.
- ✓ Los aceites de lúpulo desarrollan una oxidación que produce un "aroma a queso", si no son almacenados en frío.
- ✓ Debido a la oxidación y la polimerización de los polifenoles surgen compuestos que producen un amargor calificado como desequilibrado y remanente.

III. Almacenamiento de la levadura

Las condiciones idóneas de almacenamiento de la levadura en *micropellets* son a temperaturas de 5-10°C en un lugar seco. El aroma es ligeramente esterificado, casi neutro y no manifiesta malos olores cuando se maneja adecuadamente. Es importante tener en cuenta que tanto el olor como la actividad se ve afectada por un mal manejo, presentando en el caso de la actividad una pérdida de 25% por año almacenada a 8° C , mientras que pierde hasta un 50% de actividad por año si se almacena a 22°C y sin haber sido abierta en ambos casos. Los empaques abiertos deben sellarse nuevamente para conservarlos secos y almacenarlos por debajo de los 4°C,

una vez abierto el empaque se recomienda utilizar la levadura en los próximos 3 días.³⁸

IV. Almacenamiento de producto terminado

El producto ya envasado debe almacenarse en un envase que se pueda tapar herméticamente y preferentemente a temperaturas de refrigeración hasta su consumo. Una vez abierto el producto es necesario guardarlo en refrigeración.

Evaluación de la Calidad

Es importante que el o los responsables del Control de Calidad verifiquen constantemente:

- Los procedimientos que describan el proceso, elabore el diagrama de flujo del proceso y lo actualice cada vez que existen modificaciones al mismo.
- Los riesgos microbiológicos, físicos o químicos que en cada operación del proceso se requiera controlar.
- La existencia de las especificaciones microbiológicas, físicas y químicas. Tales especificaciones deberán incluir los métodos de toma de muestras, metodología analítica y los límites para la aceptación.
- Los procedimientos de laboratorio utilizados. Estos deberán ajustarse a métodos reconocidos o normalizados, con el fin de que los resultados sean confiables. Se mencionará junto con los resultados analíticos, el método de prueba utilizado y su referencia documental.
- La existencia de límites en las condiciones de operación de aquel equipo o área, en donde una falta de control puede generar un peligro o defecto inaceptable del producto.
- El plan de medidas correctivas que han de seguirse cuando la vigilancia de los puntos críticos indica pérdida de control.
- Llevar una bitácora con las desviaciones de proceso cuando éstas sucedan y los registros de las condiciones de operación de los puntos críticos.

- Llevar una bitácora de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos de las materias primas, agua potable, producto en proceso y producto terminado por lote.

5.4.1.6 Control de Plagas

Las plagas en la Industria Alimentaria son vectores de enfermedades debido a que son capaces de llevar consigo agentes tales como bacterias, virus y protozoarios; además pueden provocar serias pérdidas económicas y dañar la imagen empresarial.

El control o Manejo Integrado de Plagas (MIP) es la utilización de todos los recursos necesarios para minimizar los peligros ocasionados por la presencia de plagas. Incluye todas las actividades dirigidas a controlar las poblaciones animales nocivas de forma selectiva y específica, limitando al mismo tiempo el impacto sobre la salud, el costo y el deterioro medioambiental. El MIP es aplicable a todas las áreas exteriores e interiores del establecimiento, recepción de materia prima, almacén y proceso, las cuales deben mantenerse libres de insectos, roedores, pájaros u otra fauna nociva⁵¹.

En primera instancia para evitar plagas las medidas se orientan hacia factores necesarios para la supervivencia y desarrollo biológico de la plaga. Dentro de estas acciones están el evitar encharcamientos de agua, almacenar desperdicios en recipientes tapados a prueba de plagas y por el menor tiempo posible, tener protecciones y redes para evitar su entrada, hermetización y sellado de grietas y desagües. Se debe inspeccionar el establecimiento y las áreas circundantes periódicamente para cerciorarse de que no existe infestación y tomar otras medidas preventivas, tales como: programas de limpieza y desinfección, mantenimiento de las instalaciones e instalación de trampas de captura, luz o pegamento revisándolas periódicamente (Tabla 19) para monitorear la existencia de cualquier tipo de plaga en sectores de riesgo y lugares estratégicos.

Las principales vías de ingreso de las plagas son los lugares donde hay agua estancada, pasto alto, terrenos baldíos, desagües, rejillas, cañerías, aberturas,

ventilación, extractores, materias primas, entre otros. Las grietas, cañerías exteriores, cajas de luz, estructuras colgantes, espacios entre equipos y otros son potenciales lugares de generación de plagas. En estas áreas es donde debe tenerse mayor cuidado y medidas preventivas eficaces que permitan monitorear la existencia de cualquier tipo de plaga, observando algunos signos como excrementos, plumas, nidos, huevos, pisadas, pelos, madrigueras, olores extraños, entre otros.

En caso de que alguna plaga invada el establecimiento, deberán adoptarse medidas de control o erradicación y éstas deberán documentarse siguiendo el formato de registro para control de plagas (Tabla 20). Las medidas que comprendan el tratamiento con agentes químicos, físicos o biológicos sólo deberán aplicarse bajo la supervisión directa del personal experto que conozca a fondo los riesgos para la salud que el uso de esos agentes puede causar.

Cabe mencionar que únicamente deberán emplearse plaguicidas cuando otras medidas no sean eficaces. Antes de aplicar plaguicidas se deberá tener cuidado de proteger todos los productos, equipos y utensilios contra una posible contaminación. Después de aplicar los plaguicidas, deberán limpiarse minuciosamente el equipo y los utensilios, a fin de que antes de volverlos a usar queden eliminados los residuos. Los plaguicidas deben ser muy controlados y aplicados bajo la responsabilidad del personal autorizado y capacitado en su manejo. Todos los pesticidas utilizados deben cumplir con las regulaciones vigentes.

Tabla 19. Formato de registro para prevención de plagas en la Planta Piloto Educativa.

Hoja de registro para la prevención de plagas				
Fecha y hora	Tipo de trampa que se revisa o lugar estratégico y ubicación	¿Se ha encontrado alguna plaga o rastro de ésta? ¿De qué tipo?	Observaciones y/o medida correctiva que se tomará	Nombre y firma de responsable

Tabla 20. Formato de registro del Programa de Control de Plagas en la Planta
Piloto Educativa.

Fecha y Hora de inicio de tratamiento	Tipo y especificaciones de plaga contra la que se actúa	Producto o medida adoptada para su erradicación	En caso de ser método químico indicar número de registro, principio activo, presentación y toxicidad	Condiciones y método que se aplicará según ficha técnica y de seguridad	Medidas de seguridad tomadas en la instalación, equipos y para el personal	Plazo de tiempo y área en que se aplicará	Observaciones	Nombre y firma de responsable

Generalmente se consideran tres tipos para la clasificación de plagas:

Insectos

En general se distinguen 3 tipos de insectos:

- Voladores: moscas y mosquitos.
- Rastreros: cucarachas, ciempiés y arañas.
- Taladores: gorgojos y termitas.

Para prevenir su proliferación se debe evitar tener en el área de proceso y áreas circundantes residuos de alimentos, agua estancada, materiales o basura amontonados en rincones y pisos, además de evitar la acumulación de polvo y suciedad en toda la planta y áreas circundantes. Los y equipos deben tener suficiente espacio entre estos y la pared.

Roedores

Se incluyen ratones, tusas, ratas, entre otros. Un programa de control de roedores efectivo deberá incluir la limpieza de todas las áreas dentro y fuera del establecimiento para evitar nidos y su proliferación; la verificación constante para detectar su presencia y colocar trampas y carnadas con veneno continuamente para su control y/o eliminación.

Pájaros

Los pájaros pueden ser animales especialmente difíciles de controlar, una vez que se les ha permitido la entrada a los establecimientos. Las siguientes medidas contribuyen a eliminar la entrada de pájaros en el área de proceso:

- No deben de existir aberturas que permitan la entrada de pájaros en paredes y techos.
- Eliminar inicios de nidos.
- Revisar periódicamente para identificar su presencia.

5.4.1.7 Limpieza

La higiene exige una limpieza eficaz y regular de todas las áreas, equipos y utensilios que se involucren en el proceso para eliminar residuos del producto y suciedad que contengan microorganismos que constituyan una fuente de contaminación. El procedimiento de limpieza y desinfección deberá satisfacer las necesidades del proceso y producto. Después de éste proceso de limpieza, se puede usar, cuando sea necesario, la desinfección o un método afín para reducir el número de microorganismos que hayan quedado después de la limpieza a un nivel tal que no puedan ser nocivos para la salud.

Es recomendable nombrar a personas capacitadas que se encarguen de ejecutar los procedimientos de limpieza y desinfección y se tenga un registro del procedimiento.

Consideraciones:

- Para impedir la contaminación del producto, todo el equipo y utensilios se limpiarán con la frecuencia necesaria y se desinfectarán siempre que las circunstancias así lo exijan.
- Los detergentes y desinfectantes serán seleccionados cuidadosamente para lograr el fin perseguido y deben ser aceptados por la Secretaria de Salud. Los residuos de éstos agentes deben eliminarse mediante un enjuague minucioso con agua.
- No deben almacenarse juntos los productos alcalinos con los ácidos. Los productos ácidos no deberán mezclarse con soluciones de hipoclorito, ya que se producirá gas de cloro. Los envases en los que se guardan tales líquidos deberán rotularse claramente y almacenarse en lugar separado al producto y a los envases. Se deben cumplir estrictamente las instrucciones de los fabricantes para su correcto uso.
- Las personas que trabajen con productos alcalinos o ácidos, deberán usar guantes, bata hasta la rodilla y con manga y gafas protectoras, además de ser previamente instruidas en las técnicas de manipulación.

Métodos de Limpieza

La limpieza se efectuará usando un método químico para el equipo y métodos físicos y químicos para los pisos, paredes, plataformas, techos, puerta, ventanas y exterior del equipo. Según las circunstancias, podrán emplearse uno o más de los métodos siguientes:

- **Manuales:** Se elimina la suciedad, restregando las superficies con una solución detergente. Se recomienda remojar en un recipiente aparte con soluciones de detergentes, las piezas desmontables de la maquinaria y los pequeños dispositivos del equipo, con el fin de desprender la suciedad.

Nota: Esta técnica no debe ser usada en la parte interior de los tanques debido a que se puede rayar o modificar la superficie del acero inoxidable, sirviendo como lugar para la proliferación de microorganismos. Sin embargo es una buena técnica para piso, paredes, ventanas, plataformas, banco y en su caso para tuberías y superficie exterior del equipo, haciendo uso de un material suave (trapos húmedos o esponjas) para restregar.

- **Limpieza "in situ":** Es la limpieza interior del equipo, incluyendo las tuberías, con una solución de agua y detergente, sin desmontar el equipo ni las tuberías. Para la limpieza eficaz de las tuberías se requiere una velocidad de fluido mínima de 1.5 metros por segundo con flujo turbulento. Deberán identificarse y eliminarse en lo posible las piezas del equipo que no puedan limpiarse satisfactoriamente con éste método. Al terminar de enjuagar, verificar la ausencia de residuos y llevar los registros correspondientes de fecha, materiales usados, tiempo, condiciones, persona que lo hizo y responsable.

Algunos materiales que se utilizan en el proceso de limpieza de pisos, tuberías, superficie exterior del equipo, paredes, plataforma, ventanas y puerta, son:

- a) Cepillos
- b) Escobas
- c) Estropajos
- d) Esponjas
- e) Manguera
- f) Jaladores
- g) Trapos húmedos
- h) Jergas

Detergentes

El objeto de aplicar la solución detergente es el de desprender la capa de suciedad y materia orgánica manteniéndolos en suspensión, mientras que el objeto del enjuague es el de eliminar la suciedad desprendida y los residuos de detergentes.

Los detergentes deben tener una capacidad humectante y buenas propiedades de enjuague, de manera que se eliminen fácilmente del equipo los residuos de suciedad y detergente. El detergente que se use debe ser del tipo no corrosivo y compatible con otros materiales, incluidos los desinfectantes empleados en los programas de sanidad.

Las propiedades generales de un agente limpiador son:

- ✓ Completa y rápida solubilidad.
- ✓ No ser corrosivo a superficies metálicas.
- ✓ Reducción de la tensión superficial.
- ✓ Brindar completo ablandamiento del agua, o tener la capacidad para acondicionar la misma.
- ✓ Excelente acción humectante.
- ✓ Excelente acción emulsionante de la grasa.
- ✓ Excelente acción solvente de los sólidos que se desean limpiar (materia orgánica).
- ✓ Excelente dispersión o suspensión.
- ✓ Excelentes propiedades de enjuague.

- ✓ Poder hidrolizante.
- ✓ Poder secuestrante.
- ✓ Acción germicida.
- ✓ Bajo precio.
- ✓ No tóxico.

Los detergentes suelen clasificarse de la siguiente manera ^{46, 52, 53, 54} :

Tabla 21. Clasificación de detergentes.

Clasificación	Ejemplos	Acción	Limitaciones
Alcalinos	Sosa cáustica o hidróxido de sodio.	Excelente dispersante y emulsificante. Remueve suciedad y saponifica la grasa.	No se recomienda en el lavado de equipo y utensilios por su intensa acción corrosiva, especialmente para el aluminio y estaño. Difícil de enjuagar. Se considera peligroso para el personal de limpieza.
	Ortosilicato y Sesquisilicato de sodio	Tienen una gran acción saponificante. Eficaz limpiadores de materia proteica. Precipitan la dureza del agua.	Corrosivos para el aluminio. Difíciles de eliminar por enjuagado. Irritantes para piel y mucosas.
	Fosfato trisódico	Buen emulsificante y dispersante. Degrada proteínas, ablanda el agua, emulsiona y saponifica las grasas.	No debe usarse en solución muy caliente cuando haya que limpiar el aluminio o el estaño, ya que puede dañarlos.
	Carbonato de sodio	Agente tampón. Se utiliza donde la sosa cáustica no puede ser usada por ser corrosiva.	Forma escamas en las aguas duras.
	Bicarbonato de sodio	Se usa conjuntamente con los limpiadores fuertes por su actividad neutralizante.	-

	Sesquicarbonato de sodio	Tiene excelente propiedad ablandadora del agua. No es muy irritante a la piel.	El contacto directo con el producto causa irritación de los ojos. Los niveles excesivos de polvo ambiental pueden irritar las membranas mucosas y las vías respiratorias.
	Tetraborato sódico (bórax)	Su uso se limita al lavado de las manos.	En concentraciones altas es irritante para la piel.
Ácidos	Ácido glucónico	Removedor de depósitos calcáreos y óxidos.	Corroe el hierro y estaño aunque en menor grado que el ácido cítrico, tartárico y fosfórico.
	Ácido sulfónico	Actúa en la remoción de escamas en los tanques de almacenamiento, evaporadores, precalentadores, pasteurizadores y equipo similar.	-
	Ácido fosfórico	Elimina precipitados inorgánicos de las superficies.	Muy corrosivo. Irritante para la piel y membranas mucosas.
A base de polifosfatos	Pirofosfato tetrasódico	Es más eficaz en condiciones de alta temperatura y alcalinidad.	Su disolución es lenta en agua fría.
	Tripolifosfato y tetrafosfato de sodio	Alta solubilidad en agua caliente y su uso es general.	-
	Hexametáfosfato de sodio	Secuestrante de calcio y magnesio del agua para mantener la alcalinidad y favoreciendo la dispersión de la suciedad en el medio.	Tiene un alto costo. Disminuye su efecto en presencia de agua dura.

Los detergentes usados en la PPE generalmente son los siguientes:

- Detergentes alcalinos.

Un indicador importante de la utilidad de éstos detergentes es la alcalinidad activa.

Una porción de la alcalinidad activa puede reaccionar para la saponificación de las

grasas y simultáneamente otra porción puede reaccionar con los constituyentes ácidos de los productos y neutralizarlos, de tal forma que se mantenga la concentración de los iones hidrógeno (pH) de la solución a un nivel adecuado para la remoción efectiva de la suciedad y protección del equipo contra la corrosión.

Un ejemplo de estos utilizado en la PPE es la sosa caustica. Normalmente este detergente se usa para remover la suciedad y saponificar la grasa, también se usa como germicida en el lavado mecánico de botellas.

- Detergentes ácidos.

Se considera una excelente práctica sanitaria en la limpieza de tanques de almacenamiento, clarificadores, tanques de pesaje y otros equipos y utensilios. El uso de limpiadores ácidos, alternados con soluciones alcalinas logra la eliminación de olores indeseables y disminución de la cuenta microbiana.

El ácido fosfórico se usa en el lavado del equipo de la PPE además de otros detergentes ácidos diseñados para equipo de la industria alimentaria.

Secado

Cuando el equipo se deja mojado después de lavarlo, pueden proliferar microorganismos en la capa de agua. Por ello es importante secar el equipo cuanto antes, y si es posible, dejar que se seque naturalmente al aire. Para el secado se puede usar papel o materiales absorbentes, pero éstos deben usarse una sola vez.

Todo equipo que inevitablemente quede mojado durante un período en el que puedan desarrollarse un número importante de microorganismos, deberá desinfectarse antes de volverse a usar.

5.4.1.8 Desinfección

La desinfección reduce el número de microorganismos vivos presentes en el medio ambiente a un nivel que no comprometa la inocuidad del alimento y por medio de agentes químicos y/o métodos físicos. Un desinfectante es una sustancia que mata las formas vegetativas y no necesariamente las formas de resistencia (esporas) de

los microorganismos patógenos y se emplea únicamente sobre objetos inanimados. Ningún procedimiento de desinfección puede dar resultados plenamente satisfactorios, a menos que a su aplicación le preceda una limpieza completa.

Los utensilios y equipos se deben limpiar y sanitizar antes de su uso, después de cada interrupción de trabajo y protegerse de recontaminación cuando se almacenen o no estén en uso.

Selección y eficacia de desinfectantes

Los desinfectantes deben seleccionarse considerando:

- Los microorganismos que se desea eliminar.
- El tipo de producto que se elabora.
- El material de las superficies que entran en contacto con el producto.
- El tipo de agua disponible.
- El método de limpieza empleado.

El uso continuo de ciertos desinfectantes químicos puede dar lugar a la selección de microorganismos resistentes, por lo que estos deben usarse cuando no sea viable la aplicación de calor y deberán ser almacenados en lugar definido fuera del área de proceso. En la tabla 22, se indican algunos factores que afectan su eficacia.

Tabla 22. Factores que afectan la eficacia de los desinfectantes⁴⁶.

Factor	Observación
Inactivación debida a la suciedad	La presencia de suciedad y otros materiales sedimentados reducen la eficacia de todos los desinfectantes químicos. Por lo tanto, la desinfección con sustancias químicas deberá efectuarse después de un proceso de limpieza o en combinación con el mismo.
Temperatura de la solución	Es preferible usar una solución desinfectante tibia o caliente ya que se tiene mayor eficacia a temperaturas altas. Sin embargo, habrá que seguir las instrucciones del fabricante, ya que por ejemplo a temperaturas superiores de 43° C, los yodóforos liberan yodo que puede manchar los materiales, mientras que la acción corrosiva del cloro aumenta cuando se usan soluciones calientes de hipoclorito.

Tiempo	Todos los desinfectantes químicos necesitan un tiempo mínimo de contacto para que sean eficaces. Este tipo de contacto mínimo puede variar de acuerdo con la actividad del desinfectante.
Concentración	La concentración de la solución de desinfectante necesaria, variará de acuerdo con las condiciones de uso, además deberá ser adecuada para la finalidad a la que se destina y el medio ambiente en que haya de emplearse. Debido a esto las soluciones deberán prepararse siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.
Estabilidad	Todas las soluciones desinfectantes deberán ser de preparación reciente, en las que se hayan utilizado utensilios limpios. El mantenimiento prolongado de soluciones diluidas listas para ser usadas puede reducir su eficacia o convertirse, tal vez, en un depósito de organismos resistentes. Los desinfectantes pueden desactivarse si se mezclan con detergentes y otros desinfectantes no adecuados.

Precauciones: Los desinfectantes químicos que pueden envenenar los alimentos tales como los fenólicos, no deben usarse en las industrias de elaboración de alimentos. Deberá tenerse cuidado de que los desinfectantes químicos no dañen al personal.

5.4.1.9 Programa de limpieza y desinfección empleado en la PPE

En la industria alimentaria generalmente se utiliza la limpieza con agua y soluciones limpiadoras, de acuerdo a los siguientes pasos:

- 1) Pre-enjuague con agua tibia a 45°C.
- 2) Aplicación de un agente limpiador a temperatura adecuada para su efecto óptimo.
- 3) Enjuague con agua (para mejores resultados el agua debe estar caliente y ser blanda).
- 4) Desinfección.

Notas:

- ✓ El personal encargado del proceso de desinfección y limpieza debe portar bata con mangas, calzado antiderrapante, guantes y gafas de seguridad (Figura 37).
- ✓ Se debe llevar un registro de control por escrito sobre la limpieza y desinfección, en donde se especifique la fecha y hora de éstas y el nombre y firma del responsable.



Figura 37. Personal portando la indumentaria adecuada para realizar la limpieza y desinfección de la Planta Piloto Educativa.

Las operaciones de limpieza y desinfección se detallan a continuación:

⇒ Lavado de la Planta Piloto Educativa

La limpieza y desinfección del equipo se realiza como parte de las BPM pero además asegura el funcionamiento correcto y un tiempo de vida útil mayor del equipo. De acuerdo con las BPM, la limpieza debe efectuarse considerando lo siguiente:

Tipo de proceso: debido al tipo de proceso que conlleva la elaboración de la cerveza, las incrustaciones que se tienen que remover consiste en carbohidratos, levadura, proteínas precipitadas y cascarillas del grano principalmente. Para tal

propósito no es necesario utilizar un detergente que remueva grasa, basta con un detergente efectivo que no deje residuos.

Método de limpieza: el método de limpieza será manual para piso, paredes, ventanas, plataformas, banco, tuberías y superficie exterior del equipo; mientras que para el equipo se utilizará un método “*in situ*”.

Personal: el personal encargado de la limpieza deberá utilizar la protección adecuada.

En la PPE se sigue el siguiente método general de limpieza:

- a) Precalear agua a 45-50°C en la caldera o tanque SO1 (Figura 38).



Figura 38. Caldera o Tanque SO1 de la Planta Piloto Educativa para elaborar Cerveza.

- b) Verificar previamente que las siguientes válvulas de salida de cada tanque se encuentren cerradas:

Tabla 23. Tanques con sus correspondientes llaves de entrada y salida.

Tanque	Válvula manual de mariposa
SO2	BV 108
SO3	BV109

SO4	BV 207 y BV 208
SO5	BV 209 y BV 210
SO6	BV 211 y BV 212

Bombear agua desde la caldera o introducirla manualmente al tanque para enjuagar durante 5 minutos circulándola en un ciclo continuo, auxiliándose de la bomba portátil PO2 y las mangueras flexibles.

- c) Descargar el agua del tanque.
- d) Preparar de 8 a 10 litros de una solución al 4% de hidróxido de sodio o una solución al 1% de alguna solución de limpiador alcalino o según lo indique la ficha técnica.
- e) Introducir manualmente la solución al tanque que se desee lavar manteniendo las válvulas de salida cerradas en cada tanque.
- f) La solución se mantiene en el tanque circulando por un tiempo de 15 minutos.
- g) Transportar la solución con la bomba portátil PO2 al siguiente tanque y de igual forma mantenerla durante 15 minutos o como indique la ficha técnica.
- h) Una vez terminado el proceso enjuagar cada tanque con agua caliente durante 5 minutos.
- i) Preparar 8 a 10 litros al 1% o como lo indique la ficha técnica de una solución concentrada de limpiador o agregar de 5-15 mL de ácido fosfórico concentrado repitiendo las operaciones del inciso e) y f). Si es necesario se debe repetir la operación hasta eliminar la alcalinidad o tener un pH cercano a la neutralidad en el agua de descarga.
- j) Repetir la operación en los demás tanques.
- k) Enjuagar cada tanque con agua caliente y verificar que el pH del agua descargada sea neutro, ligeramente ácido o igual al del agua corriente.
- l) Retirar las válvulas de salida de todos los tanques con la llave de "uña" para dejarlas remojando en agua y posteriormente lavarlas con una solución de detergente alcalino y ácido como en el caso de los tanques.
- m) Dejar las tapas de los tanques con una abertura pequeña para dejar airear y secar.

Al terminar el lavado de los tanques es necesario continuar con la limpieza del piso utilizando una solución de agua con jabón, tallando el piso y enjuagando con abundante agua hasta eliminar el detergente y dejar lo más seco posible el piso.

Registros: se deben llevar registros por escrito con la fecha y hora, condiciones y nombre y firma del responsable.

Tabla 24. Registro de la limpieza del equipo de la PPE.

Hoja de registro para el lavado de la Planta Piloto Educacional				
Hora y fecha: _____				
Equipo	Tipo y concentración de detergente utilizado	Condiciones	Observaciones	Nombre y Firma de responsable
Tanque cocedor SO2				
Tanque filtro SO3				
Filtro				
Tanque fermentador SO4				
Tanque fermentador SO5				
Tanque fermentador SO6				
Tuberías				
Válvulas de salida de los tanques				

⇒ Sanitización de los tanques

La técnica de desinfección empleada en la PPE es la desinfección con sustancias químicas. En la tabla 25 se muestran algunos desinfectantes químicos usados en la industria de alimentos, sus efectos y concentraciones de uso.

Tabla 25. Actividad, condiciones de uso y especificaciones de desinfectantes⁴⁶.

Clasificación	Actividad	Condiciones de uso	Observaciones
Cloro y productos clorados	Activos contra una gran variedad de microorganismos	100 – 250 mg / L	Corroe los metales por lo que es necesario enjuagar lo antes posible después de un tiempo suficiente de contacto. Pierden su eficacia ante la presencia de residuos orgánicos.
Yodóforos	Amplio espectro microbiano, excepto esporas bacterianas y bacteriófagos.	25 a 50 mg/L de yodo disponible a pH 4	Pierden su eficacia con material orgánico. Pueden tener acción corrosiva en los metales, dependiendo del compuesto y de la superficie donde se aplique.
Compuestos cuaternarios de amonio	No son tan eficaces contra las bacterias gram-negativas como los desinfectantes a base de cloro y yodo.	200-1200 mg/L	Relativamente no corrosivos de los metales. Pueden tener un sabor amargo. Tienden a adherirse a las superficies, por lo que es necesario enjuagar a fondo. No compatibles con detergentes aniónicos.
Agentes anfóteros tensoactivos	Gran capacidad detergente. Limpian y desinfectan a la vez.	-	Relativamente no corrosivos. Biodegradables e inodoros.
Ácidos y álcalis fuertes (H₂SO₄, HNO₃, NaOH, KOH)	Actividad antimicrobiana	-	Aplicación limitada debido a su naturaleza cáustica y corrosiva. Después de un tiempo de contacto adecuado, las superficies deberán someterse a un enjuague final con agua.

La sanitización de los tanques se realiza antes de ocupar el equipo que ya se ha lavado previamente debido a que el tiempo entre la elaboración de un lote y otro es

aproximadamente de 1 mes por lo que se debe asegurar que, aunque los tanques ya se hayan lavado al finalizar el lote anterior, éstos tengan una superficie inocua.

La desinfección se realiza introduciendo manualmente al tanque una disolución de desinfectante a una concentración según lo indique la ficha técnica o bien utilizar una solución de Yodo a una concentración de 200 ppm y verificando previamente que las válvulas de salida de cada tanque se encuentren cerradas (Tabla 23) y a continuación se realiza el siguiente procedimiento:

- a) Circular la solución en el tanque en un ciclo continuo usando la bomba PO2 y las mangueras flexibles desde la válvula de la parte superior del tanque hasta la válvula de salida de este mismo (Figura 39) por un lapso de tiempo de 10 min o como lo indique la ficha técnica de la solución.



Figura 39. Ejemplo de armado del ciclo continuo empleado en la limpieza y desinfección de la Planta Piloto Educativa.

- b) Transportar la solución con la bomba portátil a los demás tanques y mantenerla de igual forma durante 10 minutos.
- c) Una vez terminado el proceso vaciar la solución del último tanque. No enjuagar con agua, solo dejar secar el tanque naturalmente al aire con las llaves de salida abiertas y las tapas con aberturas pequeñas.

- d) Se registra por escrito fecha y hora, condiciones, nombre y firma del responsable.

Tabla 26. Hoja de registro para la sanitización de la PPE.

Hoja de registro para la sanitización de la Planta Piloto Educacional				
Fecha y hora: _____				
Equipo	Tipo y concentración de desinfectante utilizado	Condiciones	Observaciones	Nombre y Firma de responsable
Tanque cocedor SO2				
Tanque filtro SO3				
Tanque fermentador SO4				
Tanque fermentador SO5				
Tanque fermentador SO6				
Válvulas de salida de los tanques				

5.5 Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control

El Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APCC) o *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) es un sistema que tiene fundamentos científicos y carácter sistemático. De acuerdo con el Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control y Directrices para su aplicación del Codex CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997) un peligro se define como un “agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que éste se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud”. El HACCP aborda la seguridad alimentaria y permite identificar y analizar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción de materia prima, adquisición y manejo, a la fabricación, distribución y consumo del producto final.

Este sistema se centra en la prevención en lugar de basarse únicamente en la inspección del producto final. Todo sistema de HACCP ofrece ventajas significativas como facilitar la inspección por parte de las autoridades de reglamentación y promover el comercio internacional al aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos, siendo susceptible a cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico⁴⁵.

Para que la aplicación del sistema de HACCP ofrezca buenos resultados, es necesario que tanto la dirección como el personal se comprometan y participen plenamente. También se requiere un enfoque multidisciplinario en el cual se deberá incluir, cuando proceda, a expertos agrónomos, veterinarios, personal de producción, microbiólogos, especialistas en medicina y salud pública, tecnólogos de los alimentos, expertos en salud ambiental, químicos e ingenieros, según el estudio de que se trate. La aplicación del sistema de HACCP es compatible con la aplicación de sistemas de gestión de calidad como la serie ISO 9000 y es el método utilizado de preferencia para controlar la inocuidad de los alimentos en el marco de tales sistemas.⁵⁵

El HACCP está diseñado principalmente para concentrarse en las condiciones peligrosas que puedan existir en un producto o proceso, para eliminarlos y tener control sobre las demás etapas del proceso.

5.5.1 Prerrequisitos para la implantación del sistema HACCP

Son los pasos o procedimientos que controlan las condiciones internas básicas de la empresa reduciendo algunos riesgos y deben estar en aplicación antes de que se desarrolle el plan HACCP. Estos prerrequisitos proveen una plataforma para la producción segura de los alimentos, ejemplos de estos son ^{45,56}:

- ✓ Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad (BPHyS) y Las Buenas Prácticas de Fabricación o Manufactura de alimentos (BPF o BPM)
- ✓ Capacitación del personal en BPHyS
- ✓ Aplicación de la legislación correspondiente en materia de inocuidad
- ✓ Conocer la función de las materias primas dentro del producto
- ✓ Conocer la función de los procesos de fabricación
- ✓ Conocer el probable uso final del producto

5.5.2 Aplicación del HACCP

Antes de implementar el sistema HACCP existen tareas preliminares que deben llevarse a cabo y comprenden ^{45,56}:

1. Formación de un equipo de HACCP.

Se debe asegurar que se disponga de conocimientos tanto teóricos como prácticos suficientes sobre las materias primas, el proceso y el producto. Para lograrlo, lo ideal es crear un equipo multidisciplinario que analizará y desarrollará los recursos disponibles, además de ayudar a que las responsabilidades primarias y compartidas no sean pasadas por alto o recaigan mayoritariamente en un departamento de la empresa. En caso de no disponer de este personal, deberá recabarse asesoramiento técnico de otras fuentes e identificarse el ámbito de aplicación del plan del Sistema de HACCP. Dicho ámbito de aplicación determinará qué segmento de la cadena

alimentaria está involucrado e indicará si se abarca toda clase de peligros o solamente ciertas clases.

El equipo seleccionado deberá tener elementos que estén a cargo de la identificación de los peligros, de determinar los PCC, de vigilar los PCC, de comprobar las operaciones en esos PCC y que examinen las muestras y efectúen los procesos de comprobación. También deberán tener conocimientos básicos sobre la tecnología y el equipo usado en la PPE, operaciones que se llevan a cabo, el flujo del proceso, microbiología de alimentos y principios del HACCP.

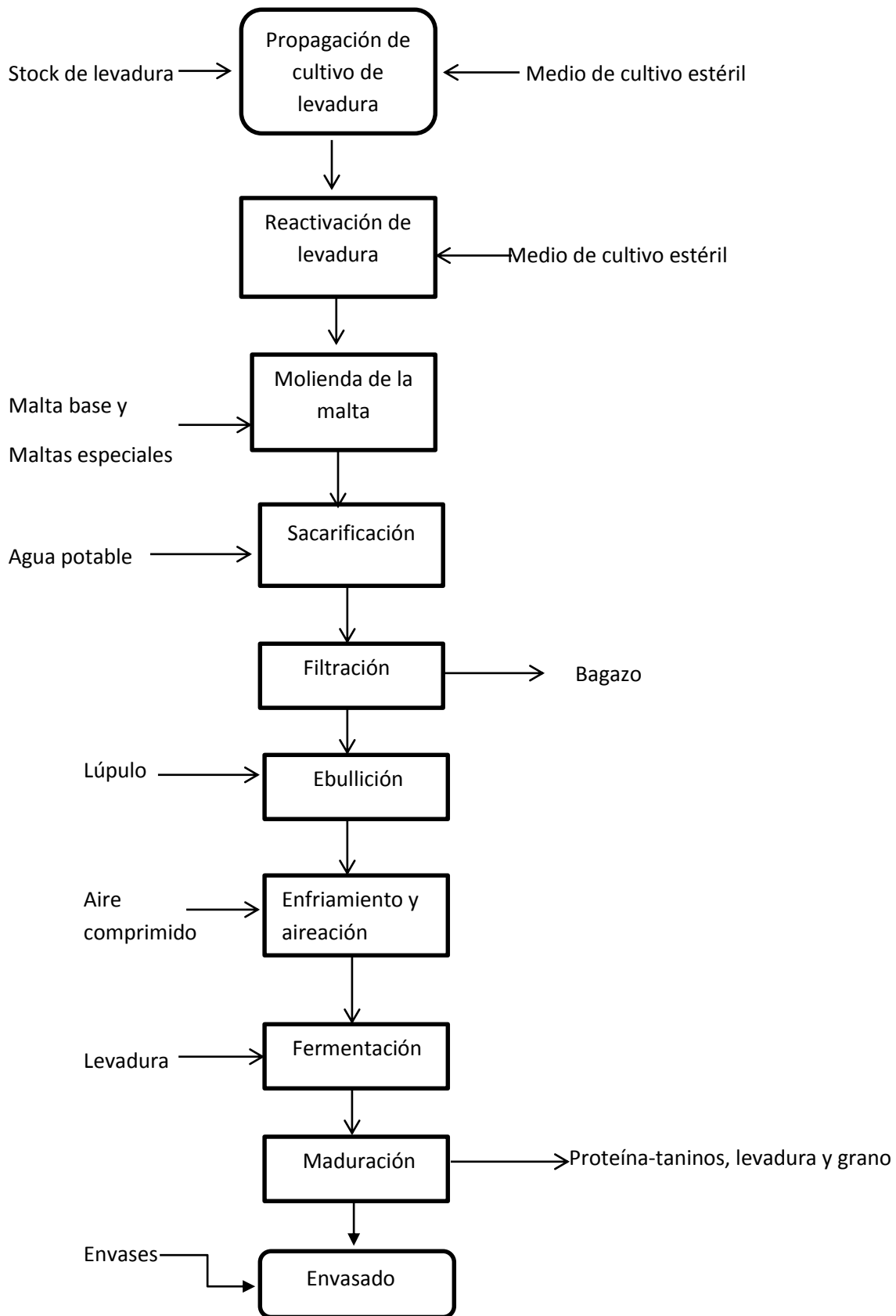
2. Descripción del producto.

Deberá formularse una descripción completa de la cerveza que incluya información pertinente sobre su inocuidad, por ejemplo: composición, características fisicoquímicas, tratamientos para la destrucción de los microorganismos, envasado, durabilidad, condiciones de almacenamiento y sistema de distribución (esta información se detalla en el punto 4.3, 4.4, 5.2 y 5.6 del presente trabajo).

3. Elaboración de un diagrama de flujo.

El diagrama de flujo deberá cubrir todas las fases de la operación que ayude a visualizar la forma y las condiciones en las que opera la Planta Piloto. Cuando el sistema de HACCP se aplique a una determinada operación, deberán tenerse en cuenta las fases anteriores y posteriores a dicha operación.

Figura 40. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto Educativa



4. Confirmación del diagrama de flujo *in situ*.

Deberán adoptarse medidas para confirmar la correspondencia entre el diagrama de flujo y la operación de elaboración en todas sus etapas y momentos, y modificarlo si procede. La confirmación del diagrama de flujo deberá estar a cargo de una persona o personas que conozcan suficientemente las actividades de elaboración.

5.5.3 Principios del sistema HACCP

Una vez que las tareas preliminares se han llevado a cabo, es momento de aplicar los siete principios del HACCP ^{45,56}:

Principio 1. Realizar un análisis de peligros.

El análisis de peligros se define como el proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para decidir cuáles son importantes en la inocuidad de los alimentos y, por tanto, plantearlos en el plan del sistema de HACCP.

Se deben identificar cuáles son los peligros cuya eliminación o reducción a niveles aceptables resulta indispensable, por su naturaleza, para producir un alimento inocuo. Al realizar un análisis de peligros, deberán incluirse, siempre que sea posible, los siguientes factores:

- a) La probabilidad de que surjan peligros y la gravedad de sus efectos perjudiciales para la salud.
- b) La evaluación cualitativa y/o cuantitativa de la presencia de peligros.
- c) La supervivencia o proliferación de los microorganismos involucrados.
- d) La producción o persistencia de toxinas, sustancias químicas o agentes físicos en los alimentos y las condiciones que pueden originar lo anterior.

El equipo tendrá entonces que determinar qué medidas de control, si las hay, pueden aplicarse en relación con cada peligro. Algunas ocasiones puede que sea necesario aplicar más de una medida para controlar un peligro o peligros específicos

y que con una determinada medida se pueda controlar más de un peligro. La siguiente tabla muestra el análisis de peligros:

Tabla 27. Hoja de análisis de riesgos para la cerveza y su proceso de elaboración en la PPE.

Etapas u operación unitaria / Ingrediente	Tipo de Peligro	Justificación	Riesgo	Medidas preventivas	¿Es un PCC?
Propagación de cultivo de levadura / Stock de levadura y medio de cultivo	Biológico	Inadecuada propagación de levadura y por tanto contaminación microbiológica del cultivo.	Alto	Propagar el medio en condiciones estériles. Realizar inspección microscópica de los cultivos ocasionalmente.	No
Reactivación de levadura / medio de cultivo	Biológico	Inadecuada reactivación de levadura y por tanto contaminación microbiológica del cultivo.	Alto	Reactivar la levadura en condiciones estériles.	No
Molienda / malta	Biológico	Presencia de hongos y plagas.	Alto	Tener un control de calidad de materia prima concertada con el proveedor y realizando las pruebas de calidad física del cereal.	En caso de contener micotoxinas Sí
	Físico	Presencia de materia extraña como vidrio, piedras, metales, basura, etc.	Alto		

	Químico	Presencia de micotoxinas. Presencia de pesticidas.	Alto	<p>Almacenar de manera adecuada la malta asegurándose sobre todo que se tenga una baja humedad siempre.</p> <p>Verificar que todos los granos de malta pasen por el imán del molino para asegurar que los posibles metales contenidos sean retenidos.</p>	
Sacarificación	No existe	-	-	-	-
Filtración	No existe	-	-	-	-
Ebullición	Biológico	<p>Tratamiento térmico inadecuado.</p> <p>Proliferación de microorganismos patógenos.</p>	Alto	<p>Verificar que el tiempo y temperatura de ebullición sean los adecuados para eliminar posibles microorganismos presentes.</p> <p>Verificar la temperatura de salida del mosto del tanque de ebullición.</p>	Sí

				Tener un control de calidad de materia prima concertada con el proveedor y realizando las pruebas de calidad rápidas y necesarias.	
Enfriamiento y aireación	Biológico	Aire contaminado y/o filtro no estéril o inadecuado. Proliferación de microorganismos.	Medio	Verificar que el tiempo y temperatura de esterilización del filtro sean los adecuados para eliminar posibles microorganismos presentes. Hacer pruebas rutinarias de la eficiencia del filtro.	No
Fermentación	No existe	-	-	-	-
Maduración	No existe	-	-	-	-
Envasado	No existe	-	-	-	-

Principio 2. Determinar los puntos críticos de control (PCC).

Es posible que haya más de un PCC al que se aplican medidas de control para hacer frente a un peligro específico. La determinación de un PCC en el sistema de HACCP se puede facilitar con la aplicación de un árbol de decisiones, como por ejemplo el diagrama de árbol de toma de decisiones (Figura 41), en el que se indique un enfoque de razonamiento lógico. El árbol de decisiones deberá aplicarse de

manera flexible, considerando si la operación se refiere a la producción, el almacenamiento u otro fin y deberá utilizarse con carácter orientativo en la determinación de los PCC. Este ejemplo de árbol de decisiones puede no ser aplicable a todas las situaciones, por lo cual podrán utilizarse otros enfoques.

Si se identifica un peligro en una fase en la que el control es necesario para mantener la inocuidad, y no existe ninguna medida de control que pueda adoptarse en esa fase o en cualquier otra, el producto y/o el proceso deberán modificarse en esa fase o en cualquier fase anterior o posterior, para incluir una medida de control.

Dentro del principio 1, en la hoja de análisis de riesgos (Tabla 27), se añade la columna de identificación del PCC con base a la toma de decisiones utilizando el diagrama de árbol.

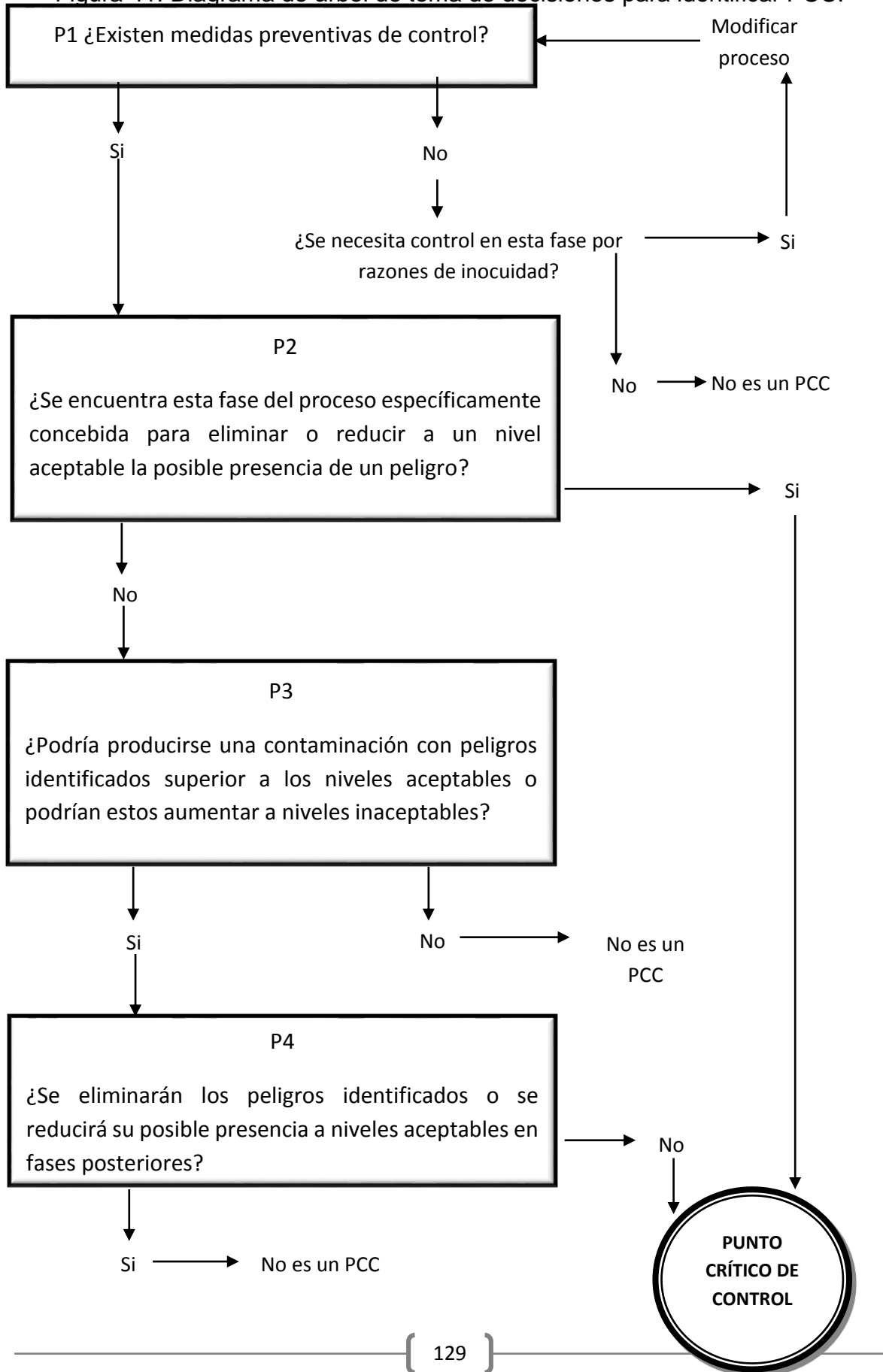
Se considera que la propagación y reactivación del cultivo tienen un riesgo alto ya que pudiera existir la contaminación con algunos microorganismos patógenos. Sin embargo, estas operaciones no son consideradas puntos críticos de control debido a que existen medidas preventivas de control, no son fases en la que se reduzca o elimine el peligro y, aunque estos cultivos son añadidos directamente al mosto una vez que este ya ha sido sometido a un proceso térmico, durante la fermentación no se podría producir una contaminación a niveles superiores o inaceptables debido a la concentración de azúcares del mosto que generalmente es superior al 11% de sólidos solubles totales, al efecto antibacteriano de los α -ácidos del lúpulo, a la alta concentración de células del inóculo, a las bajas temperaturas que se manejan durante la fermentación y al pH ácido que tiene el mosto. Todas estas condiciones son las razones por las cuales la proliferación de muchos microorganismos sobre todo patógenos no puede desarrollarse.

Para el caso de la malta, se considera que puede ser un PCC (PCC 1) solo si existen micotoxinas en ésta ya que la mayoría de las micotoxinas son carcinógenas y no pueden eliminarse fácilmente, además de que las temperaturas alcanzadas durante el posterior tratamiento térmico no son suficientes para destruirlas.

El proceso de ebullición se considera un PCC (PCC 2) debido a que es un tratamiento térmico en el que se eliminan los peligros microbiológicos.

El envasado aunque es una operación que podría presentar un riesgo puesto que después de ésta, no existe ninguna otra operación que reduzca el riesgo, no es considerado un PCC. Esto es debido a que se puede prevenir la contaminación haciendo uso de las Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad; además ésta no es una operación que esté concebida para eliminar o reducir el peligro y es difícil que la contaminación aumente a niveles inaceptables debido a las características del producto final, como se ha planteado en el punto 5.3.11 del presente trabajo.

Figura 41. Diagrama de árbol de toma de decisiones para identificar PCC.



Principio 3. Establecer un límite o límites críticos.

Para cada punto crítico de control deberán especificarse y validarse, si es posible, límites críticos. En determinados casos, para una determinada fase, se elaborará más de un límite crítico. Entre los criterios aplicados suelen figurar las mediciones de temperatura, tiempo, nivel de humedad, pH, actividad acuosa, entre otras. También se incluyen parámetros sensoriales como el aspecto y la textura.

Si se han utilizado guías al sistema de HACCP elaboradas por expertos para establecer los límites críticos, deberá cuidarse que esos límites sean plenamente aplicables a la actividad específica y al producto. Los límites críticos deberán ser mensurables y para el proceso de elaboración de cerveza en la Planta Piloto se establecen de la siguiente manera:

PCC 1

- ❖ **NOM-188-SSA1-2002**, Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias y a la **NOM-247-SSA1-2008** Productos y Servicios. Cereales y sus productos. En donde el límite máximo es de 20 µg aflatoxinas totales /kg de cereal.
- ❖ El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) ha recomendado una ingesta semanal tolerable provisional de Ocratoxina A de 100 ng/kg de peso corporal, correspondiente a aproximadamente 14 ng diarios por kg de peso corporal. Mientras que para la patulina se ha establecido provisionalmente una ingesta diaria máxima tolerable de 400 ng por kg de peso corporal.⁵⁹

Aunque estas normas indican los límites, se necesita de una forma rápida y fácil para poder decidir una acción correctiva de forma rápida por lo cual una inspección visual y física como la que se realiza en el laboratorio es suficiente y de acuerdo con esto el grano de malta debe encontrarse libre de cualquier contaminación por hongos, no debe presentar cambios de temperatura en diversos puntos ni tener la presencia de un “polvo fino”.

PCC 2

- ❖ Límite crítico de control para ebullición: 90°C durante mínimo 30 minutos

Principio 4. Establecer un sistema de vigilancia del control de los PCC.

De acuerdo al *Codex Alimentarius*, la vigilancia se define como “llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control para evaluar si un PCC está bajo control”.

La pérdida en el control se considera como desviación de un límite crítico para un Punto Crítico de Control. Los procedimientos frente a una desviación consisten en un conjunto de medidas predeterminadas y documentadas, que deben practicarse cuando se produce una desviación⁵⁶.

Mediante los procedimientos de vigilancia deberá poderse detectar una pérdida de control en el PCC. Lo ideal es que la vigilancia proporcione esta información a tiempo como para hacer correcciones que permitan asegurar el control del proceso. Cuando sea posible, los procesos deberán corregirse cuando los resultados de la vigilancia indiquen una tendencia a la pérdida de control en un PCC y las correcciones deberán efectuarse antes de que ocurra una desviación.

Los datos obtenidos gracias a la vigilancia deberán ser evaluados por una persona designada que tenga los conocimientos y la competencia necesarios para aplicar medidas correctivas cuando proceda. Toda desviación debe ser controlada mediante la adopción de una o más medidas para controlar el producto no apto y corregir la causa. El control del producto incluye la adecuada identificación, control y la retirada del producto afectado. Con frecuencia se prefieren las mediciones físicas y químicas a los ensayos microbiológicos, porque pueden realizarse rápidamente y a menudo indican el control microbiológico del producto.

Tabla 28. Medidas de vigilancia para los PCC.

PCC	¿Qué se vigila?	¿Cómo se vigila?
1- Recepción y pesado de la Malta	<p>La humedad del grano de malta.</p> <p>La temperatura del grano de malta.</p> <p>Se revisa visualmente la malta.</p>	<p>Se exigen análisis de pruebas de calidad a los proveedores.</p> <p>Se establece la inspección visual que se realiza en el laboratorio para calidad de granos la cual debe ser realizada antes de moler la malta por los alumnos y bajo supervisión de los profesores.</p> <p>Se determina la humedad del grano.</p>
2- Ebullición	<p>Que el tiempo de ebullición sea mayor a 30 minutos y la temperatura mayor a 90°C.</p>	<p>Aunque para la temperatura los controles son automáticos debe asegurarse que estos se encuentren a 90°C durante un tiempo no menor a 30 minutos. Monitoreando y vigilado por todos los involucrados en el proceso (alumnos y profesores) quienes deberán registrar las condiciones de esta operación.</p> <p>Es necesario medir la temperatura de salida del mosto para verificar que sea igual o mayor a 90°C.</p>

Principio 5. Establecer las medidas correctivas que han de adoptarse cuando la vigilancia indica que un determinado PCC no está controlado.

Con el fin de hacer frente a las desviaciones que puedan producirse, deberán formularse medidas correctivas específicas para cada PCC del sistema de HACCP. Estas medidas deberán asegurar que el PCC vuelva a estar controlado. Los procedimientos de control incluyen la adecuada identificación, control (aislamiento y evaluación), la retirada y eliminación del producto afectado cuando se excedan los límites críticos.

Para el PCC 1: si la malta tiene un contenido de humedad alto (mayor a 15%) se debe retener la malta y es necesario realizar una inspección de calidad de grano muy detallada. Si el grano no pasa las pruebas, se deberá rechazar la materia prima, aislarla perfectamente etiquetada por el profesor encargado del proceso quien dispondrá del cereal para su desecho.

Si ocurre una desviación en producto o materia prima habrá que registrarlo en el siguiente formato:

Tabla 29. Formato de registro para desviaciones en producto o materia prima.

Producto	Fecha de retención	Motivo de retención	Cantidad de producto retenida	Resultados de la evaluación	Firma de responsable de retención y de evaluación	¿Procede la eliminación del producto?	Autorización firmada para liberación o eliminación

Para el PCC 2: En caso de presentar temperatura de salida del mosto menor a 90°C, se deberá avisar al profesor encargado del proceso para revisar posibles fallas en el equipo y ajustar la temperatura del proceso. El mosto tendrá que ser reprocesado.

Se debe registrar la medida correctiva realizada en caso de presentar una desviación.

Tabla 30. Registro de medidas correctivas.

Fecha	Desviación	Causa	Medida correctiva adoptada	Firma de responsable

Principio 6: Establecer procedimientos de comprobación para confirmar que el Sistema de HACCP funciona eficazmente.

Deberán establecerse procedimientos de comprobación para determinar si el sistema de HACCP funciona correctamente; podrán utilizarse métodos, procedimientos y ensayos de comprobación y verificación, en particular mediante muestreo aleatorio y análisis. La frecuencia de las comprobaciones deberá ser suficiente para confirmar que el sistema de HACCP es eficaz.

Entre las actividades de comprobación deben realizarse las siguientes:

- Revisión semestral del sistema de HACCP incluyendo todos los principios.
- Revisión de registros e informes.
- Revisión de las desviaciones y los sistemas de eliminación del producto.
- Confirmación de que los PCC se mantienen bajo control.
- Calibración de equipo y material con su debido registro o informe.
- Verificar límites críticos.
- Registrar el proceso de comprobación del sistema HACCP.

Principio 7: Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

Para aplicar un sistema de HACCP es fundamental que se apliquen prácticas de registro eficaces y precisas. Deberán documentarse los procedimientos del sistema de HACCP, los sistemas de documentación y registro deberán ajustarse a la naturaleza y magnitud de la operación en cuestión y ser suficientes para ayudar a comprobar que se realizan y mantienen los controles de HACCP. Los documentos y registros escritos o computarizados deben estar completos, actualizados y bien archivados.

Los ejemplos de documentación son el análisis de peligros, la determinación de los PCC y la determinación de los límites críticos. Como ejemplos de registros se pueden mencionar las actividades de vigilancia de los PCC, las desviaciones y las medidas correctivas correspondientes.

5.6 Producto terminado

5.6.1 Componentes de la cerveza con valor nutritivo

La gran variedad de cervezas que existen no permite ofrecer datos sencillos y homogéneos sobre su composición. Por consiguiente, tampoco es sencillo realizar un análisis común de sus propiedades nutritivas. Sin embargo, la cerveza como tal presenta algunas cualidades nutrimentales que pueden variar de un tipo a otro pero se pueden generalizar y las cuales se describen en la siguiente tabla⁶⁰:

Tabla 31. Valor nutricional de la cerveza.

Componente	Niveles típicos (g/100 mL)
Agua	92-95
Alcohol	2.5-5
Carbohidratos totales	1.5-3
Proteínas totales, péptidos y aminoácidos	0.2-0.6
Lípidos	Despreciable
Minerales	0.2-0.3
Vitaminas y otros micronutrientes (ácido fólico, vitaminas del complejo B, Calcio, Zinc, Magnesio, Silicio, Potasio, Fósforo, entre otros)	0.002-0.2
Fibra	0.3-1.0
Polifenoles y compuestos de lúpulo	0.002-0.06

5.6.2 Características sensoriales deseadas en producto final

De acuerdo con la bibliografía, algunas características sensoriales deseables en el producto final pueden ser⁶¹:

Tabla 32. Características sensoriales deseadas en la cerveza.

Característica	Descripción (cualidades requeridas) y factores que la determinan.
Espuma	Atractiva y estable. Depende de la cantidad de polipéptidos anfipáticos que provienen de la molienda de la malta, la presencia de los iso- α -ácidos de cadena corta provenientes del lúpulo, cationes metálicos, pH, los niveles de CO ₂ , ausencia de lípidos y detergentes.

Claridad	<p>La mayoría de las cervezas se prefieren cristalinas sin turbidez, aunque no todas deben o pueden tener esta cualidad, en especial las artesanales.</p> <p>Depende de los materiales insolubles que no se hayan precipitado o estabilizado como el complejo llamado “trub”, polisacáridos residuales, oxalato y levadura.</p>
Color	<p>El color depende de la cerveza que se desee y de la malta utilizada para ello.</p> <p>El color se deriva de las reacciones de Maillard en el proceso de malteado de la cebada, además de la oxidación de los polifenoles.</p>
Sabor	<p>Sin sabores desagradables.</p> <p>Depende de todas las materias primas utilizadas en el proceso.</p>

5.6.3 Defectos en el producto terminado

Dentro del producto terminado, independientemente de la variedad de cerveza que se esté elaborando, deben cuidarse los siguientes aspectos relacionados a la estabilidad en la cerveza⁶⁰:

- **Formación de α -diacetonas**
Las principales son la 2,3-butanodiona (diacetilo) y la 2,3-pentanodiona que se producen por la levadura de la biosíntesis de valina e isoleucina durante la fermentación. Estas imparten un aroma a mantequilla en la cerveza. La eliminación de estas sustancias se facilita si se eleva la temperatura al final de la fermentación, con la adición de la enzima acetato descarboxilasa o si se realiza una buena maduración ya que la misma levadura metaboliza las diacetonas.
- **La formación de *trans*-2-nonenal.**
Se produce durante la oxidación de trazas de lípidos, para evitar esto se debe minimizar la exposición de la cerveza al oxígeno.

- Formación de aldehídos.
Producen sabor a rancio en la cerveza. Se pueden evitar disminuyendo al máximo la cantidad de oxígeno contenida en la cerveza, esto es saturándola de CO₂.
- La formación del 3-metil-2-buteno-1-tiol (MBT).
Se deriva de la degradación fotoquímica de los iso- α -ácidos en el rango de 350-500 nm del espectro electromagnético. Esta degradación se favorece en presencia de un fotosensibilizador como la riboflavina y el azufre, componentes que se encuentran en la cerveza. Para evitar la presencia de este compuesto que da aromas a “zorrillo”, es imprescindible tratar de proteger de la luz a la cerveza.
- Pérdida de estabilidad de espuma.
Se pierde la estabilidad por la acción de proteasas que no hayan sido completamente desnaturalizadas durante el tratamiento térmico.
- Excesiva turbidez.
La turbidez está dada por los materiales insolubles que no se hayan precipitado o estabilizado como el complejo proteína-polifenoles-carbohidratos, polisacáridos residuales, oxalato y levadura; esto se debe a un clarificado insuficiente. Sin embargo, en las cervezas artesanales la turbidez no está clasificada como un defecto, debido a que el proceso artesanal no cuenta con filtros o clarificadores de alta eficiencia.
- Deterioro microbiano.
La mayoría de los contaminantes potenciales provienen de las materias primas o del equipo que no ha sido limpiado y desinfectado debidamente. La cebada puede contener *Fusarium*, un hongo que puede liberar las micotoxinas. Los contaminantes pueden causar deterioro del sabor, turbidez y problemas de salud. Por ello es importante excluir estos contaminantes

desde el proceso de elaboración de la cerveza teniendo el equipo adecuado y una buena higiene en la elaboración.

5.6.4 *Control de Calidad en la Cerveza*

5.6.4.1 Legislación Nacional

En México no hay norma específica para la cerveza como tal, únicamente la **NOM-142-SSA1-1995** “Bienes y Servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones Sanitarias. Etiquetado Sanitario y Comercial” que tiene como objetivo establecer las especificaciones sanitarias y disposiciones de etiquetado sanitario y comercial de las bebidas alcohólicas que se comercialicen en el territorio nacional, puede aplicarse a la bebida. Esta norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas o morales que se dediquen a su proceso o importación, quedando exceptuados los productos para exportación.

De acuerdo a esta norma una bebida alcohólica es aquella obtenida por fermentación, principalmente alcohólica, de la materia prima vegetal que sirve como base utilizando levaduras del género *Saccharomyces*, sometida o no a destilación, rectificación, redestilación, infusión, maceración o cocción en presencia de productos naturales, susceptibles de ser añejadas, que pueden presentarse en mezclas de bebidas alcohólicas y pueden estar adicionadas de ingredientes y aditivos permitidos por la Secretaría de Salud, con una graduación alcohólica de 2% a 55% en volumen a 20°C (293K).

En esta norma también se define bebida alcohólica fermentada como el producto resultante de la fermentación principalmente alcohólica de materias primas de origen vegetal. Estas pueden adicionarse de ingredientes y aditivos permitidos por la Secretaría de Salud.

Disposiciones sanitarias:

- El agua empleada en la elaboración de bebidas alcohólicas debe ser potable y cumplir con lo señalado en el Reglamento y en la norma correspondiente. De ser necesario podrá utilizarse agua destilada o desmineralizada.
- En la elaboración de bebidas alcohólicas se deben seguir las BPF o BPM.

Especificaciones sanitarias:

- Para bebidas alcohólicas fermentadas el límite máximo de metanol es de 300 mg/100 mL de alcohol anhidro.
- Contaminación por metales pesados y metaloides

Tabla 33. Límite máximo de metales pesados para bebidas alcohólicas fermentadas.

Especificaciones	Límite Máximo (mg/L)
Cobre	2.0
Plomo	0.5
Arsénico	0.5
Zinc	1.5

- Aditivos alimentarios

Se permite el empleo de los saborizantes naturales que contempla el Reglamento, de acuerdo a las BPM además de los establecidos en el acuerdo 139 - Sustancias que pueden utilizarse en saboreadores o aromatizantes sintético artificiales.

- Ingredientes Opcionales

Se permite el empleo de ingredientes opcionales, tales como: laminilla de oro, variedades de chile, gusanos de agave, frutas, arbolito escarchado, hierbas, miel, sal, CO₂, fructosa, entre otros; siempre y cuando no representen un riesgo para la salud.

Conforme al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios en su título décimo noveno, capítulo quinto, la cerveza deberá tener las siguientes características:

Tabla 34. Especificaciones físicas y químicas de la cerveza de acuerdo con la Ley general de Salud.

Especificación	Límites
Peso específico a 20°C	0.998 a 1.018
Extracto real (%)	0.95 a 6.5
Alcohol por peso a 20°C (%)	2.03 a 5.26
Alcohol por volumen, grados Gay Lussac a 15°C	2.00 a 6.00
Acidez total en ácido láctico (%)	0.07 a 0.25
Proteínas (N total x 6.25) (%)	0.18 a 0.70
Azúcares reductores en maltosa (%)	0.50 a 1.80

5.6.4.2 Legislación Internacional

Para la Unión Europea, se entiende por cerveza a todo aquel producto que entre dentro de la clasificación propuesta en el código CN code 2203 00 01, en donde la cerveza es aquel producto constituido por un líquido claro, ligeramente espumoso, de color amarillo a ámbar. El producto tiene un grado de alcohol de 5,9% en volumen y se obtiene de la fermentación de un mosto de 15,3 grados Plato. La solución fermentada se clarifica y se filtra. A esta solución se le agrega jarabe de azúcar al 3.34%, componentes aromáticos al 0.14%, ácido cítrico al 0,11 % y ácido ascórbico al 0.002%. El producto presenta el olor y sabor característico de una cerveza y está destinado al consumo directo. Colorantes, dióxido de carbono y otras sustancias pueden ser adicionadas, en consecuencia, la cerveza puede ser aromatizada.

En el *Code of Federal Regulations* de Estados Unidos manifiesta, en el Título 27 - Alcohol, Productos de Tabaco y Armas de Fuego-, Capítulo I - Alcohol y Tabaco, Impuestos y Comercio. Oficina del Departamento de Hacienda, Subcapítulo A – Alcohol, Parte 7 - Etiquetado y Publicidad de Bebidas de Malta, que una bebida de malta es aquella hecha a partir de la fermentación alcohólica de una infusión o decocción o combinación de ambos, en agua potable adecuada para elaborar cerveza, de la cebada malteada con lúpulo o sus partes o sus productos; con o sin

otros cereales malteados; con o sin la adición de cereales no malteados o preparados, otros carbohidratos o productos preparados a la misma forma; con o sin la adición de dióxido de carbono y con o sin otros productos sanos adecuados para el consumo humano.

En éste mismo subcapítulo se expone que los productos que contienen menos de 0,5% de alcohol por volumen llevarán la designación de la clase "bebida de malta", "bebida de cereales" o "cercano a la cerveza". Si se utiliza la denominación "cercano a la cerveza", ambas palabras deben aparecer en el mismo tamaño, estilo, color y en el mismo plano. Ningún producto que contenga menos de 0.5% alcohol por volumen deberá llevar las designaciones de clase "cerveza", "cerveza *lager*", "*lager*", "*ale*", "cerveza *porter*", "cerveza *stout*" o cualquier otra clase o tipo de designación que aplica comúnmente a bebidas de malta que contienen más de 0.5% de alcohol por volumen.

Los términos "bajo en alcohol" o "reducido en alcohol" sólo podrán ser utilizados en bebidas de malta que contienen menos del 2.5 % de alcohol por volumen. El término "sin alcohol" se puede utilizar en bebidas de malta, siempre que la declaración "contiene menos del 0.5% de alcohol por volumen aparece en conjunción directa con él, en la impresión fácilmente legible y en un fondo totalmente contrastante. El término "libre en alcohol" sólo podrá utilizarse en bebidas de malta que no contengan alcohol.

También se hace notar que para la elaboración de una bebida hecha de malta que contenga 5% de alcohol en volumen, se pueden utilizar ingredientes y saborizantes que contengan alcohol pero que no sean bebidas, siempre y cuando no más del 49% del contenido total de alcohol del producto se derive de éstos. En el caso de bebidas de malta con un contenido mayor a 6% en volumen, no más de 1.5% del volumen de la bebida de malta puede consistir en alcohol procedente de saborizantes y otros ingredientes que contengan alcohol y no sean bebidas.

Las bebidas de malta pueden ser filtrados o procesadas de otra forma con el fin de eliminar el color, sabor, aroma, amargor u otras características derivadas de la fermentación.

Mientras tanto en el Título 27 - Alcohol, Productos de Tabaco y Armas de Fuego-, Capítulo I - Alcohol y Tabaco, Impuestos y Comercio. Oficina del Departamento de Hacienda, Subcapítulo A – Alcohol, Parte 25 – Cerveza; estipula que los términos “cerveza”, “ale”, “porter”, “stout” y otras bebidas fermentadas similares (incluidos los productos de sake y similares), de cualquier nombre o descripción aplica para aquellas bebidas que contengan 0.5% o más de alcohol por volumen, preparado o producido a partir de malta, en todo o en parte, o de cualquier sustituto de la malta.

De acuerdo a esto, la cerveza debe ser elaborada a partir de malta o de sustitutos de la malta. Sólo el arroz, granos de cualquier tipo, salvado, glucosa, azúcar y melaza son sustitutos de malta. Además, también se pueden utilizar los siguientes materiales como complementos en la fermentación de la cerveza: miel, fruta, jugo de fruta, concentrados de frutas, hierbas, especias y otros productos alimenticios.

5.6.5 Determinaciones realizadas en el laboratorio para la cerveza elaborada en la PPE

Monitoreo de la fermentación

Los resultados arrojados en las determinaciones fisicoquímicas realizadas para las muestras se exhiben en la siguiente gráfica, la cual muestra el progreso de la fermentación en cada uno de los lotes:

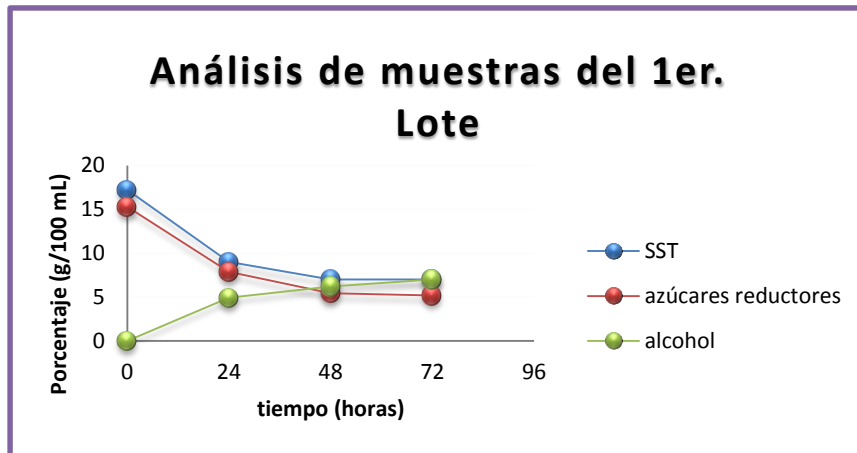


Figura 42. Gráfica de monitoreo de la fermentación para el 1er. Lote.

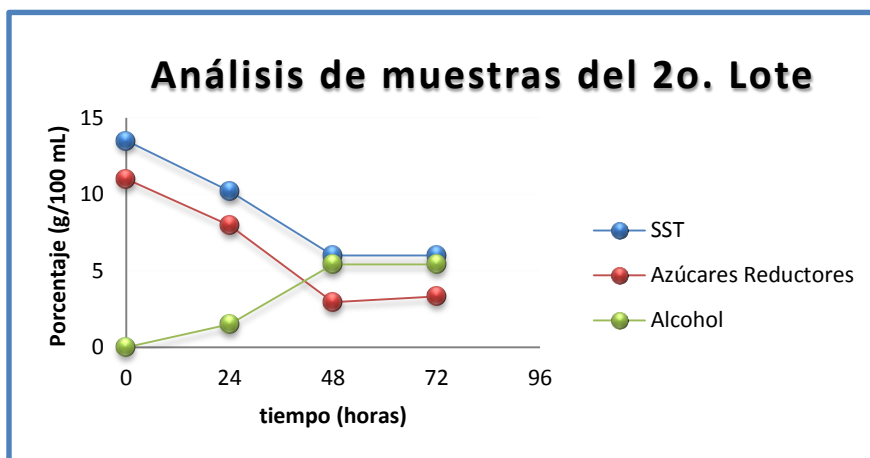


Figura 43. Gráfica de monitoreo de la fermentación para el 2o. Lote.

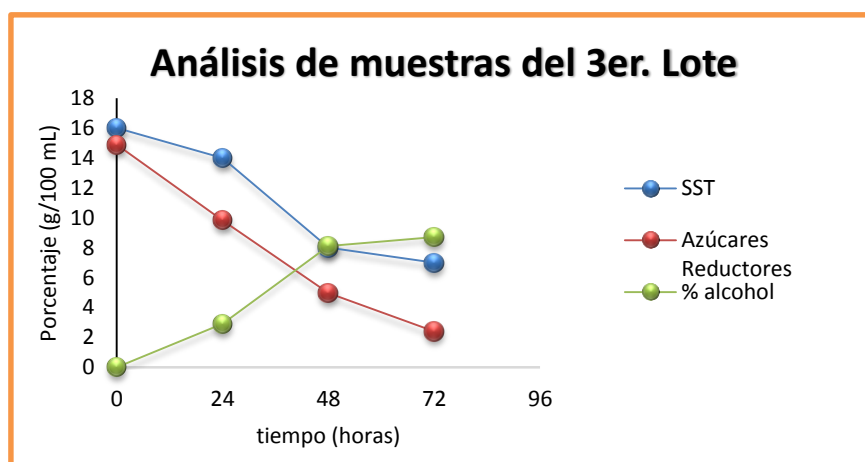
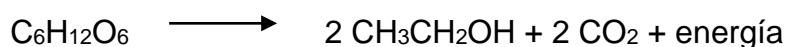


Figura 44. Gráfica de monitoreo de la fermentación para el 3er. Lote.

De los resultados obtenidos se puede observar un comportamiento similar en todos los lotes en el cual el grado de alcohol aumenta durante la fermentación a medida que los sólidos solubles totales disminuyen y por ende los carbohidratos reductores, lo cual es de esperarse debido a que la levadura utiliza estos carbohidratos dentro de su metabolismo anaerobio obteniendo como productos etanol y CO₂.

Rendimiento

Teóricamente de la fermentación de cada mol de glucosa se obtienen 2 moles de etanol y dos de CO₂, la expresión más simple de esta reacción en este proceso anaeróbico es la siguiente:



De acuerdo con esta, por cada 100 g de glucosa se obtienen 51.1 g de etanol. La relación entre la cantidad de productos celulares obtenidos y el sustrato consumido se denomina rendimiento de producto:

$$Y_{P/S} = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$

El proceso de fermentación se monitorea para determinar algunos parámetros como concentración de producto (etanol) y sustrato (azúcares fermentables). Con estos datos es posible determinar el rendimiento de la fermentación como se muestra en la tabla 35.

Tabla 35. Rendimiento de la fermentación en los lotes de cerveza elaborados.

Lote	% Carbohidratos fermentables iniciales (S ₀)	% Carbohidratos fermentables finales (S)	% Alcohol inicial (P ₀)	% Alcohol final (P)	Rendimiento
1	15.3	5.1	0	7	0.7
2	11.0	3.3	0	5.4	0.7
3	14.9	2.4	0	8.7	0.7

6 RECOMENDACIONES

El proceso de elaboración de cerveza seguido en la Planta Piloto Educativa persigue el mismo principio para fabricar cualquier tipo de cerveza y no difiere del seguido industrialmente a gran escala. Salvo algunas operaciones que no se realizan por la falta de equipo como el clarificado y envasado, pues para controlar totalmente esta operación haría falta el equipo adecuado.

Deben de quedar claros los prerequisites que se necesitan para implementar el sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control. De estos depende en gran medida que se puedan controlar la mayoría de las situaciones que pueden provocar un riesgo en el proceso. La mayoría de las Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad se siguen satisfactoriamente. Sin embargo, habría que modificar ciertas condiciones sobre todo de la instalación, lo cual es difícil debido a la ubicación y espacio donde se encuentra la Planta Piloto. Entre estas modificaciones se tendría que considerar cambiar la superficie de las paredes interiores debido a que no es lisa y por tanto, no cumple con el acabado sanitario, mientras que en otra de las paredes presenta un riesgo por la posible anidación de plagas y acumulación de suciedad. Se recomienda modificar las uniones entre paredes y pisos que no tienen acabado sanitario. Habría que proteger los extractores para evitar la entrada de plagas, heces de pájaro y polvo, además de cambiar el material aplicado en el piso por uno epóxico de larga durabilidad.

Se debe hacer mayor énfasis en el Programa de Limpieza y Desinfección de las instalaciones y del equipo, debido a que si no se ejecuta de manera adecuada promueve la proliferación de microorganismos y plagas indeseables. Debido a que los lotes no se elaboran continuamente (un lote por mes) es probable que se convierta en un riesgo para la inocuidad del producto.

Es importante mantener un control e inspección durante todo el proceso y sobre todas las materias primas utilizadas en la elaboración de cerveza. Esto asegura que el producto final tenga las características organolépticas, físicoquímicas y estándares de inocuidad deseados, así como aquellas que cumplan con lo requerido

habitualmente por los consumidores y que se encuentre dentro de los estándares de calidad nacionales e internacionales.

Para implementar el sistema HACCP se debe hacer hincapié en la medición, mejora y documentación de las condiciones de proceso, los límites y del programa completo. Es necesario generar la documentación para poder tener un control y recurrir a estos archivos en caso de que se presentase un problema o riesgo en lotes posteriores. La documentación de los registros y formatos debe ser seguida para asegurar que el proceso, los prerrequisitos, programas y medidas se estén efectuando eficazmente.

El equipo HACCP puede estar formado sin inconvenientes por profesores y alumnos de la Facultad de Química, ya que están capacitados para realizar estas tareas y tienen los conocimientos que se requieren para tener un grupo multidisciplinario. Esto no implica que no se pueda recurrir a especialistas de otras disciplinas cuando así convenga. Con ayuda del Manual de Calidad propuesto el equipo HACCP se apoyará para verificar el sistema y de ser necesario, realizar modificaciones en éste. Las medidas propuestas en este manual se adoptan de manera que se tenga un control sobre todo el proceso y de esta forma evitar accidentes que arriesguen al personal, al equipo, al producto y sus intermediarios.

De acuerdo a las determinaciones realizadas para los lotes examinados y las especificaciones de la **NOM-142-SSA1-1995** “Bienes y Servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones Sanitarias. Etiquetado Sanitario y Comercial”, la bebida fermentada elaborada en la Planta Piloto Educativa se considera una bebida alcohólica que cumple con las disposiciones sanitarias señaladas. Sin embargo, dentro del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios en su título décimo noveno, capítulo quinto, la cerveza elaborada en la PPE no cumple con los límites de alcohol y azúcares reductores en producto terminado. Si bien esta norma se encuentra vigente, también es cierto que actualmente se elaboran, importan, comercializan y consumen cervezas que rebasan los límites en cuanto a contenido alcohólico. En el caso de elaborar un producto que cumpla con este reglamento

sería necesario modificar el tiempo de sacarificación de manera que obtengamos un mosto con menos azúcares fermentables iniciales para obtener un grado alcohólico menor.

De la misma forma, para la legislación europea, se tiene un valor específico para grado de alcohol en el cual tendría que desarrollarse una sacarificación de manera que se obtenga un grado alcohólico de 5.9% en volumen.

No obstante, en la legislación de Estados Unidos, la bebida que se elabora en la Planta Piloto, entra dentro de la clasificación de cerveza y además cumple con el grado alcohólico para que se le considere como tal, el cual es un rango abierto mayor a 0.5% en volumen.

La cerveza elaborada en la Planta Piloto Educativa, es una cerveza artesanal que por sus características sensoriales (aroma, sabor, cuerpo) ha obtenido buenas críticas y que bien podría competir contra las comerciales. En cuanto a las determinaciones fisicoquímicas que se realizan, habría que controlar un poco más las condiciones de éstas (como temperatura) y sería conveniente realizar la determinación de carbohidratos fermentables por HPLC para minimizar la variabilidad en los resultados e identificar cuáles son los carbohidratos fermentables presentes en el mosto y en qué proporción se encuentran para fundamentar el rendimiento.

Se proponen usos alternos para los residuos generados en la Planta Piloto como en el caso del grano gastado que se podría utilizar para obtener biocombustibles, mientras que éste mismo en conjunto con la levadura tendrían un buen uso como fuente de fibra y proteína en alimentos elaborados en el Departamento de Alimentos y Biotecnología o como fuente de nitrógeno para medios de cultivo en el caso único de la levadura.

El presente manual y su contenido, se dispone de forma tal que sea fácilmente comprendido y puesto en práctica en la Planta Piloto Educativa de manera que el alumno que se involucre en el proceso de elaboración de cerveza tenga las herramientas para familiarizarse con el equipo a pequeña escala y más adelante

poder extrapolar estos conocimientos a una planta industrial debido a que la planta piloto educacional, al formar parte de una plataforma experimental se muestra el funcionamiento representativo de una planta industrial y con esto algunos de sus retos. El presente trabajo también sirve como una guía para realizar el manual de calidad de cualquier otra planta piloto que pudiera adquirirse en la Facultad de Química con fines educativos y de investigación.

7 CONCLUSIONES

Se ha alcanzado el propósito de éste trabajo que es presentar y describir el proceso de elaboración de cerveza dentro de la PPE, teniendo como base las actividades que se han venido desarrollando en ésta durante 5 años y exponiendo ciertos programas que deben seguirse para que el proceso sea homogéneo en cada uno de sus lotes y asegure la calidad del producto final. Por el momento se han desarrollado metodologías de operación de la planta, estandarización de inóculos y de formulación a nivel laboratorio para implementarlos como una práctica en la producción de cerveza para los alumnos de octavo semestre en la asignatura de Laboratorio de Tecnologías de Alimentos. (LABTEC).

Al desarrollar la propuesta del Manual de Aseguramiento de Calidad para la Planta Piloto Educativa para elaborar cerveza y mediante la experiencia práctica, se logró unificar todos los conocimientos adquiridos dentro de la experimentación en la planta piloto en el proceso de fabricación de cerveza, llevando a cabo de esta manera la planificación de la calidad. Además se han implementado las Buenas Prácticas de Manufactura adecuadas al proceso, recomendando las prácticas específicas de Higiene y Sanidad que se deben seguir de acuerdo a las necesidades del proceso y el producto e identificando los puntos críticos de control del proceso, así como proporcionar los formatos de registro para documentar las actividades realizadas en la Planta Piloto Educativa y poder tener un control sobre cada lote y evidencias que evalúen la eficacia dentro del Sistema de Gestión de Calidad.

Se ha conseguido implementar las especificaciones para controlar materia prima y proceso, así como establecer las características de calidad y almacenamiento de la materia prima y con ello garantizar la calidad e inocuidad del producto final. Con esto también se logró identificar la funcionalidad de los ingredientes y así comprender la importancia que tiene mantener las especificaciones de éstos para obtener un producto seguro. Aunque no se pudieron cumplir y establecer completamente las características de calidad en producto terminado dictadas por las normas mexicanas debido a la falta de equipos o recursos para realizarlas en el laboratorio y debido a que ésta legislación necesitaría parámetros más adecuados

para la industria de la cerveza hoy en día, se consiguió obtener un producto que cumpliera con otras normas internacionales y con las características deseadas por el consumidor.

La puesta en marcha, operación y manejo de la Planta Piloto y de los productos, así como la documentación relacionada al Manual de Calidad propuesto representa no sólo el cumplimiento de la mayoría de los objetivos planteados en el presente trabajo sino que además será útil no solo a los alumnos del área de Química de Alimentos sino también a los de Química, Ingeniería Química y Química Farmacéutica Biológica de la Facultad de Química y servirá como referencia para los alumnos y profesores que deseen realizar algún proyecto de investigación utilizando el equipo.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Juran J.M., Gryna F.M., Bingham R.S. Manual de Control de Calidad. 3ª Ed. España: Reverté, 2005
2. Norma Internacional ISO 9000:2005. Sistemas de Gestión de Calidad- Fundamentos y Vocabulario.
3. Juran J.M., Gryna F.M. Análisis y planeación de calidad. Del desarrollo del producto al uso. 3ª Ed. México: McGraw-Hill , 1995
4. Frazer A.C., et al. Quality control in the Food industry. Vol I. Edición de Herschdoerfer. Food Science And Technology, A Series of Monographs. Academic Press Inc., EU: 1967
5. Juran J.M., Godfrey A.B. Juran's Quality Handbook. 5ª. Ed., EU: McGraw Hill, 1999
6. Norma Internacional ISO 8402:1994. Gestión de calidad y aseguramiento de la calidad – Vocabulario.
7. Juran J.M., Gryna F.M. Análisis y planeación de calidad. Del desarrollo del producto al uso. 3ª Ed. México: McGraw-Hill , 1995
8. Norma Internacional ISO 9001:2008 - Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos.
9. Anónimo, International Organization for Standardization ISO. Consultado <http://www.iso.org> [Último acceso Enero de 2013]
10. NMX-CC-9000-IMNC-2008, "Sistemas de Gestión de la Calidad-Fundamentos y vocabulario".
11. NMX-CC-9001-IMNC-2008, "Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos".
12. NMX-CC-9004-IMNC-2009, "Gestión para el éxito sostenido de una organización - Enfoque gestión de la calidad".
13. Euzen J.P., Trambouze P. y Wauquier J.P. Scale-up methodology for chemical processes. Editions Technip, Francia: 1993
14. Quintero R.R. Ingeniería bioquímica. Teoría y aplicaciones. Alhambra Mexicana. España:1981
15. Best R. et al. Métodos para agregar valor a raíces y tubérculos alimenticios. Manual para el desarrollo de productos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia: 1997.
16. Johnstone R.E., Wooldridge T.M. APilot plants, models and scale-up methods in chemical engineering.
17. Jordan D.G. Chemical pilot plant practice, Colección Chemical engineering and technology library. Interscience Publishers, EU: 1995

18. Hoyle W. editor. Pilot plants and scale-up of chemical processes. Royal Society of Chemistry, Inglaterra: 1997
19. García G.M., López-Munguía C.A. Bebidas alcohólicas no destiladas. En: García G.M., López-Munguía C.A., Quintero R.R., coordinadores. Biotecnología Alimentaria. México: Limusa, 1993: 263-312.
20. García, G. 2011. Malta y Cerveza, Cerveza. *Tipos de cerveza*. Clases de la materia Malta y Cerveza impartido en la Facultad de Química, UNAM en el 2011.
21. Secretaría de Salud, Reglamento de la Ley General de Salud. Consultado en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmcsaeps.html> [Último acceso Noviembre de 2012]
22. Cámara Nacional de la Industria de la Cerveza y la Malta. Disponible en línea: canicerm.org.mx
23. Anónimo, Industria de la cerveza primer lugar en exportaciones, Revista Industrial del Campo 2000 Agro, México: Mayo, 2012. Disponible en línea: <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/industria-de-la-cerveza-primer-lugar-en-exportaciones/> [Último acceso Junio de 2013]
24. Hough J.S. Biotecnología de la cerveza y de la malta. España: Acribia, 1990.
25. Lewis M.J., Young T.W. Brewing. 2ª. Ed. EU: Aspen Publishers, 2001.
26. Hui Y.H, Chandan R.C. et al. Handbook of Food Products Manufacturing. Vol. I. EU: Wiley-Interscience, 2007.
27. Kunze W. Technology Brewing and Malting. Alemania: Vlb, 1999.
28. Gigliarelli P. El Hervor, Revista Mash: ciencia cervecera, 2010. Disponible en línea: <http://www.revistamash.com/detalle.php?id=364> [Último acceso Mayo de 2013]
29. Alatorre G.G., et al. Manual de Tecnología de Alimentos, México: UNAM, 2012.
30. NOM-127-SSA1-1994 "Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano- Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a los que debe someterse el Agua para su Potabilización".
31. Daniel C. Harris. Análisis Químico Cuantitativo, traducción de Berenguer N.V. y Berenguer M.A. México: Reverté, 2003, pp 277
32. Manual del usuario para la Cervecería Educacional Piloto TA263D. Italia: Didacta Italia, 2008.
33. Cervantes V., Guerrero T., et al. El Agua en la Ciudad de México, Revista Ciencias No. 94, México: UNAM, 2009, pp 16-94. Disponible en línea: http://www.revistaciencias.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&

- [id=203%3Ael-agua-en-la-ciudad-de-mexico&catid=43&Itemid=48](#) [Último acceso Diciembre de 2012]
34. Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Análisis de Calidad del agua 2012. Disponible en: <http://www.sacm.df.gob.mx:8080/web/sacm/calidaddelagua>
 35. Anónimo, Best Malz. Glossary, Bitterness. Disponible en línea: [http://www.bestmalz.de/en/glossary/international-bitterness-units-scale-\(ibu\)_40.htm](http://www.bestmalz.de/en/glossary/international-bitterness-units-scale-(ibu)_40.htm) [Último acceso Junio de 2013]
 36. Verzele M., et al. Brewing Science, Vol. III, Edición de Pollock, J.R.A., Londres: Academic Press Inc, 1979, pp 576
 37. Bamforth C.W. Alimentos Fermentación y Microorganismos, traducción por Torra R.M.M. España: Acribia, 2005. pp 3, 5, 30, 31, 32
 38. Anónimo, Hoja de datos técnicos de la Levadura Danstar Nottingham Lallemand. Disponible en línea: <http://www.danstaryeast.com/products/nottingham-ale-yeast> [Último acceso Mayo de 2013]
 39. Informe de Actividades de la PPE Cervecera Marzo-Noviembre 2010, Departamento de Alimentos y Biotecnología, UNAM.
 40. Manual del usuario para el Molino TA264D. Italia: Didacta Italia, 2008.
 41. Manuale di uso e manutenzione. Refrigeratori d'acqua per impieghi in processi industriali della serie "IP". Italia: Euroklimat, 2006.
 42. Instituto Tecnológico Agroalimentario/ Cerveceros de España. Mejores técnicas disponibles para el sector cervecero Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. Disponible en línea: <http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20cervecera-74f8271308c1b002.pdf> [Último acceso Enero de 2013]
 43. FAO/OMS. Higiene de los alimentos, Textos Básicos, 4a. Ed. Roma: Codex Alimentarius, 2009. Disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/012/a1552s/A1552S00.pdf> [Último acceso Marzo de 2013]
 44. Lazcano E.J.L. Buenas Prácticas de Manufactura y POES para la Industria láctea. Tesina de licenciatura. México: UAEH, 2007. Disponible en línea: <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icap/licenciatura/documentos/Buenas%20practicass%20de%20manufactura.pdf> [Último acceso Octubre de 2012]
 45. NOM-251-SSA1-2009, "Prácticas de Higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios".

46. Casillas G. F. J., et al. Manual de Buenas prácticas de Higiene y Sanidad, 2ª Edición y 2ª reimpresión. México: Secretaría de Salud, Subsecretaria de regulación y fomento sanitario. 1999.
47. NOM-028-STPS-1994, “Código de Colores para la Identificación de Fluidos Conducidos en Tuberías”
48. Carballo C.A. y Hernández G.J.A. Almacenamiento y conservación de granos y semillas, SAGARPA. Consultado en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf> [Último acceso Mayo de 2013]
49. Sánchez L. F., Tintó G-M.A., et al. La Cerveza Artesanal, Cómo hacer Cerveza en Casa, España: Egedsa, 2004, pp 65. Disponible en línea: http://www.cerveart.com/web/muestraslibro/03_ingredientes.pdf [Último acceso Mayo de 2013]
50. Anónimo, Almacenamiento en frío de Lúpulo, HVG Cooperativa de Explotación de Lúpulo. Disponible en línea: <http://www.hvg-germany.de/es/procesamiento-del-lupulo/almacenamiento-en-frio> [Último acceso Noviembre de 2012]
51. Alatorre R. R., et al. Manejo integrado de plagas, Sistema de Agronegocios Agrícolas, ficha técnica. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de Desarrollo Rural. Disponible en línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf> [Último acceso Septiembre de 2013]
52. Moreno B. G. Higiene e Inspección de carnes -1. España: Ediciones Díaz de Santos, 2006. Disponible en línea: http://books.google.com.mx/books?id=aOuMC7Dm59kC&printsec=frontcover&dq=higiene+e+inspeccion+de+carnes&hl=es&sa=X&ei=1UuGUo_9F6bb2QW2I4DoAQ&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=higiene%20e%20inspeccion%20de%20carnes&f=false [Último acceso Septiembre de 2013]
53. FAO, Departamento de Pesca. Aseguramiento de calidad de los productos pesqueros, capítulo 6. Limpieza y saneamiento en la elaboración de productos pesqueros, 1997. Disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/003/t1768s/t1768s08.htm> [Último acceso Septiembre de 2013]

54. Colegio de la Inmaculada Camponaraya. Seguridad e Higiene, Bloque III Tema I Limpieza y desinfección en bodega, España. Disponible en línea: <http://www.camponaraya.concepcionistas.es/system/files/10%20limpieza%20y%20desinfeccio%C2%B4n%20en%20bodegas.pdf> [Último acceso Noviembre de 2013]
55. FAO, Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) y directrices para su aplicación. Anexo al *CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997)*. Disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/005/y1579s/y1579s03.htm> [Último acceso Junio de 2013]
56. FAO/Ministerios de Sanidad y Consumo de España. Sistemas de calidad e inocuidad en alimentos: Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC). Roma: 2002. Disponible en línea: <http://books.google.com.mx/books?id=Rlrs8mdFTmwC&printsec=frontcover#v=onepage&q=desviaci%C3%B3n&f=false> [Último acceso Mayo de 2013]
57. NOM-188-SSA1-2002, "Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias".
58. NOM-247-SSA1-2008, "Productos y Servicios. Cereales y sus productos".
59. FAO, Micotoxinas de Importancia Mundial. Disponible en línea: <http://www.fao.org/docrep/005/Y1390S/y1390s04.htm> [Último acceso Febrero de 2013]
60. Baxter E.D. y Hughes P.S. Cerveza: calidad, higiene y características nutricionales. España: Acribia, 2001, pp 106
61. Bamforth C.W. Editor. *Brewing: new technologies*. Inglaterra: Woodhead, 2006.
62. NOM-142-SSA1-1995, "Bienes y Servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones Sanitarias. Etiquetado Sanitario y Comercial".
63. Diario oficial de la Unión Europea. CN code 2203 00 01, Reglamento 1967/2005, Relativo a la clasificación de ciertas mercancías de la nomenclatura combinada, 2005. Disponible en línea: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:316:0007:0009:EN:PDF> [Último acceso Noviembre de 2013]
64. *Code of Federal Regulations*, Title 27 - Alcohol Tobacco Products and Firearms, Chapter I - Alcohol and Tobacco, Taxes and Trade. Office of the Department of Finance, Subchapter A - Alcohol, Part 7 - Labeling and Advertising of Malt

Beverages. Disponible en línea: <http://www.law.cornell.edu/cfr/text/27/7.24> [Último acceso Noviembre de 2013]

65. *Code of Federal Regulations*, Title 27 - Alcohol Tobacco Products and Firearms, Chapter I - Alcohol and Tobacco, Taxes and Trade. Office of the Department of Finance, Subchapter A - Alcohol, Part 25 – Beer. Disponible en línea: <http://www.law.cornell.edu/cfr/text/27/25> [Último acceso Noviembre de 2013]
66. Stewart G.G. The Chemistry of Beer Instability, *Journal of Chemical Education*, 2004, 81 (7), pp 963. Disponible en línea: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed081p963>