

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**



**“DISMINUCION DEL CONTENIDO DE
OXIGENO EN LA CERVEZA ENVASADA”**

**INFORME TECNICO DE ACTIVIDADES PROFESIONALES
DESARROLLADAS
PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
GONZALO JAVIER MANCHEGO BONILLA**

LIMA - PERU

1998

INDICE

| | PAG |
|--|-----------|
| I. RESUMEN | 1 |
| II. ORGANO EMPRESARIAL Y LABOR PROFESIONAL DESARROLLADA | 4 |
| II.1. Organo Empresarial | 5 |
| II.2. Misión y Visión de Futuro de la Empresa | 7 |
| II.2.1 Misión de la Organización | 7 |
| II.2.2 Valores de la Organización | 7 |
| II.2.3 Política de Calidad | 9 |
| II.2.4 Los Siete Principios de Calidad Total | 9 |
| II.3. Organigrama | 10 |
| II.4. Relación Laboral y labor profesional desarrollada | 16 |
| II.4.1 Actividades rutinarias | 18 |
| II.4.1.1 Análisis de Insumos | 18 |
| II.4.1.2 Análisis de Aguas | 18 |
| II.4.1.3 Análisis de Productos en proceso | 19 |
| II.4.1.4 Control de Operaciones en el envasado | 19 |
| II.4.1.5 Análisis de Productos terminados | 20 |
| II.4.2 Actividades no rutinarias | 24 |
| II.4.3 Trabajos especiales | 25 |
| III. LA CERVEZA Y SU PROCESO DE PRODUCCION | 26 |
| III.1. Antecedentes Históricos | 27 |
| III.2. Materias primas usadas en la elaboración de cerveza | 29 |
| III.3. Proceso de Producción | 35 |

| | |
|---|-----------|
| IV. DISMINUCION DEL CONTENIDO DE OXIGENO EN LA CERVEZA ENVASADA | 57 |
| IV.1. Antecedentes | 60 |
| IV.2. Mediciones de aire en la cerveza | 61 |
| IV.3. El Oxígeno y el Proceso Productivo de la Cerveza | 68 |
| IV.4. Mediciones de oxígeno en la cerveza | 71 |
| IV.5. Relaciones aire oxígeno en la cerveza | 76 |
| IV.6. Cambio de Medición de aire a oxígeno en la cerveza | 77 |
| IV.6.1 Método de Análisis de aire en el cuello del envase | 78 |
| IV.7. Descripción del Trabajo realizado para obtener la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza | 81 |
| IV.7.1 El oxígeno/aire en cerveza al inicio del trabajo (1992). | 81 |
| IV.7.2 Inicio del trabajo : Puesta en marcha de los equipos analizadores de oxígeno (1992) | 86 |
| IV.7.2.1 Diferenciación de las mediciones de oxígeno-aire en cerveza | 86 |
| IV.7.2.2 Verificación de las lecturas obtenidas con el equipo analizador de oxígeno. | 91 |
| IV.7.3 Identificación de puntos críticos y mecanismos de ingreso de oxígeno a la cerveza en el área de Bodegas | 95 |
| IV.7.4 Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza en el llenado del envase. Area de Envasado | 97 |
| IV.7.4.1 Modificación de las condiciones de operación de las llenadoras | 98 |
| IV.7.4.2 Determinación del incremento del contenido de oxígeno en cerveza. | 105 |
| IV.7.4.3 Mejora en la uniformización de los contenidos de oxígeno disuelto en la cerveza envasada | 107 |
| IV.7.5 Identificación de puntos críticos y mecanis- mos de adquisición de oxígeno en el Envasado | 108 |

| | | |
|------|------------------------------|-----|
| V | EVALUACIÓN DE RESULTADOS | 101 |
| VI | CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES | 102 |
| VII | ANEXOS | 103 |
| VIII | BIBLIOGRAFÍA | 104 |

I. RESUMEN

I. RESUMEN

El que suscribe viene laborando durante mas de 10 años en el Departamento de Control de Calidad de la Unión de Cervecerias Backus y Johnston S.A.A.(Sociedad Anónima Abierta),ex Cervecería Backus y Johnston como Jefe de Guardia de Control de Calidad, principalmente en las Plantas de Ate y Rímac.

Durante este tiempo aplicó sus conocimientos profesionales en el desarrollo de las funciones encomendadas a su cargo que consisten en su mayoría en la realización de análisis fisicoquímicos e instrumentales de insumos, productos en proceso y productos terminados.

También ha participado en la realización de estudios tendientes a lograr mejoras en la calidad del producto y en la producción.

Es en ésta última actividad, donde se ha desarrollado la principal contribución profesional del suscrito; la que ha consistido en solucionar uno de los problemas técnicos de mayor importancia que tenía la División de Producción de la Cervecería durante muchos años: el elevado contenido de oxígeno en la cerveza envasada, que en esa época se medía como aire. Este parámetro, contenido de oxígeno en la cerveza, que se encontraba con una especificación muy por encima de la deseada por la Gerencia de Producción, con frecuencia salta fuera de los límites establecidos, afectando la calidad del

producto y disminuyendo significativamente la productividad de la Planta, por cuanto originaba prolongadas paradas de las líneas de producción.

La solución integral de este problema implicó 5 años de observaciones y trabajos independientes en las Plantas de Rímac y Ate, que permitieron primero visualizar y luego entender los mecanismos que lo originaban, para finalmente cambiar las condiciones de operación en los puntos críticos del proceso.

La solución conseguida no sólo permitió mantener bajo control el oxígeno en cerveza sino también disminuir la especificación a niveles muy inferiores, y consolidó el uso de nuevos equipos de medición y el cambio de unidades de medición de unidades de cc (centímetros cúbicos) a ppm (partes por millón) de oxígeno disuelto en cerveza.

Este trabajo fué desarrollado inicialmente en Planta Rímac, y dado el éxito de la solución obtenida, el que suscribe tuvo el encargo de hacerlo igualmente en Planta Ate, Planta Motupe y Cervecería San Juan.

Posteriormente, en base a este trabajo, en la cervecería se han desarrollado y se continúan desarrollando mejoras, que han conseguido lograr niveles de oxígeno en la cerveza aún más bajos y que han superado ampliamente las expectativas a un costo muy pequeño.

II. ORGANO EMPRESARIAL Y LABOR PROFESIONAL DESARROLLADA

II. ORGANO EMPRESARIAL Y LABOR PROFESIONAL DESARROLLADA

II.1. Organo Empresarial

La empresa en la que el suscrito desarrolla su labor profesional es la Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A.(Sociedad Anónima Abierta), anteriormente llamada Cervecería Backus y Johnston S.A. Es la empresa peruana privada más importante dedicada a la elaboración y comercialización de cervezas blancas negras y bebidas gaseosas. Es también la empresa más importante de la Corporación Backus y Johnston, que agrupa el manejo empresarial de las empresas dirigidas por la familia Bentín, dueña de la mayoría de acciones de la Unión de Cervecerías Peruanas (UCP).

Los inicios de esta empresa se remontan al año 1879, donde dos jóvenes ingenieros norteamericanos Jacobo Backus y John Howard Johnston que vinieron a trabajar en la red de ferrocarriles que construía Enrique Meiggs, iniciaron la elaboración de cerveza en una fábrica ubicada en la Alameda de los Descalzos, donde anteriormente funcionaba una fábrica de hielo. Diez años después, en 1889 era organizada en Londres una compañía de responsabilidad limitada bajo la dirección de los señores Backus y Johnston para continuar la elaboración de cerveza a mayor escala. Esta compañía se llamó la Backus & Johnston Brewery Limited.

II. Organismo empresarial y labor profesional desarrollada

En el año 1954 el empresario peruano Ricardo Bentín junto con otros, como el señor Daniel Olaechea, George Bertie y Gustavo Aspillaga, compraron acciones de los accionistas ingleses de la Backus y Johnston Brewery , y en el año 1955 se constituyó la Cervecería Backus y Johnston S.A.

En marzo de 1994, el grupo Backus adquirió el 62% de las acciones comunes de la Compañía Nacional de Cerveza, la segunda empresa cervecera del país, por un monto de US\$ 134 millones.

En la actualidad, cuenta con cinco plantas industriales cerveceras en operación, tres de ellas en Lima (Planta Ate, Planta Rímac, Planta Callao) y dos en provincias (Planta Motupe y Planta Trujillo).

Estas plantas industriales cerveceras sumadas a otras plantas asociadas, como Planta San Mateo (donde actualmente se preparan y envasan bebidas gaseosas) , Planta Pucallpa (donde se elabora y envasa cerveza San Juan), y Maltería Lima (donde se realiza el malteo de la cebada cervecera) integran la Corporación Backus y Johnston.

La Corporación Backus y Johnston es en la actualidad uno de los grupos corporativos más importantes dentro del sector industrial peruano y abarca diversas áreas de interés, siendo el principal la producción y comercialización de cerveza, cuyas marcas más conocidas son Cristal y Pilsen. Otras marcas que produce y comercializa son: Garza Real, San Juan y Bremen en cerveza blanca; Morena, Maltina, Malta Sansón, Malta Polar y Pantera en cerveza negra.

En el caso de las cervezas Cristal y Pilsen, mantiene una variedad de presentaciones las principales de las cuales son: botellas de 620 ml, un litro, 310 ml y 355 ml ; barriles (chopp) de 30 y 50 litros ; y envases de aluminio de 355 ml. Recientemente la empresa ha lanzado al mercado el envase no retornable de 355 ml con tapa twist off , la cual no requiere de destapador.

En el caso de las demás cervezas, las presentaciones son : Cristal light, San Juan y Garza Real, Malta Morena en botellas de 620 ml y 310 ml ; Maltina en botella de 360 ml ; y Malta Sansón en botella de 620 ml.

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

II.2. Misión y Visión de Futuro de la Empresa.

La Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston al ser una empresa de clase mundial, ha establecido claramente su misión y visión de futuro, la que se sustenta en valores morales y que se expresa a través de su política de calidad , la que es aplicada en todos las áreas de la organización.

Estas declaraciones se detallan a continuación:

II.2.1. MISION DE LA ORGANIZACION

- a. Producir y comercializar bienes y servicios de óptima calidad prioritariamente dirigidos al sector de bebidas y alimentos, tanto para el mercado local como de exportación.
- b. Buscar la satisfacción de las necesidades reales de los consumidores.
- c. Generar un proceso continuo de cambio, para mantener unidades productivas modernas, eficientes, rentables y competitivas a nivel mundial.
- d. Contribuir al desarrollo del país.

II.2.2. VALORES DE LA ORGANIZACION

a. LIDERAZGO:

Se forja a través de un proceso de sinceramiento y el desarrollo de virtudes. El fin que se persigue es lograr hacer que las personas hagan lo que se debe hacer.

b. BUEN EJEMPLO:

Practicar lo que se predica. Es la forma como el líder transmite sus valores y principios.

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

c. CONFIANZA - AMISTAD:

Condición para lograr compromiso con la empresa y autonomía para crear. Estimula la eficiencia y evita limitarse a señalar los errores, sino por el contrario ayuda a corregirlos y superarlos. Es la base para trabajar en equipo.

d. TRABAJO EN EQUIPO:

Asociación de esfuerzo. Los miembros del equipo comparten los objetivos, planes, estrategias y errores, haciendo que los objetivos del conjunto prevalezcan sobre los objetivos individuales.

e. INNOVACION:

Implica respaldar la iniciativa y creatividad personal y del equipo, tolerando errores y buscando la acción permanente. Sin este valor no se aprovecharía las oportunidades, ya que éstas por definición son inciertas.

f. CALIDAD TOTAL - PRODUCTIVIDAD:

Producir bienes desde el principio, en una cadena de responsabilidades, satisfaciendo las necesidades del cliente. Es lograr resultados a menor costo.

g. MORALIDAD DE LOS ACTOS:

Es actuar respetando la ley, sin incurrir en actos deshonestos o de dudosa negación. Es respetar los derechos de los demás, evitando sacar ventaja de nuestra posición empresarial. Da estabilidad en el largo plazo y es un ejemplo para la moralización de nuestro país.

h. SOLIDARIDAD SOCIAL:

Compromiso de la empresa y de las personas que la conforman en todo apoyo de la comunidad. Este valor se potencia aún más debido a las diferencias sociales de nuestro país.

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

II.2.3. POLITICA DE CALIDAD

- a. Para la Corporación Backus, calidad significa: proveer a nuestros clientes de productos y servicios que los satisfagan totalmente, e incluso superen sus requerimientos, al más bajo costo posible.
- b. El aseguramiento y mejoramiento de la calidad de nuestros productos y servicios son permanentemente objetivos que orientan las decisiones de la Corporación y de las Empresas que la componen.
- c. En la práctica permanente de nuestra política de calidad:
 - i. Integramos a nuestros clientes, nuestros recursos humanos y nuestros proveedores.
 - ii. Definimos nuestra orientación a la mejora permanente, atacando las causas raíces de los problemas y tomando decisiones en base a hechos y datos, y
 - iii. Reafirmamos el compromiso gerencial hacia la calidad.

II.2.4. LOS SIETE PRINCIPIOS DE CALIDAD TOTAL

- a. El cliente es el guía del negocio.
- b. El recurso humano es el capital fundamental de la empresa.
- c. Los proveedores deben ser vistos como parte integrante de nuestro sistema de trabajo.
- d. Todo puede y debe ser mejorado continuamente.
- e. Atacar las causas en su raíz.
- d. Las decisiones deben ser tomadas en base a hechos y datos analizados estadísticamente.
- d. Los gerentes y jefes deben ser líderes, maestros y modelos.

II. Organismo empresarial y labor profesional desarrollada

II.3. Organigrama

Explicación del organigrama:

La corporación Backus se encarga del manejo de diferentes empresas que pertenecen al grupo empresarial dominado por la familia Bentin. La principal de ellas es la Unión de Cervecerías Backus y Johnston. El gerente Corporativo es la máxima autoridad ejecutiva de la Corporación y maneja el grupo empresarial a través de los gerentes generales de cada empresa. Ello se muestra en la Fig. II.1.

La Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston fue formada a partir de la fusión de la ex Compañía Nacional de Cerveza, con la ex- Cervecería Backus y Johnston.

Para su manejo empresarial, la Unión de Cervecerías Peruanas se conduce a través de 5 DIVISIONES : Producción, Logística, Finanzas, Recursos Humanos y Mercadeo.

Las funciones a cargo de estas divisiones son:

Producción : Se encarga del proceso productivo de la cerveza.

Logística : Se encarga del abastecimiento de las materias primas e insumos necesarios para la producción de la cerveza. Asimismo está a cargo de la distribución del producto terminado.

Finanzas : A cargo del manejo financiero, contable de la empresa.

Recursos Humanos: Encargado de proveer recursos humanos a la empresa.

Mercadeo : A cargo de las ventas de los diversos productos terminados producidos en la Empresa.

La máxima autoridad ejecutiva de la Unión de Cervecerías Peruanas es el Gerente General , que actualmente es el Sr. Carlos Bentin.

II. Organismo empresarial y labor profesional desarrollada

El Gerente General, se apoya en 5 Gerentes de División (Producción, Logística, Finanzas, R. Humanos, Mercadeo).

Los Gerentes de División son la máxima autoridad de su sector en todas las plantas de la Unión de Cervecerías Peruanas (Rímac, Ate, Callao, Motupe, Trujillo). Ver Fig. II.2.

En el caso de la División de Producción en cada planta existe un responsable de planta que es el Subgerente de Producción. En cada planta, debajo del Subgerente de Producción, se encuentran los Jefes de Departamento. La División de Producción tiene los departamentos de

Elaboración : Encargada de las siguientes etapas del proceso Molienda, Cocimiento, Fermentación, Reposo, Blending y Filtración.

Mantenimiento : Encargado de darle el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a las máquinas utilizadas en el proceso productivo. Comprende la sección de Planta de Fuerza que es la encargada de proveer de vapor, aire, agua, CO₂, electricidad y sistemas de frío a la planta.

Control de Calidad: Encargada de realizar análisis de las materias primas, insumos y cerveza en todos los puntos del proceso donde es requerida.

Realiza también controles e inspecciones del funcionamiento de diversas máquinas y equipos de la Planta

Seguridad Industrial: Encargada de velar por el cumplimiento del reglamento de seguridad industrial de la Planta. Tiene a su cargo también la sección de enfermería.

Envasado : Responsable de la etapa de Envasado de la cerveza. A cargo del manejo de todas las máquinas de las líneas de envasado. Ver Fig. II.3.

En el caso de Control de Calidad Planta Rímac, el Jefe de Departamento es el responsable de Planta Rímac y a su vez es Jefe de los Jefes de Control de Calidad de las otras 4 plantas. El cargo tiene el nombre de Jefe del Departamento Central de Control de Calidad.

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

Debajo del Jefe del Departamento Central de Control de Calidad, en Planta Rímac , esta el Sub-Jefe de Control de Calidad y debajo de ellos están los analistas Químicos, analistas Microbiológicos y Jefes de Guardia.

En las otras plantas debajo del Jefe de Departamento de Control de Calidad no hay Sub-Jefatura y los inmediatos siguientes son: los analistas Químicos, analistas Microbiológicos y Jefes de Guardia. Ver Fig. II.4.

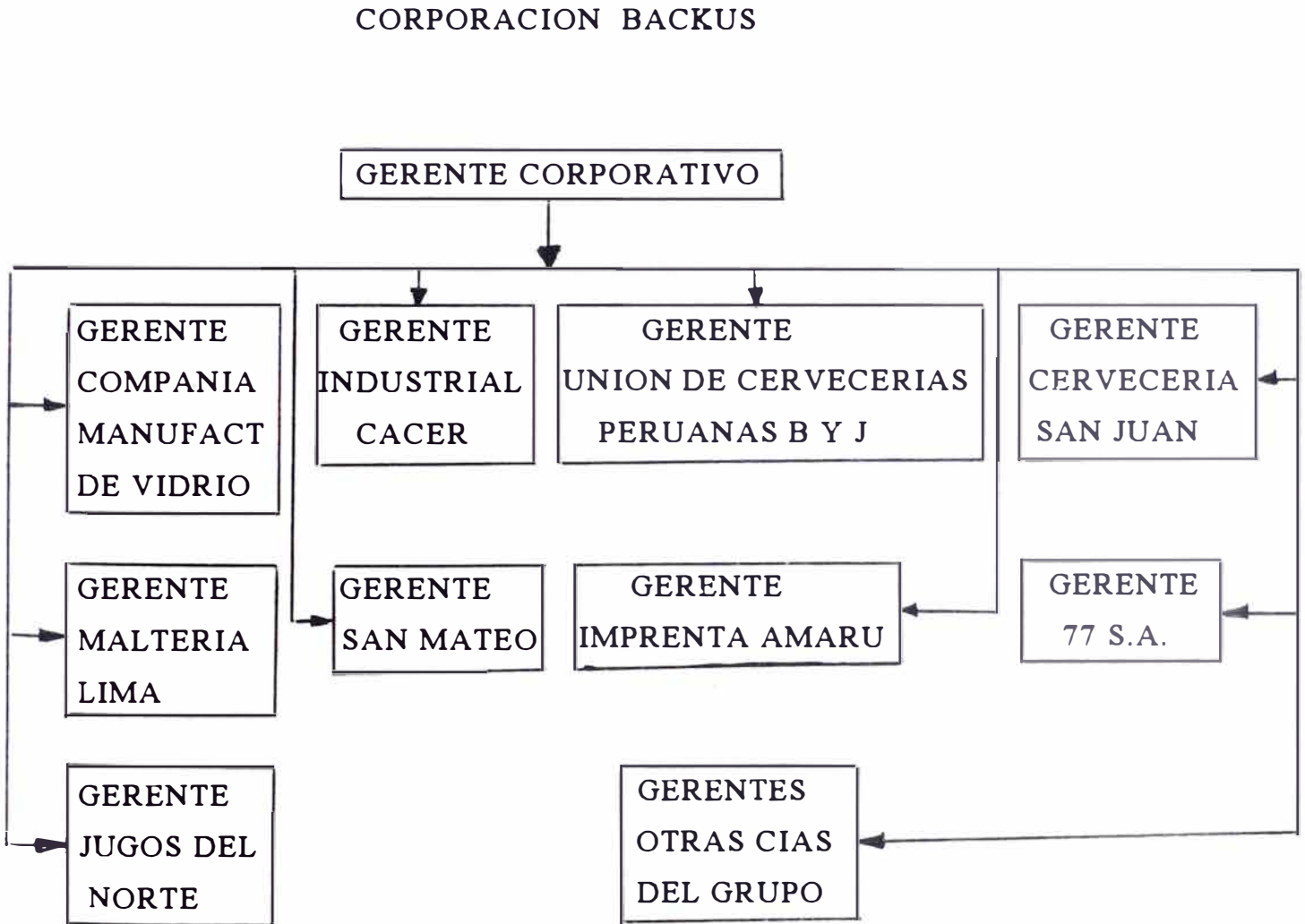
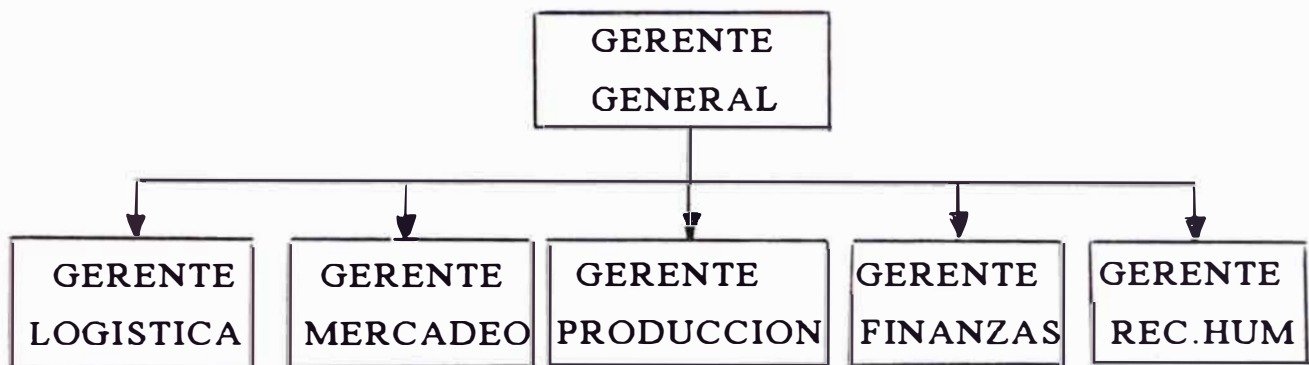


Figura II.1. Organigrama General de la Corporación Backus

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada**UNION DE CERVECERIA PERUANAS****Figura II.2. Organigrama de la Unión de Cervecerías Peruanas**

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

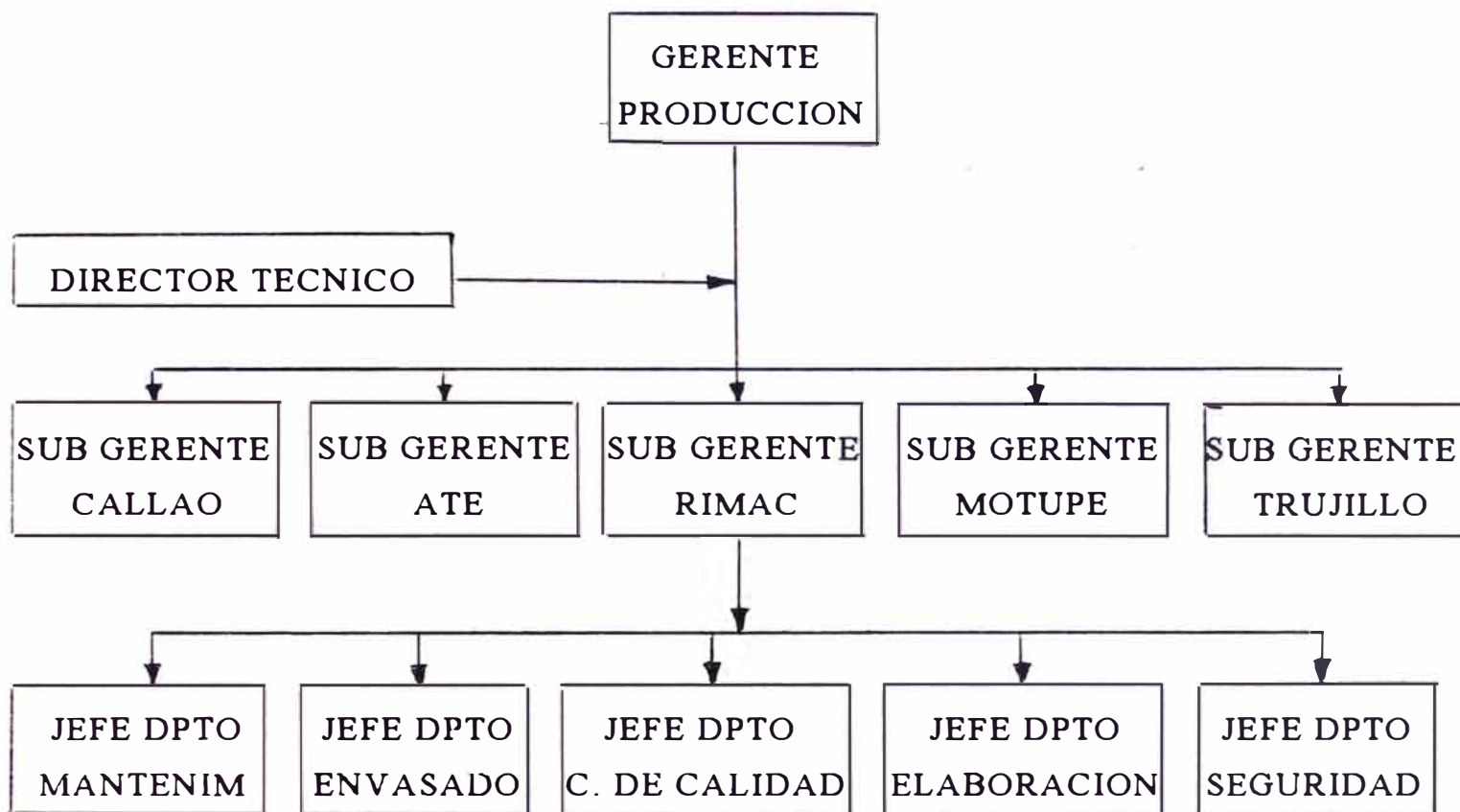


Figura II.3. Organigrama de la División de Producción de la Unión de Cervecerías

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

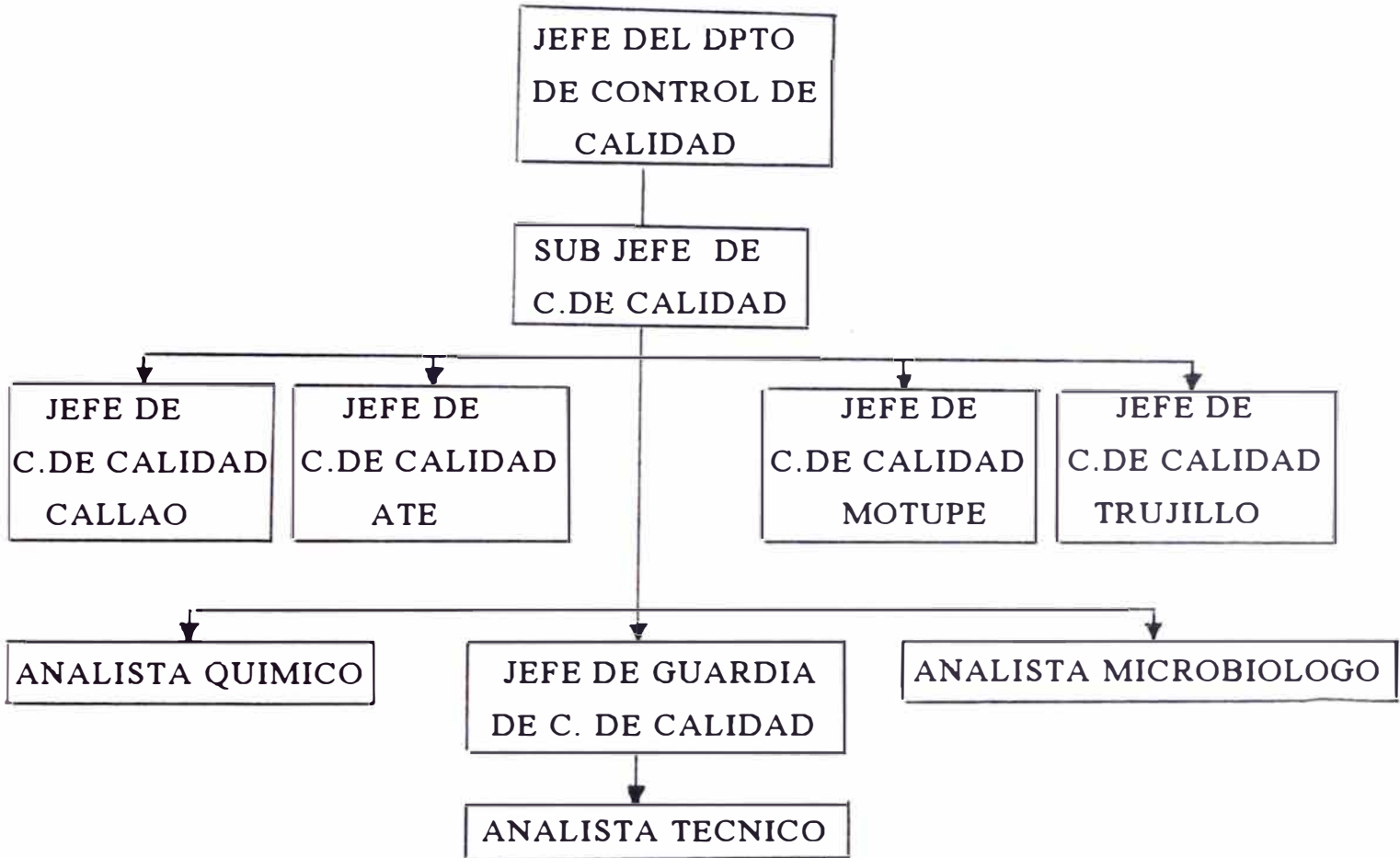


Figura II.4. Organigrama del Departamento de Control de Calidad de la Unión de Cervecerías Peruanas.

II.4 Relación Laboral. Labor profesional desarrollada

Desde 1987 hasta la actualidad el cargo que viene desempeñando el suscrito, en la Unión de Cervecerías Peruanas, es el de Jefe De Guardia de Control de Calidad. El cargo tiene la calificación de cargo de confianza.

La labor realizada se desarrolla indistintamente en las Plantas de Ate y Rímac, y en forma ocasional también en las Plantas Motupe, Pucallpa y Callao.

En la actualidad las principales funciones propias del cargo desempeñado son:

1. Realizar muestreos y controles analíticos de: insumos, mosto, cerveza, aguas, gaseosas, de acuerdo a los métodos normalizados y las necesidades del Departamento.

2. Asesorar a la Jefatura y a las demás áreas de la Empresa, participando en estudios o proyectos que lo requieran.

3. Verificar que los equipos e instrumentos de Laboratorio estén en correcto estado de operación, calibración y mantenimiento.

4. Dar conformidad al producto terminado que cumpla con las especificaciones establecidas.

Para el cumplimiento de las funciones asignadas, se realiza un conjunto de actividades, que se puede clasificar en función de su frecuencia e importancia como: rutinarias, no rutinarias y trabajos especiales.

II. Órgano empresarial y labor profesional desarrollada

Las actividades rutinarias tiene como finalidad verificar el cumplimiento de las especificaciones del producto en distintas fases del proceso hasta llegar a producto terminado.

Las actividades no rutinarias comprenden los análisis que se realizan para verificar el cumplimiento de especificaciones en procesos no rutinarios ó especiales.

Comprende también actividades de mantenimiento de equipos de laboratorio y realización de verificación y mantenimiento de los mismos.

Asimismo todas aquellas actividades que no son las nuestras y que normalmente son realizadas por otras áreas del departamento.

Los trabajos especiales tienen como finalidad lograr mejoras en los procesos mejorar los métodos de análisis, asegurar la repetibilidad de los mismos mediante la formulación de normas de análisis y normas de calibración, poner en marcha equipos recién adquiridos e instruir al personal sobre su uso, posibilidades y limitaciones.

II.4.1. ACTIVIDADES RUTINARIAS

Las actividades rutinarias tienen como finalidad verificar el cumplimiento de las especificaciones del producto en distintas fases del proceso hasta llegar a producto terminado.

A su vez las actividades rutinarias las podemos dividir en función de la parte del proceso a la que están ligadas en : análisis de insumos, análisis de aguas, análisis de productos en proceso, análisis de producto terminado y control de operaciones en el envasado.

II.4.1.1. Análisis de Insumos

Comprende el análisis de los principales insumos que se usan en proceso de producción de cerveza, entre otros tenemos: de gomas, lubricantes, abrillantadores, etiquetas, tapas, cajas plásticas y de cartón, botellas, envases de aluminio, ácido nítrico y soda Cáustica.

II.4.1.2. Análisis de aguas

Se refiere a los análisis de las aguas tratadas que van a ser utilizadas en las etapas de cocimiento y blending, así como del agua de calderos. Dentro de los análisis de las aguas tratadas tenemos:

Alcalinidad, dureza, pH, conductividad, Sulfatos, Cloruros, Calcio

Dentro de los análisis de aguas de calderos tenemos:

Alcalinidad M y P, pH, Sólidos totales, dureza, Fosfatos.

En las tablas II-1 al II-6 se indican las especificaciones que deben de cumplirse para ser consideradas aptas al proceso.

II.4.1.3. Análisis de productos en proceso

Se refiere a los análisis que se realizan en el mosto, cerveza madura, cerveza diluida, cerveza filtrada y cerveza a la salida de la llenadora.

Estos controles son:

En el mosto caliente y frío : color , pH, reacción al yodo

En el mosto frío : extracto final (atenuación límite), oxígeno, amargos.

En la cerveza madura : pH, color, Extracto Aparente, Extracto Original, Contenido de CO₂, Oxígeno disuelto, amargos, diacetilo, recuento de levadura, acidez ,sedimentacion, viscosidad.

En la cerveza diluída: pH, color, Extracto Aparente, Extracto Original, Contenido de CO₂, Oxígeno disuelto, amargos.

En la cerveza filtrada: Extracto Aparente, Extracto Original, Contenido de CO₂, Oxígeno disuelto, turbidez.

En la cerveza a la salida de la llenadora: aire en el cuello, contenido de CO₂, Oxígeno disuelto, turbidez, volúmen de botella, Extracto Aparente, Extracto Original.

II.4.1.4. Control de operaciones en el envasado

Se refiere a las inspecciones rutinarias que se realizan en algunas máquinas y equipos de Envasado y Filtración.

- **Lavadoras:** Inspección visual de: botellas, alineación de inyectores de soda y agua, niveles de tanques de soda, presión de bombas de soda y agua. Verificación de enjuague con fenolftaleína.

- **Llenadoras:** Inspección visual de gas de empuje, temperatura de cerveza, presión de espumador, temperatura del agua del espumador, control del enchapado, medición de la velocidad de llenadoras.

II. Organo ~~empresarial~~ y labor profesional desarrollada

- **Pasteurización** : Medición de tiempo de recorrido, inspección visual de la temperatura de los tanques de agua, medición de la temperatura de cerveza a la salida del pasteurizador.

- **Inspectores de botellas vacías**: Verificación de funcionamiento mediante el rechazo de botellas muestras sucias patrón.

- **Etiquetadoras**: Inspección de la calidad del etiquetado, medición de la altura de la etiqueta, velocidad de secado de goma, centrado de la etiqueta y verificación del fechado.

II.4.1.5. Análisis de productos terminados

Se hace análisis referentes al Color, pH, viscosidad, turbidez, reacción al iodo, Extracto Original, Extracto Aparente, % alcohol, diacetilo, diacetilo total, amargos, espuma (sigma).

II. Organismo empresarial y labor profesional desarrollada

Tabla II.1. Análisis de gomas

| Control /Análisis | Especificación |
|------------------------------|-----------------|
| Color | Beige |
| Olor | Amoniacal |
| Aspecto | Homogéneo |
| pH | 6 - 8 |
| Liga del Tac | si |
| Viscosidad a 20 C cps | 70 000 -100 000 |
| Tiempo de secado seg. | 30 |
| Resistencia al agua helada | si |
| Resistencia al agua caliente | no |
| % de solidos % en peso | 44 - 46 |
| Solubilidad en soda cáustica | si |

Tabla II.2. Análisis de Lubricantes

| Control/ Análisis | Especificación |
|------------------------|----------------------|
| Olor | A alcohol |
| Color | Amarillento |
| Aspecto | Líquido transparente |
| Poder deslizante | Bueno - excelente |
| Evaluación de Espuma | Bueno - excelente |
| Viscosidad (20 C) cps | 50 - 200 |
| pH | 13 - 13.5 |
| Turbidez: 0 ppm dureza | Brillante |
| 5 ppm dureza | Brillante |
| 10 ppm dureza | Brillante |

II. Organo empresarial y labor profesional desarrollada

Tabla II.3. Análisis de Abrillantadores

| Características Organolépticas | | |
|---------------------------------|------|--------------------------------|
| Análisis/ Control | | Especificación |
| Color | | Líquido amarillo |
| Olor | | Característico |
| Aspecto | | Líquido brillante |
| Características Fisico-químicas | | |
| Análisis/ Control | | Especificación |
| pH | | 4.00 - 4.50 |
| Viscosidad a 20 C | cps | 2 - 13 |
| Densidad a 25 C | g/ml | 1.3 |
| Poder de limpieza | | Excelente |
| Solubilidad en agua dura | | Miscible en todas proporciones |

Tabla II.4. Análisis de Etiquetas

| Análisis/ Control | | Especificación |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|
| Litografiado | | Centrado |
| Troquelado | | Centrado |
| Color | | Según Patrones |
| Estucado | | Sólo por la cara impresa |
| Gramaje | | 75 - 85 % |
| Humedad | | 4 - 6 % |
| Encartuchamiento | | No |
| Resistencia al baño | | Buena - Excelente |
| Resistencia a la refrigeración | | Buena - Excelente |
| Resistencia a la soda cáustica | | Buena - Excelente |
| Medición de ejes : Eje horiz. | mm. | 108.8 - 109.2 |
| | Eje vert. mm. | 109.8 - 110.2 |
| Dirección de Fibra | | Horizontal |

II. Organismo empresarial y labor profesional desarrollada

Tabla II.5. Análisis de tapas: Tapas Corona

| Análisis/ Control | | Especificación |
|--------------------------------|---------|---------------------|
| Color | | Ambar |
| Litografiado | | Según modelo |
| Peso de Guarnición | mg | 190 - 230 |
| Peso de Plancha | lb | 75 - 85 |
| Espesor | mm | 0.20 - 0.24 |
| Altura | mm | 5.84 - 6.15 |
| Dureza al rayado | | Lápiz 6H no lo raya |
| Resistencia a oxidación | | Resistente |
| Resistencia a la soda cáustica | | Resistente |
| Densidad de Guarnición | g/ml | 1.0 - 1.4 |
| Torque de ajuste de tapa | lb/pulg | 4 - 12 |

Tabla II.6. Análisis de Botellas

| Análisis/ Control | | Especificación |
|---------------------------|----|----------------|
| Peso | gr | 440 - 464 |
| Capacidad total | cc | 634 -652 |
| Diámetro interior de pico | mm | 17.06 - 15.49 |
| Diámetro exterior de pico | mm | 26.37 - 27.00 |
| Diámetro de la base | mm | 74.61 - 77.79 |
| Altura | mm | 273 - 277 |
| Color | | Ambar |

II.4.2. ACTIVIDADES NO RUTINARIAS

1. Participación en el control de calidad intralaboratorios e interlaboratorios.

2. Análisis de:

- Azúcar invertido en jarabes y cervezas negras
- Benzoato en bebidas gaseosas
- Quinina
- Acido láctico
- Humedad en aire comprimido
- pH en aguas de cloaca
- Aguas de pozo
- Aguas de torres de enfriamiento

3. Recuento de células muertas de levadura

4. Muestras microbiológicas

5. Mantenimiento de equipos de laboratorio:

- Relojes viajeros
- Destilador de agua (limpieza química)
- Analizadores de oxígeno
- Analizadores de CO₂.

6. El departamento de Control de Calidad ha cumplido un rol muy importante en la obtención de la certificación ISO 9000. Ver Anexo 1. Uno de los encargos que tuvimos que desarrollar dentro de las exigencias para obtener la certificación fue la de realizar la verificación y calibración de equipos de Laboratorio en cumplimiento de los cronogramas establecidos. Entre los equipos asignados podemos señalar:

- Potenciómetros
- Conductímetros
- Espectrofotómetros
- Colorímetros
- Analizadores de oxígeno.

II.4.3. TRABAJOS ESPECIALES

Destacan los siguiente trabajos especiales:

1. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada.
2. Instalación y puesta en operación de equipos analizadores de oxígeno en línea y portátiles en Plantas Rímac, Ate, Callao, Motupe y Pucallpa.
3. Elaboración de normas de análisis y protocolos de verificación y calibración de equipos de laboratorio.
4. Elaboración de fichas técnicas de todos los equipos de Laboratorio de Plantas Ate y Rimac.
5. Mejora e implementación de métodos de análisis de CO₂ en botella.
6. Mejora e implementación de métodos de análisis de aire en el cuello.

III. LA CERVEZA Y SU PROCESO DE PRODUCCION

III. LA CERVEZA Y SU PROCESO DE PRODUCCION

III.1. Antecedentes históricos

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica obtenida por la acción de la levadura cervecera (*saccharomyces uvarum*), del mosto preparado de malta y agua, con el agregado de lúpulo o su extracto natural, con o sin la adición del bióxido de carbono producido por la fermentación natural, y con o sin la adición de otros productos aptos para el consumo humano.

La cerveza conocida inicialmente como vino de grano, fué inventada por los egipcios, hace más de 3000 años. Ellos que cultivaban la cebada, refinaron el arte de elaborar cerveza y convirtieron a la cerveza en su bebida nacional. Fué gracias a los griegos, quienes tenían relaciones comerciales con Egipto , que el mundo europeo descubrió la cebada y el arte de fabricar cerveza.

En la antigüedad la elaboración de cerveza era una proceso con connotación religiosa, casi divina. El hombre se limitaba a mezclar el agua con el lúpulo u otra planta y la malta, y se dejaba el resto para los dioses. Se

III. La cerveza y su proceso de producción

desconocía totalmente el mecanismo de la fermentación y la existencia de la levadura. Ni siquiera en la famosa ley de pureza alemana del año 1516 en la que se obligaba a usar exclusivamente agua, lúpulos y cereales malteados en la elaboración de cerveza, se hace mención alguna a la levadura.

Algunos pueblos de la antigüedad iniciaban la fermentación al masticar la malta y mezclarla con la saliva, como todavía se hace en algunos pueblos de Sudamérica. Otras tribus nórdicas poseían un palo o totem de madera que era celosamente guardado por cada familia y que al introducirlo en el mosto en un ritual religioso iniciaba la fermentación produciendo la cerveza, (en realidad la levadura se alojaba en las muescas del totem y pasaba de un lote de cerveza a otro, produciendo la cerveza característica de la aldea). En unas épocas no tan antiguas, la levadura se alojaba en las muescas de los barriles de fermentación que estaban hechas principalmente de madera y pasaba de un lote a otro.

En la actualidad, el proceso de elaboración no difiere demasiado de los utilizados antiguamente, pero si han cambiado drásticamente los equipos y los volúmenes de producción , los que se han incrementado notablemente (Ver anexo 2). De igual forma el tiempo de permanencia de sus cualidades como producto envasado se ha incrementado notoriamente, se han perfeccionado las técnicas de cultivo de levadura, y se ha incluido la pasteurización.

III.2. Materias Primas usadas en la elaboración de cerveza

A continuación mencionaremos las principales materias primas usadas en nuestra empresa para la elaboración de cerveza, indicando sus características.

Las materias primas usadas en la elaboración de la cerveza son:

- El agua
- La levadura
- El lúpulo
- La malta
- Los adjuntos

El agua: Esta materia prima es de importancia fundamental para la industria cervecera cuyos productos dependen directamente de fuentes puras y abundantes. Se prefiere el agua de pozos porque presenta una composición de constituyentes relativamente constante y está resguardada de la contaminación por medio de los estratos geográficos.

El agua para la elaboración de la cerveza debe ser relativamente pura, incolora, inodora y exenta de materias suspendidas.

La pureza biológica del agua es un requerimiento esencial para el agua de las cervecerías. Debe estar exenta de microorganismos patógenos.

En los procesos de la sala de cocción, la composición química del agua es fundamentalmente importante, ya que de ella depende el rendimiento, coloración, sabor y por consiguiente el aprecio de la futura cerveza.

El tipo y la concentración de las sustancias minerales disueltas en el agua que reaccionan con las sustancias provenientes de las materias primas, influyen de manera positiva o negativa en el proceso de Elaboración. Por ejemplo:

III. La cerveza y su proceso de producción

- El calcio es bueno para el proceso
- No se admite un exceso de ClNa
- Son indeseables los nitratos, y
- El hierro es perjudicial.

Levadura: Organismo unicelular que forma parte del grupo *Saccharomyces uvarum*, que fué seleccionada para su uso en las cervecerías en vista de sus probadas cualidades para producir ciertas características en la cerveza.

Su aspecto en las cervecerías es de una masa líquida, espesa, de color marfil.

Es la encargada de llevar a cabo el proceso de fermentación del mosto elaborado en la paila de cocimiento, es decir de transformar básicamente los azúcares fermentesibles en alcohol y CO₂.

Las cervecerías trabajan con levaduras de cultivo puro, esto es con la levadura propagada a partir de una sola célula de levadura escogida, con ciertas características y libre de levaduras extrañas y bacterias.

Con este sistema de cultivo puro de levadura se garantiza la homogeneidad del proceso de fermentación, y se uniformizan las características en toda la producción de la cerveza.

El lúpulo: El fruto seco de la planta femenina del lúpulo, (Ver Fig III.1), que es una planta trepadora de la familia de las Urticaceas (*humulus lupulus*), es empleado para dar a la cerveza un sabor amargo y un aroma agradable acrecentando su cualidad refrescante.

Contribuye a la conservación de la cerveza y estimula la digestión, mejora también la capacidad retentiva de la espuma de la cerveza.

Los constituyentes más valiosos del lúpulo son: las resinas y los aceites esenciales.

Las resinas alfa y beta del lúpulo son ácidos amargos que transmiten sus cualidades antisépticas y amargas a la cerveza.

III. La cerveza y su proceso de producción

Los aceites esenciales del lúpulo dan el aroma y el bouquet al mosto. No tienen sustituto.

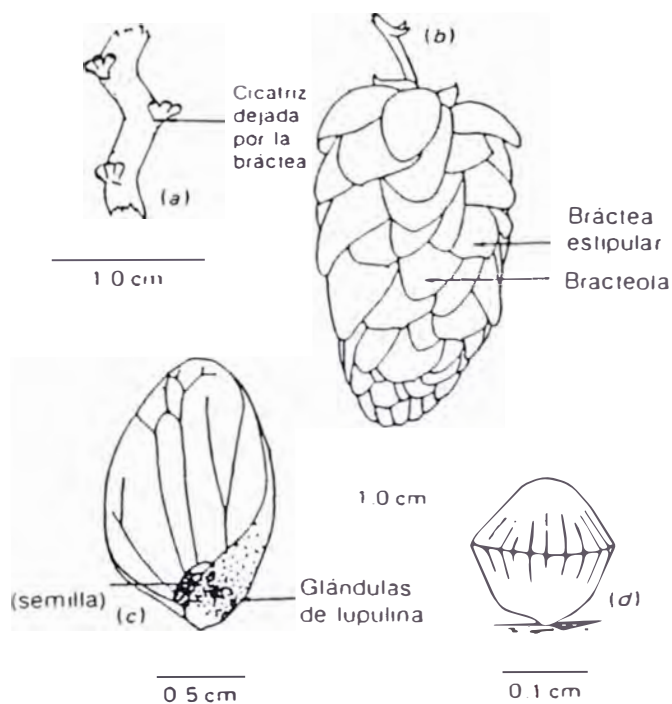


Figura III.1. Detalles de la inflorescencia del lúpulo.*

(a) Parte del axis del cono femenino, (b) cono madura, (c) bracteola con semilla y glándula de lupulina, (d) glándula de lupulina.

III. La cerveza y su proceso de producción

Malta: La malta es el grano de cebada, que ha pasado a través de los procedimientos correctos de remojo, germinación y tostado. El grano de malta tiene un aspecto uniforme y fresco, olor mas o menos aromático, color homogéneo, casi amarillo oscuro, forma redondeada. Difiere del grano original de cebada en la forma siguiente:

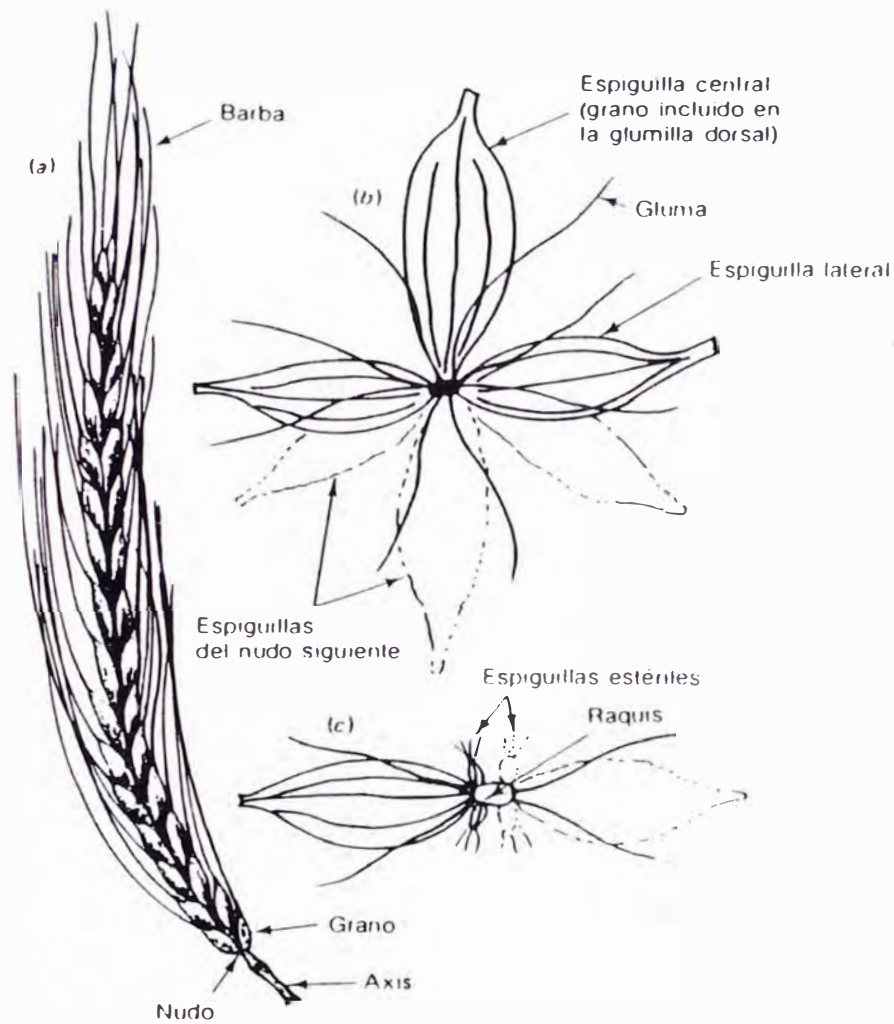
- Contiene menos humedad
- El endospermo ha sido modificado y es harinoso en comparación con el endospermo del grano original
- Su valor enzimático es mucho mayor comparado con el grano original.

La cebada como tal(Ver Fig.III.2. y Fig.III.3.) no puede ser utilizada directamente en el proceso cervecero por no tener desarrolladas las enzimas necesarias para ser usadas en las salas de cocimiento, y convertir el almidón y las proteínas en fracciones solubles.

Adjuntos: Son cereales que se usan junto a la malta en las salas de cocimiento para la producción del mosto. Estos cereales son fundamentalmente maíz (grits) y arroz (ñelen).

Se usan primordialmente para obtener cervezas de color pálido de sabor menos fuerte y de mayor estabilidad.

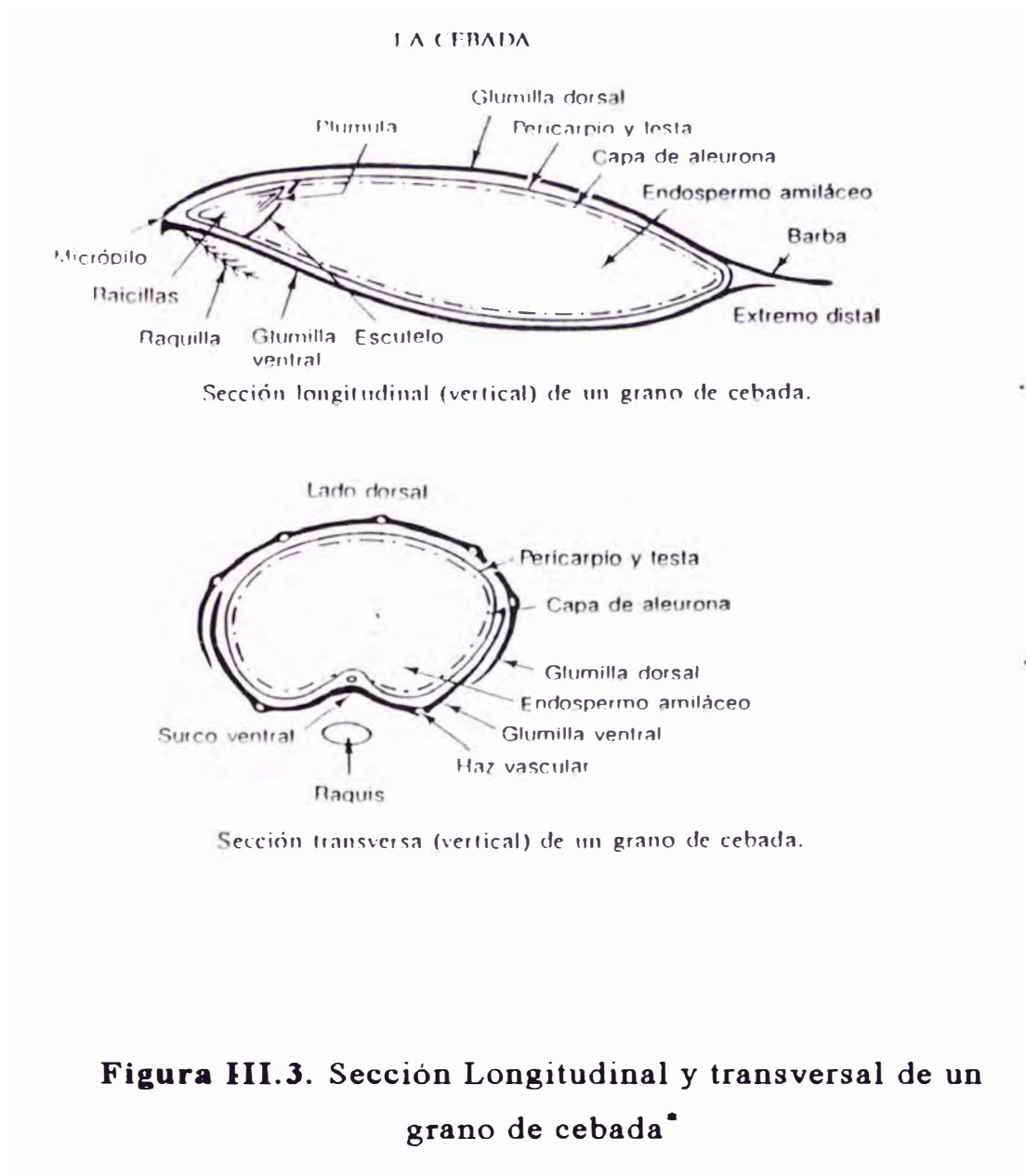
III. La cerveza y su proceso de producción



Detalles de la espiga de cebada (a) espiga de una cebada de dos filas (b) espiga de una cebada de seis filas vista desde arriba y (c) espiga de una cebada de dos filas vista desde arriba. El trazo discontinuo representan las florescillas que están adheridas al nudo siguiente.

Figura III.2. Detalles de la espiga de cebada*

III. La cerveza y su proceso de producción



III.3. Proceso de Producción

El proceso productivo de la cerveza se puede dividir en 8 procesos principales : Malteado, Molienda, Cocimiento, Fermentación, Reposo, Blending, Filtración y Envasado. Ver Fig. III.4.

Malteado: Es el proceso de transformación del grano de cebada en malta mediante el remojo, germinación y tostado del mismo, bajo condiciones controladas. El objetivo del malteado es básicamente aumentar el poder enzimático del grano de cebada.

Este proceso no se lleva a cabo en la Cervecería . El insumo utilizado por nosotros es la malta, que se adquiere en el extranjero o de Malteria Lima, que es una empresa que se dedica exclusivamente al malteo de la cebada y que pertenece a la Corporación Backus.

Molienda: Consiste en la molienda de los granos de malta y de los adjuntos, con el objeto de romper el núcleo del grano en trozos pequeños, con mínima rotura de la cáscara. La molienda es muy importante pues prepara el grano para el cocimiento donde se le extraerá la máxima cantidad posible de azúcares y sustancias solubles. La cáscara también va a jugar un papel muy importante en el cocimiento, ya que va a impedir la formación de pelotas de harina, actuando como filtrante natural.

Cocimiento: Este proceso consiste en el cocimiento de los insumos (malta, granos y lúpulo) a elevadas temperaturas para obtener un líquido llamado mosto, el cual aún no contiene alcohol. Ver Fig. III.5.

En este proceso se convierte el almidón de la malta y de los granos en azúcares.

III. La cerveza y su proceso de producción

Durante la ebullición del mosto se extraen las sustancias amargas del lúpulo, se destruyen los microorganismos y se disuelve el azúcar.

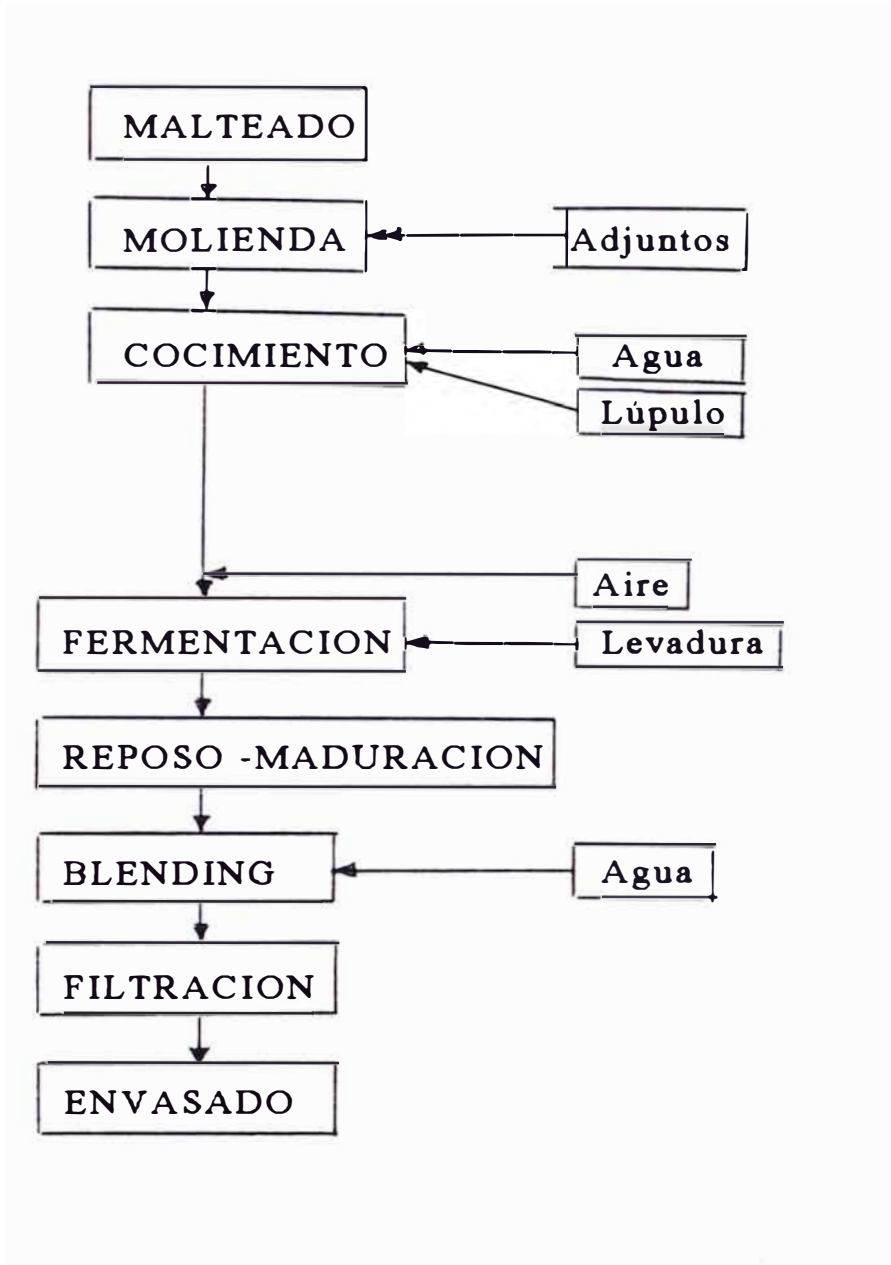


Figura III.4. Diagrama de Flujo de la Elaboración de la cerveza

III. La cerveza y su proceso de producción

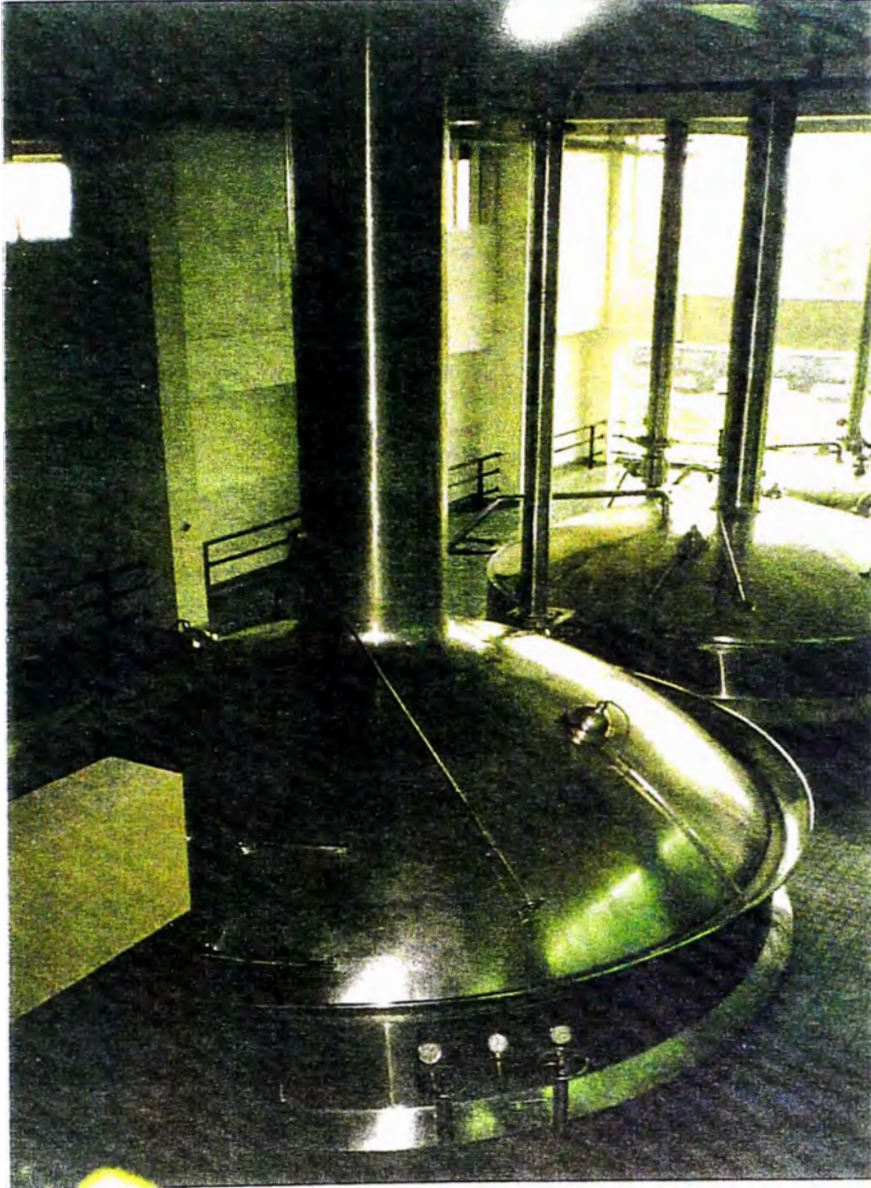


Figura III.5. Cocimiento. Paila de hervido.

III. La cerveza y su proceso de producción

Antes de pasar a la fermentación se enfría y airea el mosto para que la levadura pueda propagarse.

Fermentación: En el proceso de fermentación (que dura aproximadamente 7 días), se incorpora la levadura, la cual condiciona el proceso de alcoholización de la cerveza. La fermentación permite transformar los azúcares del mosto en alcohol y gas carbónico.

Reposo: El reposo consiste en el almacenamiento por aproximadamente 7 días de la cerveza, luego de la etapa de fermentación. El reposo se realiza para lograr una clarificación natural, sedimenta la materia amorfa y la levadura.

Blending: Es el proceso de dilución de la cerveza concentrada, mediante la adición de agua tratada.

Filtración: Consiste en la eliminación de partículas de la cerveza mediante su paso a través de un filtro donde se utiliza ayuda filtrante.

La filtración es utilizada para clarificar la cerveza, con el objeto de darle el brillo necesario.

Envasado: Es el proceso durante el cual la cerveza es transferida al envase final que llegará al consumidor. Es el último proceso dentro de la planta, e involucra la limpieza del envase, su llenado, pasteurización, etiquetado y encajonado.

En nuestra cervecería estos procesos se agrupan a su vez en 3 áreas que son:

Area de Cocimiento; que incluye los procesos de Molienda y Cocimiento.

Area de Bodegas, que incluye los procesos de Fermentación, Reposo, Blending y Filtración.

Area de Envasado; que incluye el proceso de Envasado.

III. La cerveza y su proceso de producción

En los párrafos anteriores se ha pretendido dar una descripción breve de cada uno de los procesos que se realizan para producir cerveza.

El trabajo que se presenta, **está orientado a la disminución del oxígeno en la cerveza envasada** se desarrolla en las áreas de Bodegas y Envasado, por lo que para un mejor entendimiento de los puntos principales que tienen que ver con el motivo del presente trabajo, describimos mas detalladamente el proceso que se realiza en Planta Rimac desde la fermentación hacia adelante. Ver Fig. III.6 y Fig. III.7.

El proceso de fermentación se inicia luego de que el mosto sale del cocimiento y es enfriado, aereado e inoculado con levadura cervecera .

El mosto aereado e inoculado con levadura cervecera en una concentración de 20 millones de células por ml, inicia su proceso de fermentación en los tanques fermentadores (Bodega de Fermentación). Ver Fig. III.8. El proceso de fermentación consiste básicamente en la conversión de los azúcares fermentesibles en alcohol y CO₂ por acción de la levadura. Este proceso de conversión es un proceso controlado mediante el mantenimiento de determinadas temperaturas en los tanques de fermentación y finaliza mediante un abrupto enfriamiento a 4 C, cuando se alcanza un nivel de extracto aparente deseado en el Mosto.

Esto sucede al cumplir 7 días de fermentación , luego de lo cual se traslada mediante bombeo el mosto fermentado de los tanques de la Bodega de Fermentación a los denominados Tanques de Bodega de Reposo, separándola de la levadura que quedaba asentada en el fondo

III. La cerveza y su proceso de producción

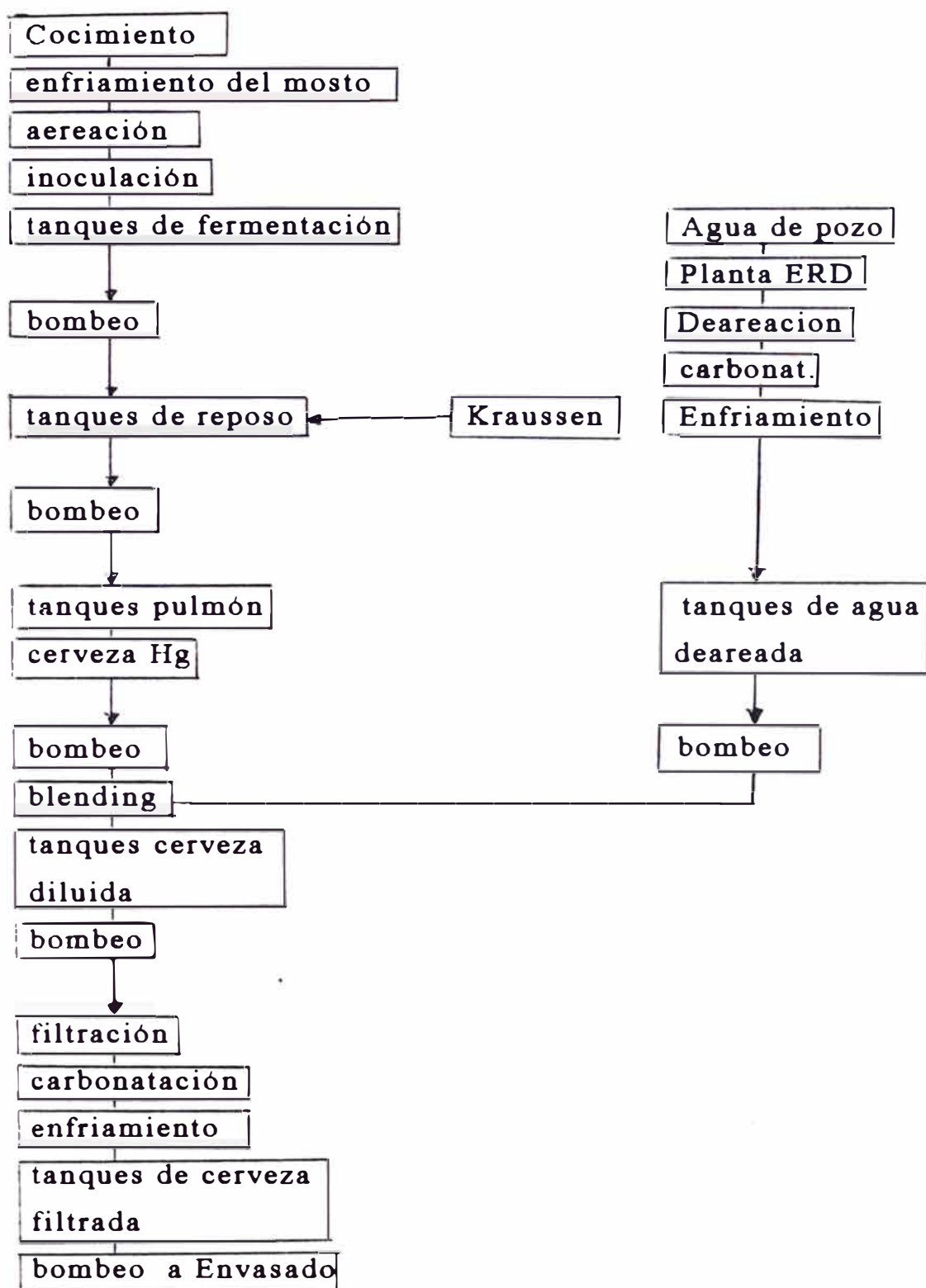


Figura III.6. Diagrama de Flujo en la Elaboración de la cerveza en las etapas de Fermentación - Maduración - Blending - Filtrado

III. La cerveza y su proceso de producción

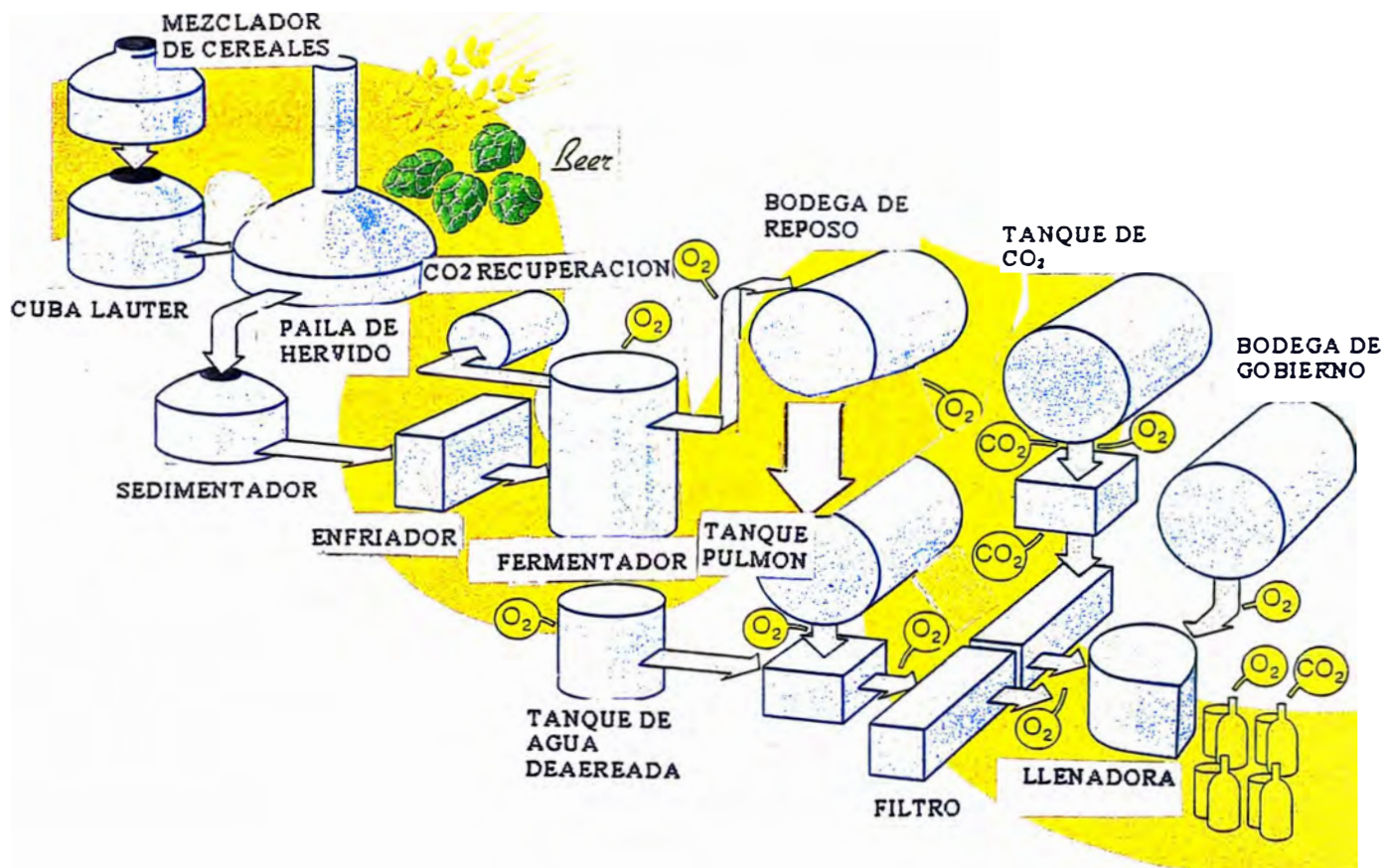


Figura III.7. El Proceso de Producción de la Cerveza

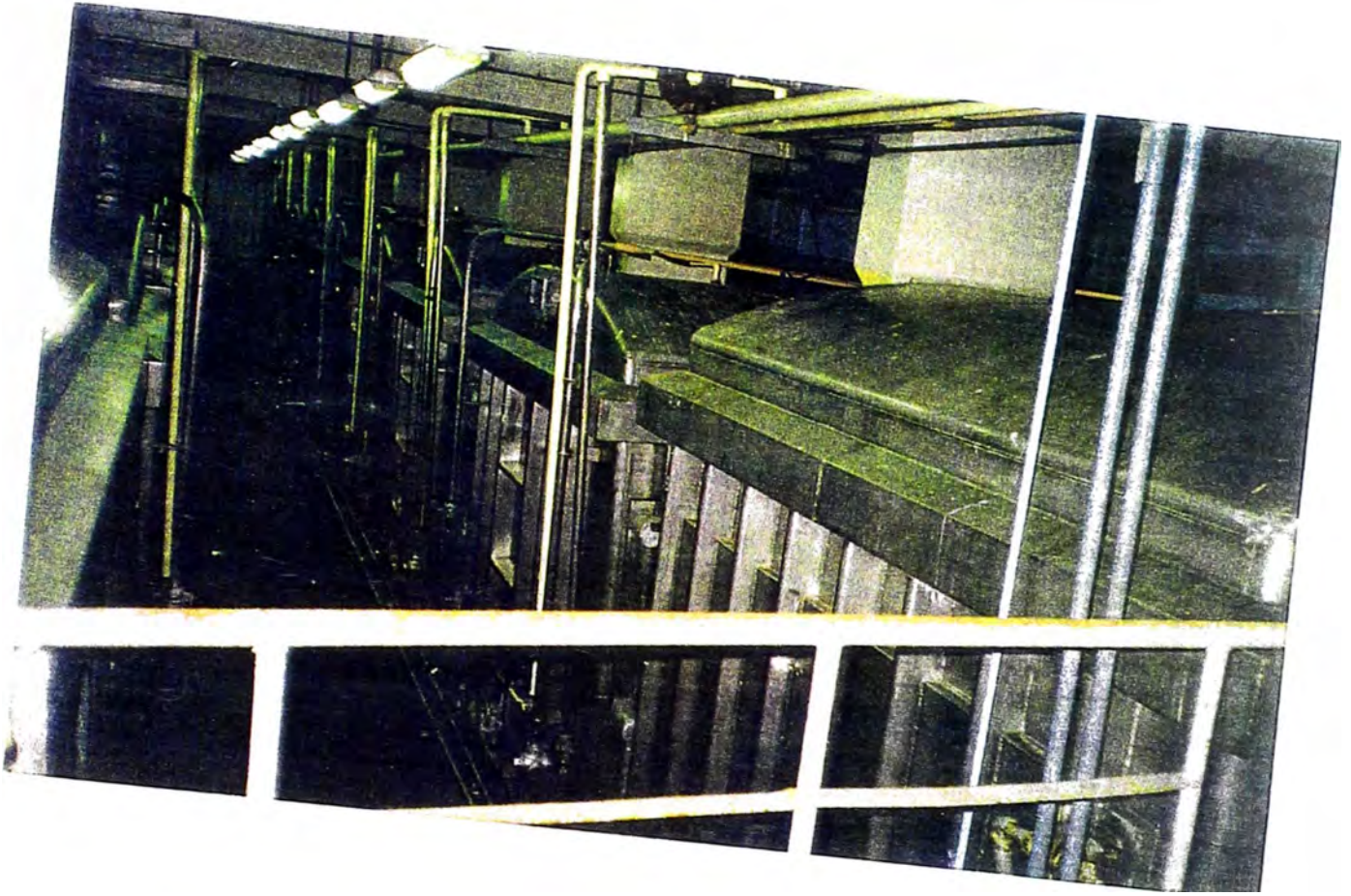


Figura III.8. Bodega de Fermentación

III. La cerveza y su proceso de producción

de los tanques de fermentación para posterior reutilización. Los tanques de la bodega de reposo son tanques cerrados de acero inoxidable de 1000 electrolitos de capacidad. Son de forma cilíndrica y están colocados horizontalmente sobre el piso; son mantenidos a baja temperatura en varias salas por medio de enfriadores ambientales. Ver Fig. III.9. Los tanques de bodega de reposo se acostumbran a llenar a $2/3$ de su capacidad total, con este mosto fermentado para su maduración. Estos tanques se encuentran llenos de aire al inicio de la operación y se dejaba llenar así (este proceso de llenado demora varias horas). A las 24 horas del llenado, se le añade mosto con levadura en plena actividad (Kraussen) (con 2 o 3 días de fermentación), hasta casi completar el $1/3$ faltante, quedando encima de la cerveza un pequeño espacio vacío (fase gaseosa). El objetivo era procurar una fermentación secundaria en los tanques de reposo para favorecer una mejor maduración de la cerveza. Luego de transcurridas las 24 horas, se cierra la válvula de conexión de la fase gaseosa en el tanque sobre la cerveza con el exterior, y se deja que como consecuencia de la fermentación secundaria leve que se lleve a cabo, se sature de CO_2 la cerveza y la fase gaseosa del tanque (encima de la cerveza en maduración).

Al cabo de 7 días de reposo, se consideraba que esta cerveza inicialmente “verde” ha madurado. En el proceso de maduración su sabor mejora y como consecuencia de la fermentación secundaria ocurrida, la presión de la fase gaseosa se incrementa por la presencia de CO_2 y la cerveza adquiere un grado de carbonatación cercano al valor final. A continuación se procede a diluirla en el siguiente proceso conocido como blending.

Blending: El blending consiste en la dilución de la cerveza “madura” concentrada con agua tratada, deareada y carbonatada, para obtener cerveza diluida. La cerveza “madura” que va a ser sometida al proceso conocido como blending, primero se almacena en unos tanques

III. La cerveza y su proceso de producción

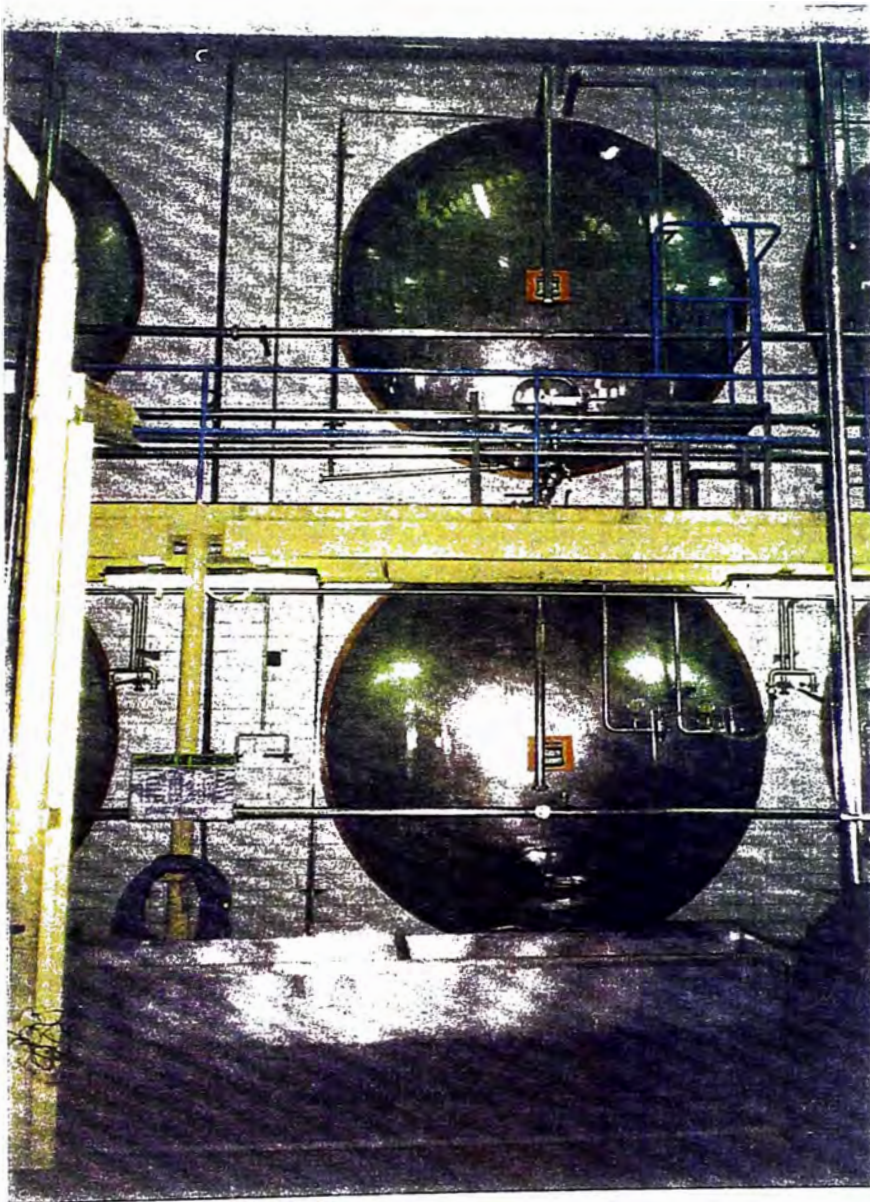


Figura III.9. Bodega de Reposo

III. La cerveza y proceso de producción

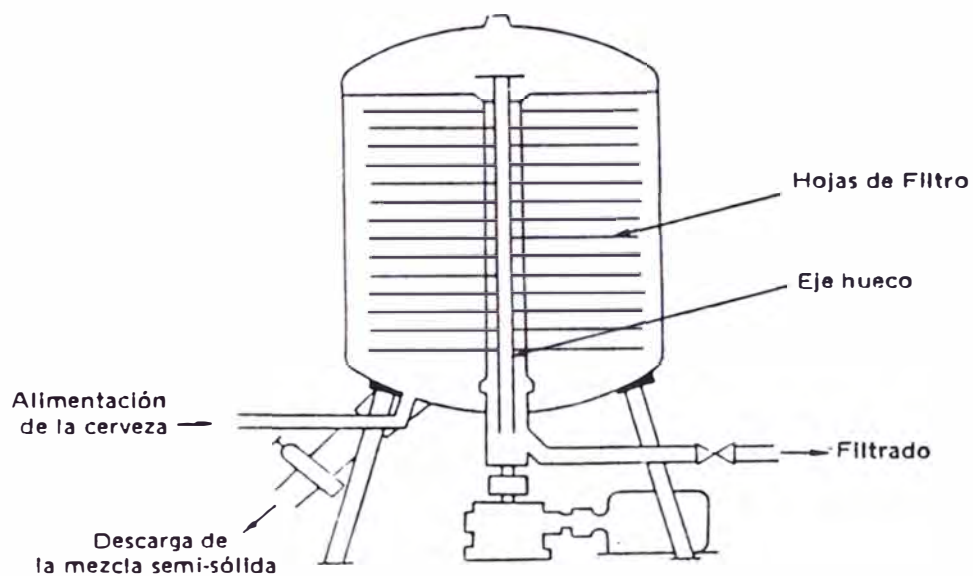
cilíndricos horizontales de 200 hectolitros cada uno, llamados Tanques de Bodega Pulmón, que reciben la cerveza que viene de los tanques de bodega de reposo y que alimentan al blending. La dilución se realiza a continuación mediante la unión en la tubería que sale de los tanques de bodega pulmón y que se dirige hacia la bodega de cerveza diluida ó prefiltrada de cantidades controladas de agua y cerveza. Esto se controla mediante la acción de válvulas de control de flujo y se monitorea con contómetros.

El agua debe ser deaerada libre de oxígeno, carbonatada y enfriada para ser usada en el blending. El proceso de deaeración se lleva cabo en la denominada torre deaeradora. En Planta Rímac se usa una torre deaeradora donde se aplica vapor y se genera vacío. Esta agua es almacenada luego en tanques de almacenamiento cilíndricos horizontales de 400 hectolitros de capacidad cada uno para luego ser usada en el Blending. Estos tanques forman la Bodega de agua deaerada. Estos tanques como los de la bodega pulmón son mantenidos a bajas temperaturas por enfriadores ambientales.

La cerveza diluida es luego enfriada, pasando a través de 2 intercambiadores de calor de tubo y coraza (por la coraza circula el amoníaco y por los tubos la cerveza). Luego la cerveza es almacenada en tanques cerrados cilíndricos horizontales denominados tanques de almacenamiento de cerveza diluida ó de cerveza prefiltrada. En todos estos puntos los tanques cerrados son mantenidos a presión para evitar la descarbonatación y espumeo de la cerveza. Para este fin se usa CO₂ proveniente de la Planta de Fuerza.

Filtración: De allí es alimentada al filtro de cerveza (Ver Fig. III.10.) donde se le añade ayuda filtrante para permitir un buen filtrado. A la salida de la misma se añade CO₂ para conseguir los niveles finales de carbonatación deseados. La cerveza filtrada es entonces almacenada en los tanques de cerveza filtrada o bodega de Gobierno, constituida por tanques cilíndricos verticales de 460 hectolitros cada uno.

III. La cerveza y su proceso de producción



Filtro de presión de hoja horizontal y filtro de capa filtrante.

Figura III.10. Filtro de Cerveza*

III. La cerveza y su proceso de producción

Finalmente, de éstos tanques se envía la cerveza a las llenadoras por medio de bombas.

Luego la cerveza se envasa en las llenadoras en la presentación requerida 620 cc, 310 cc, 355 cc , etc.

Envasado: Las llenadoras de Planta Rímac son dos, de 500 botellas por minuto (bpm)cada una, marca Simonazzi (Ver Fig. III.11) y pueden envasar distintas presentaciones.

La cerveza llega a la llenadora por tubería y su admisión es controlada por una válvula de control que actúa en la tubería de ingreso , y por la presión del tazón llenador. Ver Fig. III.12.

Cada llenadora consta de:

- Un tazón llenador
- 100 válvulas
- 100 sifones de llenado

Tazón llenador: Es un pequeño tanque circular con una sección en forma de un cuadrado que contiene la cerveza presurizada que se alimenta a las botellas mediante las válvulas y sifones de llenado. Ver Fig. III.13.

Válvulas: En número de 100, alimentan cada una, a una botella por vez y accionan los dispositivos que permiten la presurización, llenado, cierre y la despresurización de la botella llena de cerveza. Ver Fig. III.14.

Sifón: Es el tubo que ingresa a la botella y que conduce la cerveza hasta cerca del fondo de la botella en el proceso de llenado. Ver Fig. III.14.

III. La cerveza y su proceso de producción

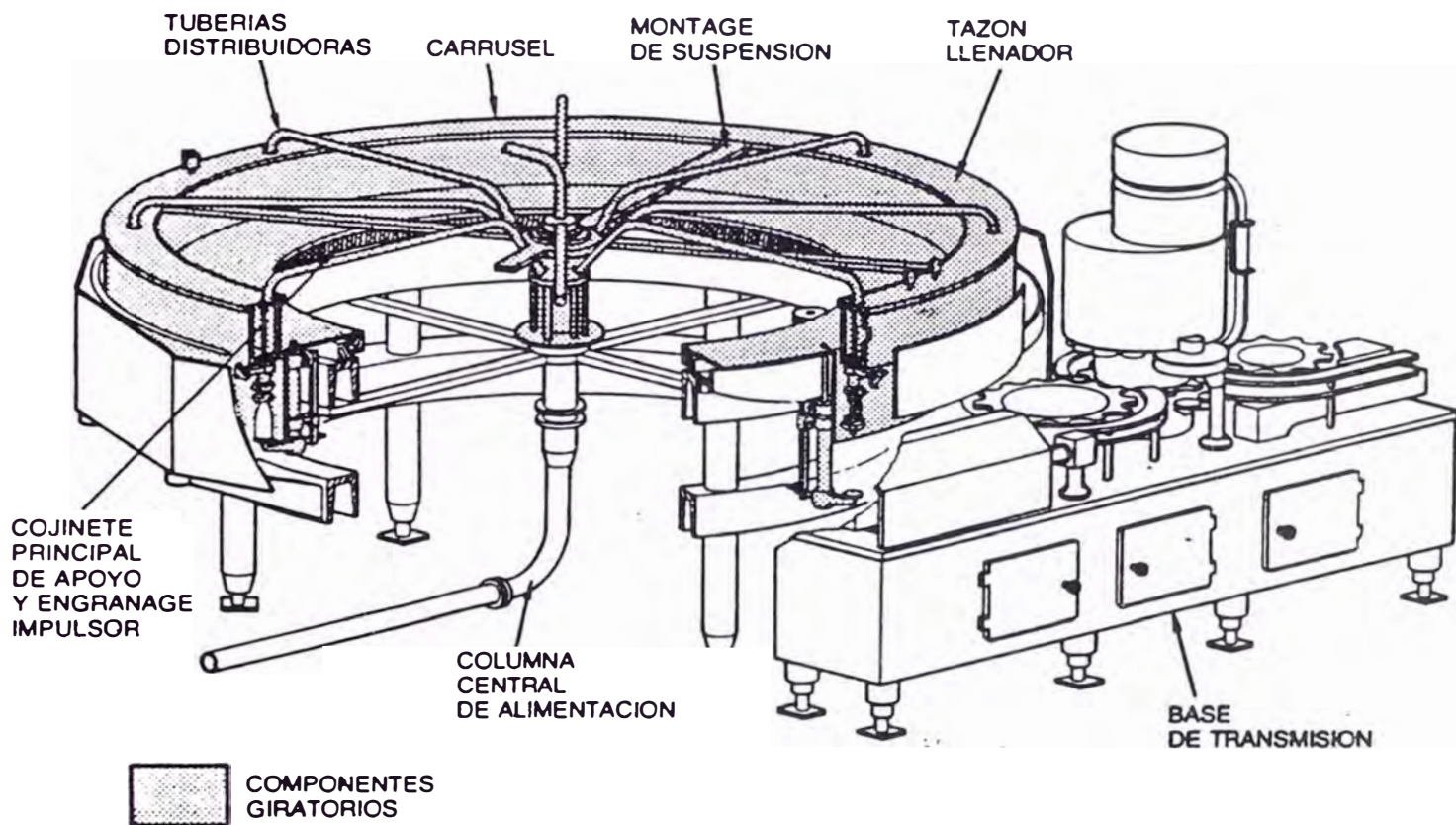


Figura III.11. Llenadora de Botellas*

* Manual del Eurostar. Pág. 1-2, y 2-8

III. La cerveza y su proceso de producción

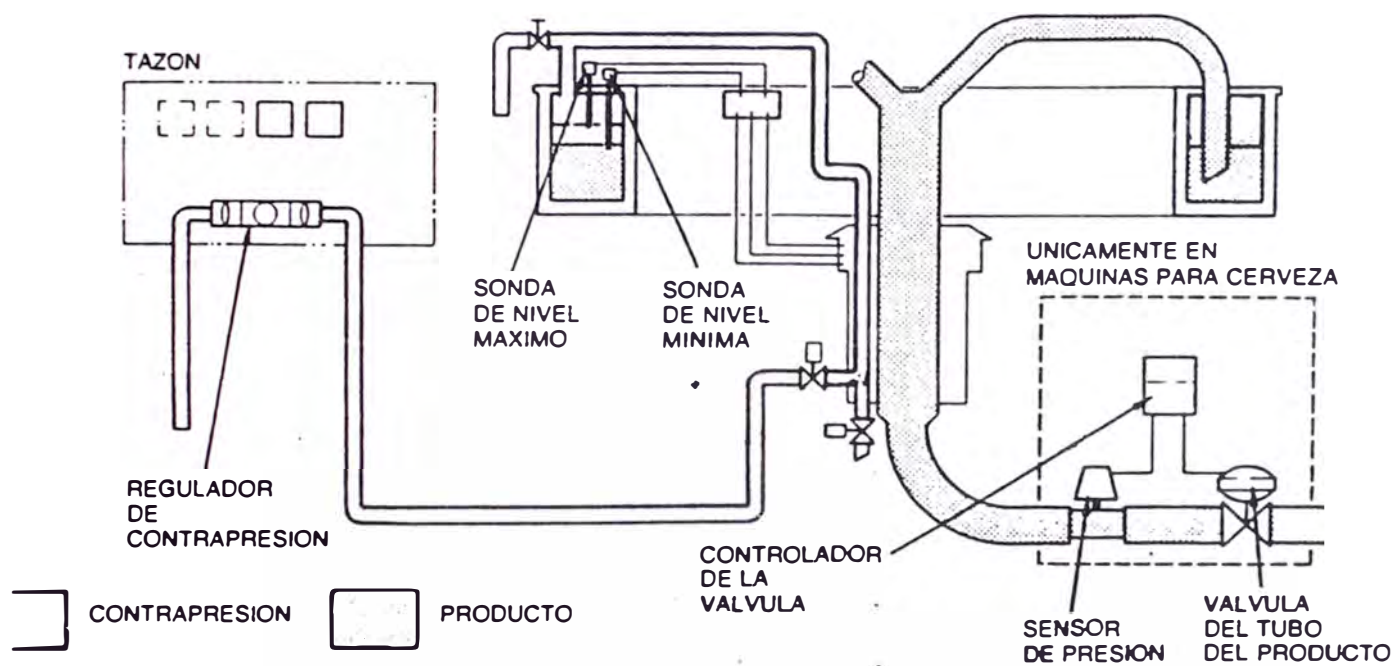


Diagrama de la Distribucion del Producto

Figura III.12. Sistema de Control de la Admisión de Cerveza a la Llenadora *

* Manual del Eurostar. Pág. 2-5

III. La cerveza y su proceso de producción

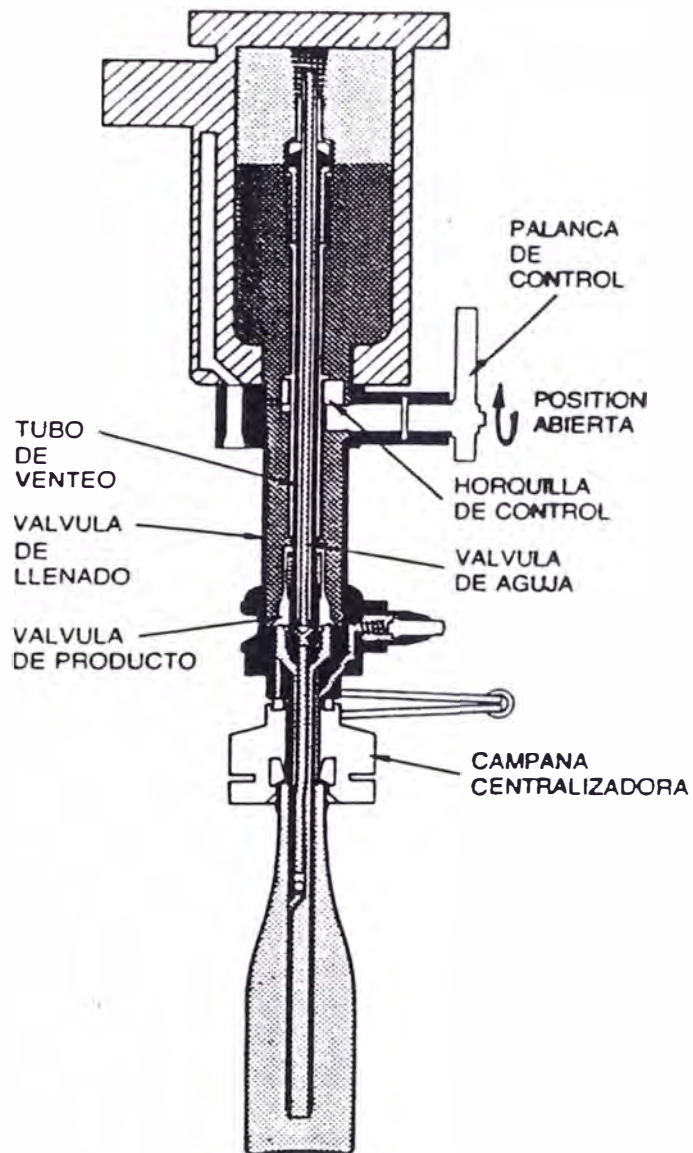


Figura III.13. Tazón Llenador*

III. La cerveza y su proceso de producción

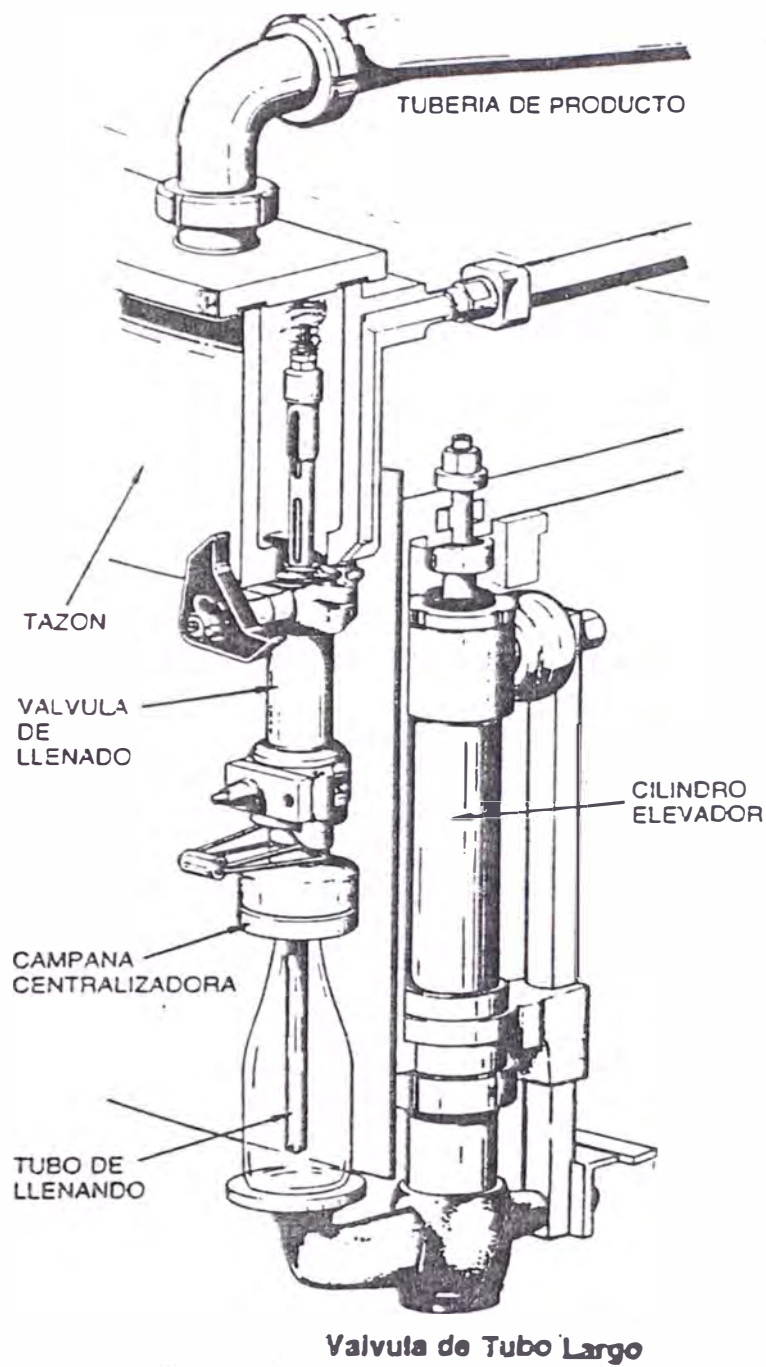


Figura III.14. Válvulas y Sifón de Llenado*

* Manual del Eurostar. Pág. 2-6

III. La cerveza y su proceso de producción

En el llenado se realizan tres etapas:

- Presurización: Consiste en la igualación de la presión de la botella con el tazón. La botella ingresa a la llenadora, es colocada debajo de la válvula de llenado y sellada contra ella, mediante el sifón de llenado es alimentada con la atmósfera del tazón llenador hasta igualar presiones.

- Llenado: Al igualar presiones, la válvula de llenado actúa, permitiendo mediante un resorte calibrado, abrir el acceso de cerveza, desde el tazón al sifón o tubo de llenado. A medida que se va llenando la botella, el sifón va transfiriendo la fase gaseosa de la botella hacia la fase gaseosa del tazón, hasta que el nivel de cerveza llegue a los orificios que permiten esta transferencia en el sifón, deteniéndose entonces el llenado.

- Despresurización: En la botella sobre el líquido queda un cuello o fase gaseosa presurizada; mediante un resorte calibrado se permite la igualación de presiones de los gases contenidos en el cuello de la botella con el exterior.

De no realizarse esta operación, la cerveza en la botella rebalsaría inconteniblemente al abandonar la llenadora. El efecto sería muy similar al abrir una botella de champagne.

Luego de salir de la llenadora se le aplica un chorro presurizado de agua caliente muy fina (Ver Fig. III.15.), que tiene como finalidad hacer rebosar la cerveza para eliminar el cuello o fase gaseosa encima del líquido de la botella. Inmediatamente después es enchapado. Ver Fig. III.16.

El envase llenado es posteriormente pasteurizado (Ver Fig. III.17.), etiquetado, encajonado y almacenado en el almacén de productos terminados en espera de su distribución.

III. La cerveza y su proceso de producción

En la Fig. III.18. podemos ver el Diagrama de Flujo en el área de Envasado.

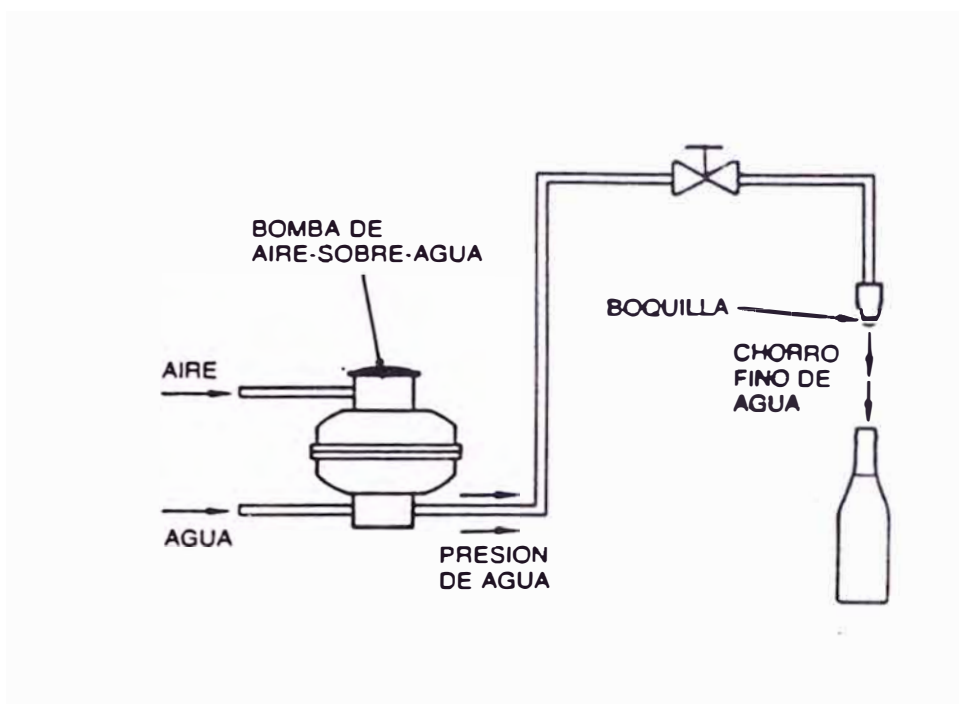
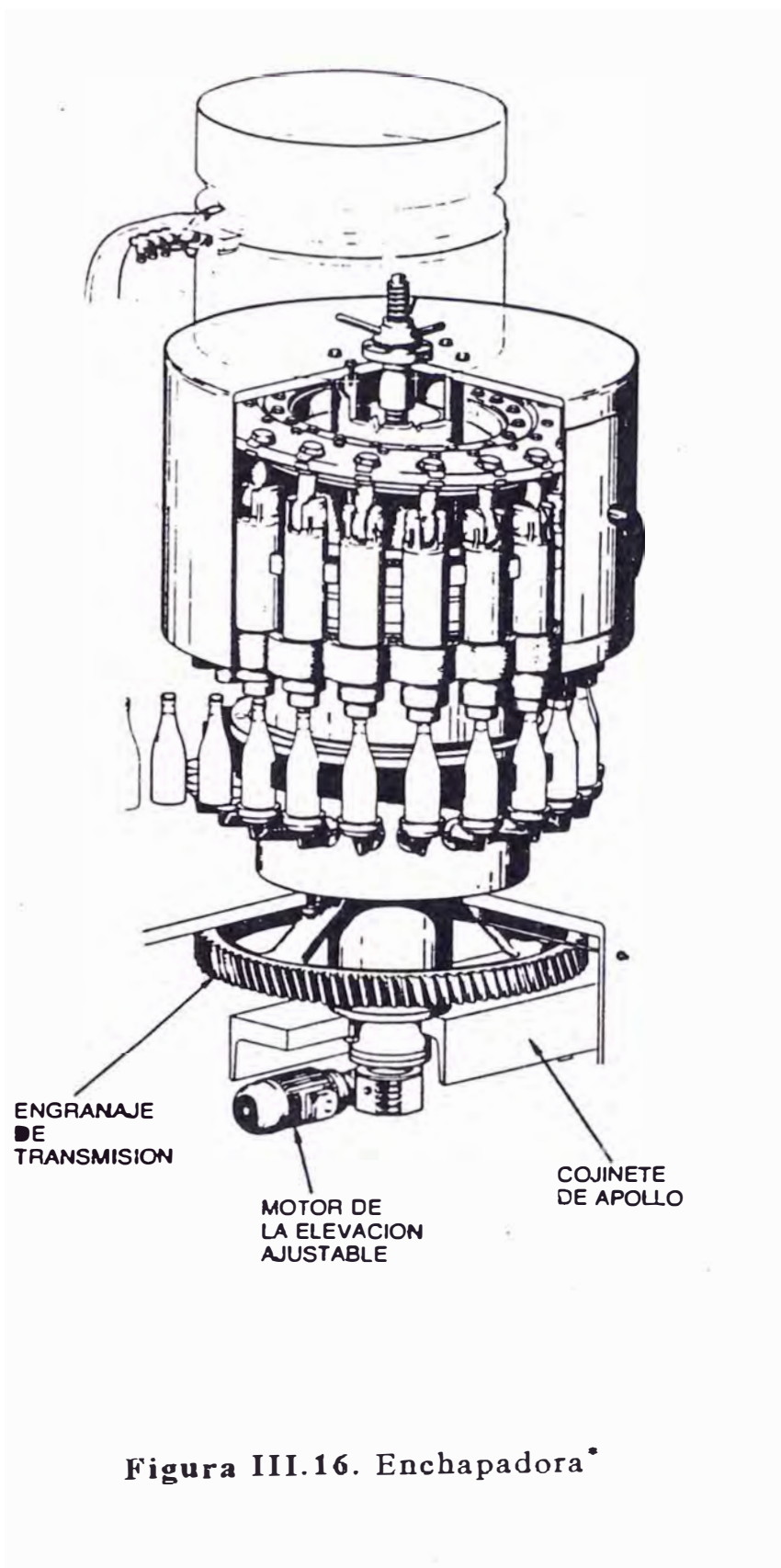


Figura III.15. Sistema de Chorro Presurizado*

III. La cerveza y su proceso de producción



* Manual del Eurostar. Pág. 2-20

III. La cerveza y su proceso de producción

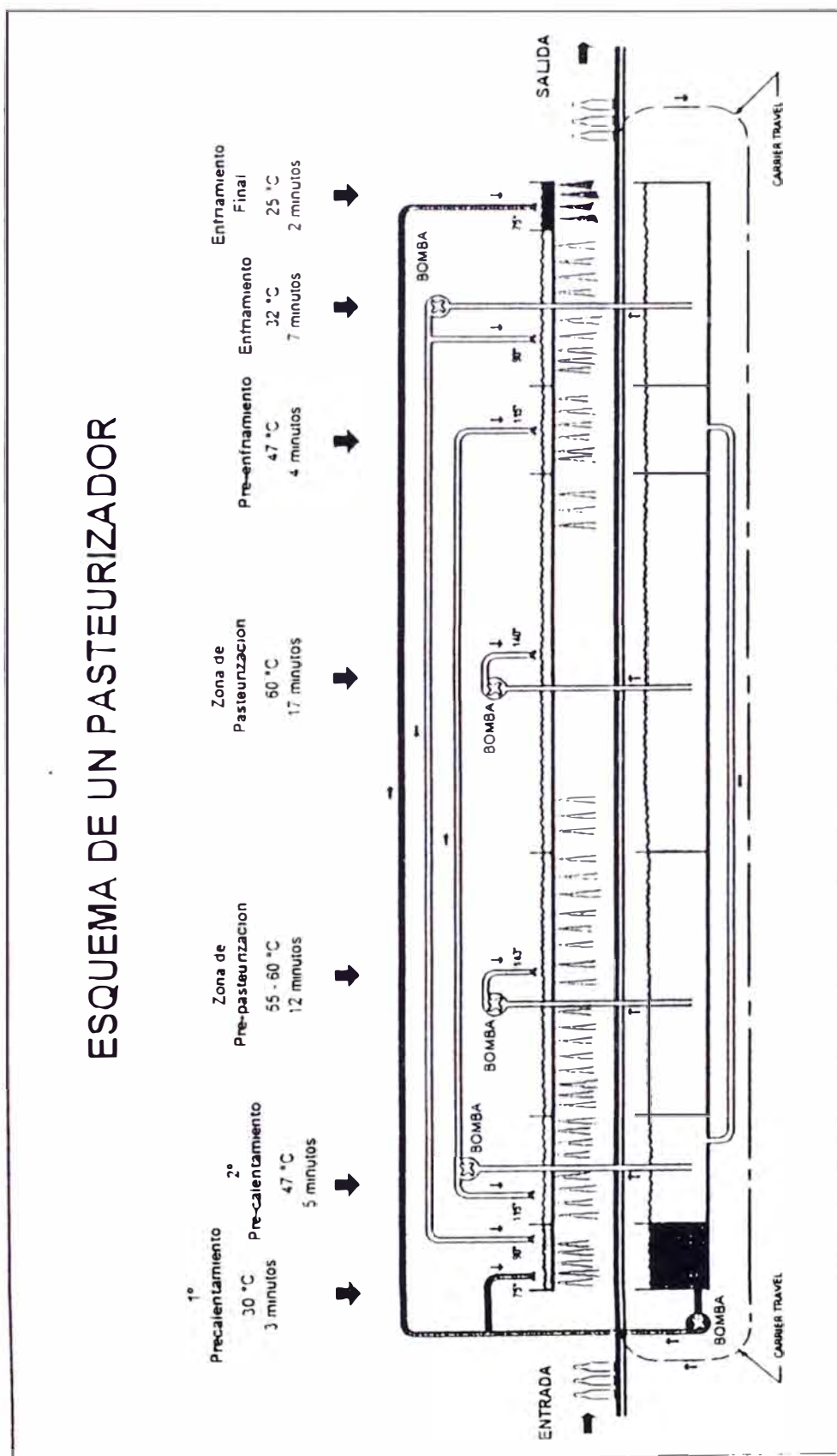
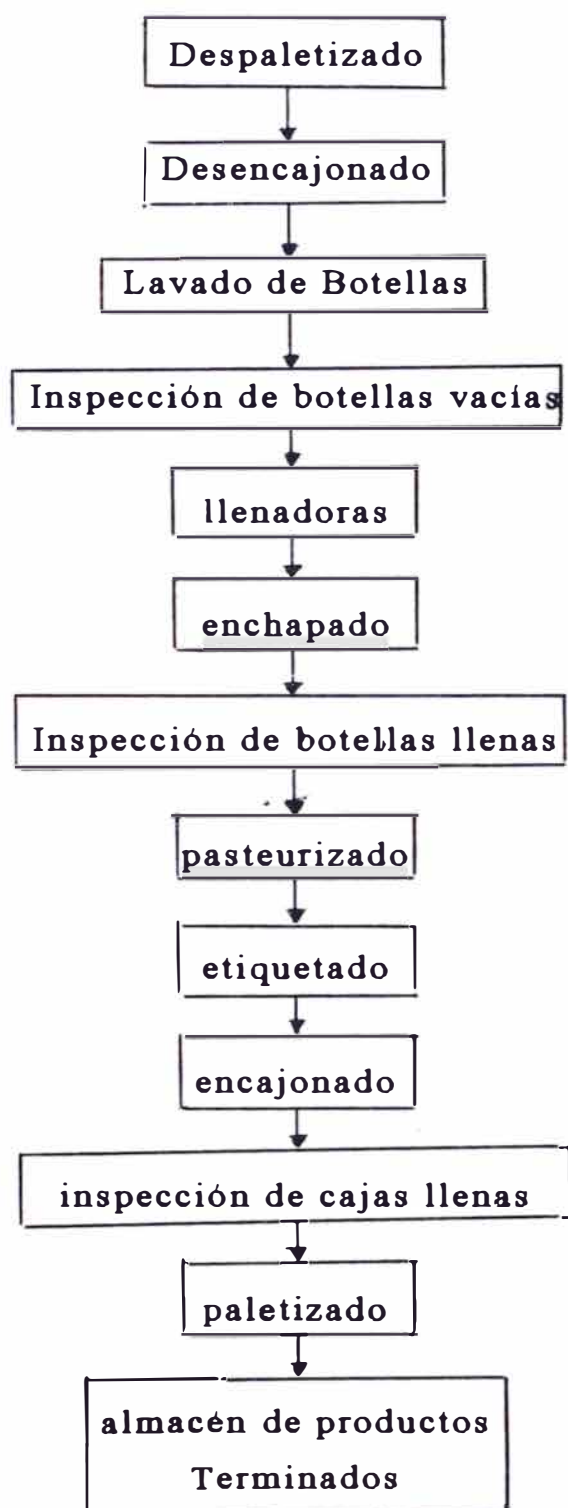


Figura III.17. Esquema de un Pasteurizador*

III. La cerveza y su proceso de producción

**Figura III.18.** Diagrama de Flujo en el área de Envasado

**IV. DISMINUCION DEL CONTENIDO
DE OXIGENO EN LA CERVEZA
ENVASADA**

IV. DISMINUCION DEL CONTENIDO DE OXIGENO EN LA CERVEZA ENVASADA

El principal trabajo desarrollado por el que suscribe dentro de su labor profesional en la cervecería, ha sido lograr la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada.

El oxígeno tiene un efecto perjudicial en el tiempo sobre la estabilidad físico-química del producto envasado (Ver Anexo 3), al cambiar las características originales de la cerveza envasada. El trabajo realizado para conseguir la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada, ha sido un proceso largo y complejo, desarrollado en un periodo de aproximadamente 5 años.

La complejidad de este trabajo se explica por lo siguiente:

- El contenido final de oxígeno en la cerveza envasada es función del oxígeno adquirido por la cerveza en 2 partes del proceso productivo. La primera parte es la correspondiente al área de Bodegas, que incluye las etapas de maduración, deaeración de agua, blending, filtración y almacenamiento de cerveza filtrada. La segunda parte corresponde a la etapa de Envasado.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

En consecuencia, para conseguir los resultados buscados, en cada una de estas etapas, se han realizado mejoras en procedimientos de trabajo y operación de equipos. Es importante indicar que las mejoras se han conseguido sin necesidad de modificar maquinarias, todas ellas han sido operativas. Anteriormente la cervecería había realizado importantes gastos en modificaciones en algunas máquinas pero sin conseguir mejoras.

- La realización de este trabajo ha implicado el cambio de medición de aire a oxígeno en cerveza al 100% en el área de Bodegas. Por tanto se han realizado cambios de equipos, análisis y especificaciones de producto, que se explicaran más adelante.
- En el área de Envasado se ha implementado un nuevo método que permite conocer el aire en cc, en la fase gaseosa del envase, mientras que en la fase líquida del envase se mide el oxígeno. Por tanto para las mediciones en cerveza envasada, también se han realizado cambios de equipos, análisis y especificaciones de producto.
- El trabajo inicialmente llevado a cabo en Planta Rímac, se repitió en Plantas Ate, Motupe y Cervecería San Juan (Pucallpa).

Este trabajo sentó las bases que han permitido la implementación de mejoras posteriores mediante modificaciones de partes en las máquinas de Envasado, para obtener valores aún menores de oxígeno en cerveza. Para un mejor entendimiento del alcance del trabajo, hemos creído conveniente dividir el capítulo en

- Antecedentes

Mediciones de aire en cerveza

- Efecto del oxígeno en el proceso productivo de la cerveza

- Mediciones de oxígeno en cerveza

- Relaciones aire/oxígeno en cerveza

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

- Descripción del trabajo realizado para obtener la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza

IV.1. Antecedentes

Durante muchos años uno de los objetivos principales de la División de Producción ha sido minimizar el contenido de oxígeno en la cerveza envasada.

Este esfuerzo demandó en muchas ocasiones cuantiosas inversiones en mejoramientos de partes y componentes auxiliares de las principales máquinas en el área de Envasado y Bodegas, por donde circula la cerveza.

Asimismo, era bastante frecuente salir de especificación en el producto envasado, originando esfuerzos apresurados para su corrección, ó en peores circunstancias paradas de la producción, que podían durar más de 8 horas seguidas. Es decir el oxígeno en la cerveza no era un parámetro controlado adecuadamente.

Era por tanto el principal problema a resolver tanto por su efecto en la calidad del producto, como por la manera en que afectaba la productividad (constantes paradas).

En el año 1987, en que el suscrito empezó su labor en la cervecera, el contenido de oxígeno en la cerveza como tal, no se medía directamente; lo que se medía era el contenido de aire en cc en la cerveza (uno de cuyos componentes principales es el oxígeno) y la especificación para el envase de 620 cc (producto principal de la empresa) era de 3.00 cc de aire.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

Al término del trabajo realizado por el autor, los mejores contenidos de aire obtenidos en botella se fijaron en 0,6 cc para botella de cerveza C 1/1. En términos de oxígeno disuelto en cerveza medido en un envase de 620 cc tomado a la salida de llenadora, representó una disminución de 1.80 ppm a valores inferiores a 0.30 ppm.

IV.2. Mediciones de aire en cerveza

Al inicio del trabajo(1992) las mediciones realizadas en la cervecería solo permitían conocer el contenido de aire en cerveza; el oxígeno no era medido directamente. Se suponía que al disminuir el contenido de aire en cerveza, el contenido de oxígeno también disminuía, sin embargo no se conocía los niveles de oxígeno reales en cerveza.

El método de análisis de contenido de aire en cerveza, que era usado en esa fecha , es un método antiguo y de uso tradicional en las empresas cerveceras. Se aplica sobre una muestra de cerveza envasada y permite conocer el contenido de aire en el envase (cc).

Los resultados están siempre referidos a una base, en éste caso al envase de 620 cc (producto principal de nuestra empresa).

Principio de operación:

El envase de cerveza es calentado para transferir los gases disueltos de la fase líquida del envase de cerveza al espacio gaseoso del mismo denominado cuello, luego ellos (CO₂ y aire) son pasados a una bureta llena con soda cáustica. En ésta reacciona el CO₂, formando carbonato de sodio, el remanente que no reacciona se lee en la escala de la bureta y se reporta como aire en cc/ botella de 620 cc.

Se asume que a esta temperatura todo el aire se encuentra en la fase gaseosa de la botella y que éste es transferido en su totalidad a la bureta de medición.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

Equipo y reactivos usados: Ver Fig. IV.1. y Fig. IV.2.

1 bureta

1 aparato de perforación

1 manguera de conexión entre la bureta y el perforador

Solución de soda cáustica al 25 % en peso

Procedimiento de análisis:

El procedimiento de análisis es único pero hay que tener en cuenta la procedencia de la muestra para expresar el resultado final.

Tipo de muestra:

En el análisis de aire en cerveza debía distinguirse la procedencia de la muestra, la que según su origen podía ser de dos tipos:

El primer tipo está constituida por botellas de vidrio de 620cc de volumen tomadas a la salida de la llenadora y cuyo análisis nos reporta el contenido de aire en cerveza envasada.

El segundo tipo está formado por botellas de 355 cc de volumen , de acero inoxidable, conocidas como botellas Zahm (Ver Fig. IV.3.) y que se emplea para conocer el contenido de aire de la cerveza en los tanques y tuberías, entre las etapas comprendidas entre el Reposo y Envasado (Area de Bodegas).

El muestreo de la cerveza en las tuberías y/o tanques con la botella zahm se realiza de la siguiente forma: La botella zahm se llena con agua hasta el límite de su capacidad, de esta manera se asegura de desalojar el aire atmosférico del interior de la misma, luego se enchapa en Laboratorio para posteriormente acoplarla a llaves tomamuestras especiales en las tuberías y/o tanques de cerveza denominadas spitch, por 5 a 7 minutos, y se deja fluir la cerveza desde el tanque o tubería pasando a través de ella al exterior, a la manera de un caño, para luego de haber transcurrido el periodo especificado(5 min), se cierra la válvula correspondiente, de tal manera que la botella enchapada y cerrada contenga una muestra representativa de la cerveza de la tubería. Las botellas usadas en las mediciones en bodegas a diferencia de las botellas de vidrio muestreadas de la llenadora, están completamente llenas de líquido (sin

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

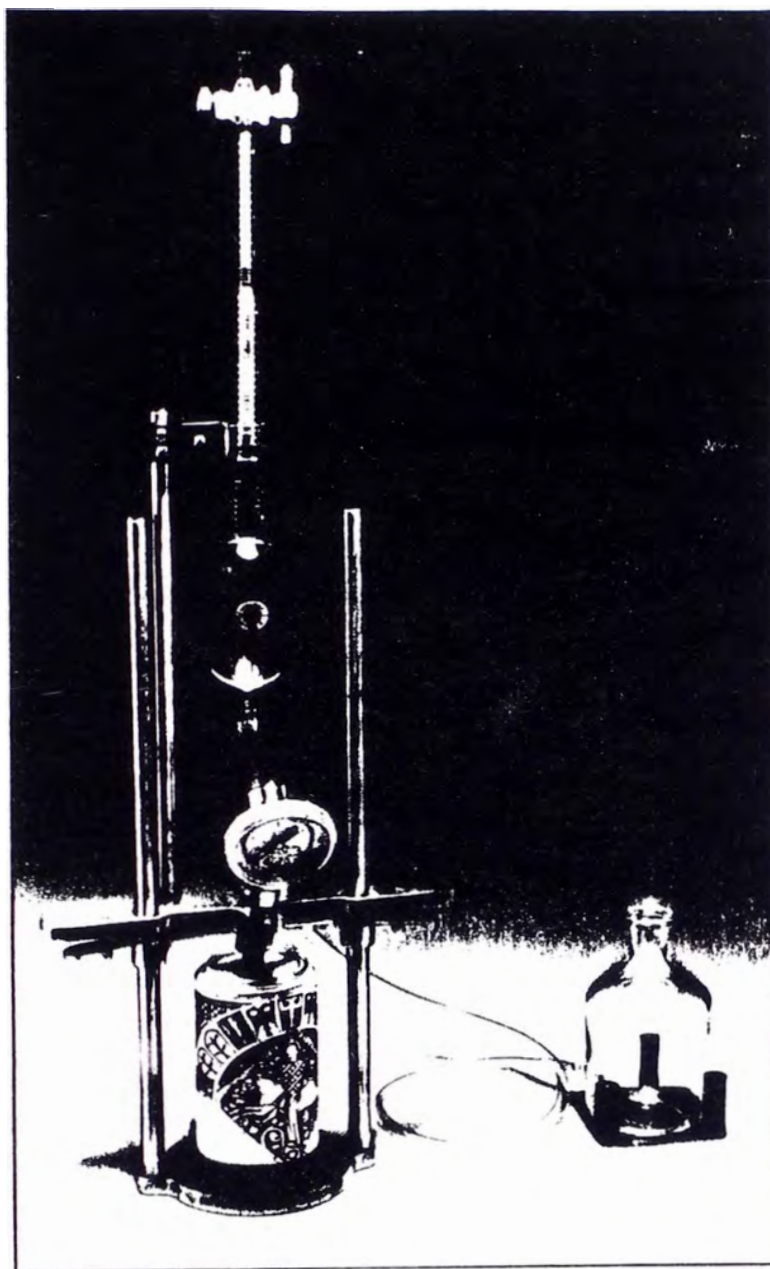


Figura IV.1. Equipo Usado para Análisis de Aire

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

| P/N | DESCRIPCION | P/N | DESCRIPCION | P/N | DESCRIPCION |
|---------|---|--------|--|------|--|
| 5001 | PROBADOR COMPLETO DE AIRE CON TODOS LOS ACCESORIOS | 5017 | VARILLA GUIA (2 REQUERIDAS) | 5043 | TUERCA DE EMPAQUETAR |
| 5003-25 | BURETA CON LLAVE DE CIERRE DE TEFLON (0-25ml) 0-100 ML DE CAPACIDAD | 5020 | BASE | 5044 | EMPAQUETADURA DE TUERCA |
| 5005 | RECAMBIO DE LLAVE DE CIERRE DE TEFLON | 5022 | ALMOHADILLA DE BASE (SUPERIOR) | 5045 | SELLO DE GOMA |
| 5006 | ABRAZADERA DE BURETA COMPLETA (5007 AL 5014) | 5022A | ALMOHADILLA DE BASE (INFERIOR) | 5046 | CONEXION DE GOMA |
| 5007 | CORREDERA DE LA ABRAZADERA | 5024 | BARRA DE CRUCE | 5047 | BOTELLA DE NIVELAR (250ML) |
| 5008 | TORNILLO DE MARIPOSA | 5026 | PLACA DE CERRADURA (2 REQUERIDAS) | 5050 | BASE DE BOTELLA DE NIVELAR (250ML) |
| 5009 | BANDA DE SOPORTE | 5027 | MUELLE DE CERRADURA (2 REQUERIDOS) | 5052 | TUBO DE CONEXION (30") |
| 5010 | BANDA DE ABRAZADERA | 5028 | TORNILLO DE CERRADURA (2 REQUERIDOS) | 5053 | PARADA DE LATA (2 REQUERIDAS) |
| 5011 | TORNILLO (2 REQUERIDOS) | 1030 | MANOMETRO (0-60 PSI Y 0-4 2 kg/cm ²) | 5054 | TORNILLO DE PARADA DE LATA (2 REQUERIDOS) |
| 5012 | TUERCA DE OREJAS | 5038 | EMPAQUETADURA DEL MANOMETRO | 5055 | VALVULA WHITEY SOLO LAMINADO |
| 5013 | TORNILLO | 5039 | ADAPTADOR DEL MANOMETRO | 5056 | VALVULA WHITEY CON BOQUILLA 5057 Y TUERCA 5058 |
| 5014 | BANDA DE PLASTICO | 5040 | EMPAQUETADURA DEL ADAPTADOR | 5057 | BOQUILLA DE MANGUERA |
| 5016 | VARILLA DE SOSTEN | 5042-A | AGUJA DE PERFORAR (703 OAL PUNTO DE PERFORACION-STO) | 5058 | TUERCA DE BOQUILLA |
| | | | | 5079 | TRAMPA CAUSTICA |
| | | | | 5080 | CONEXION PLASTICA |

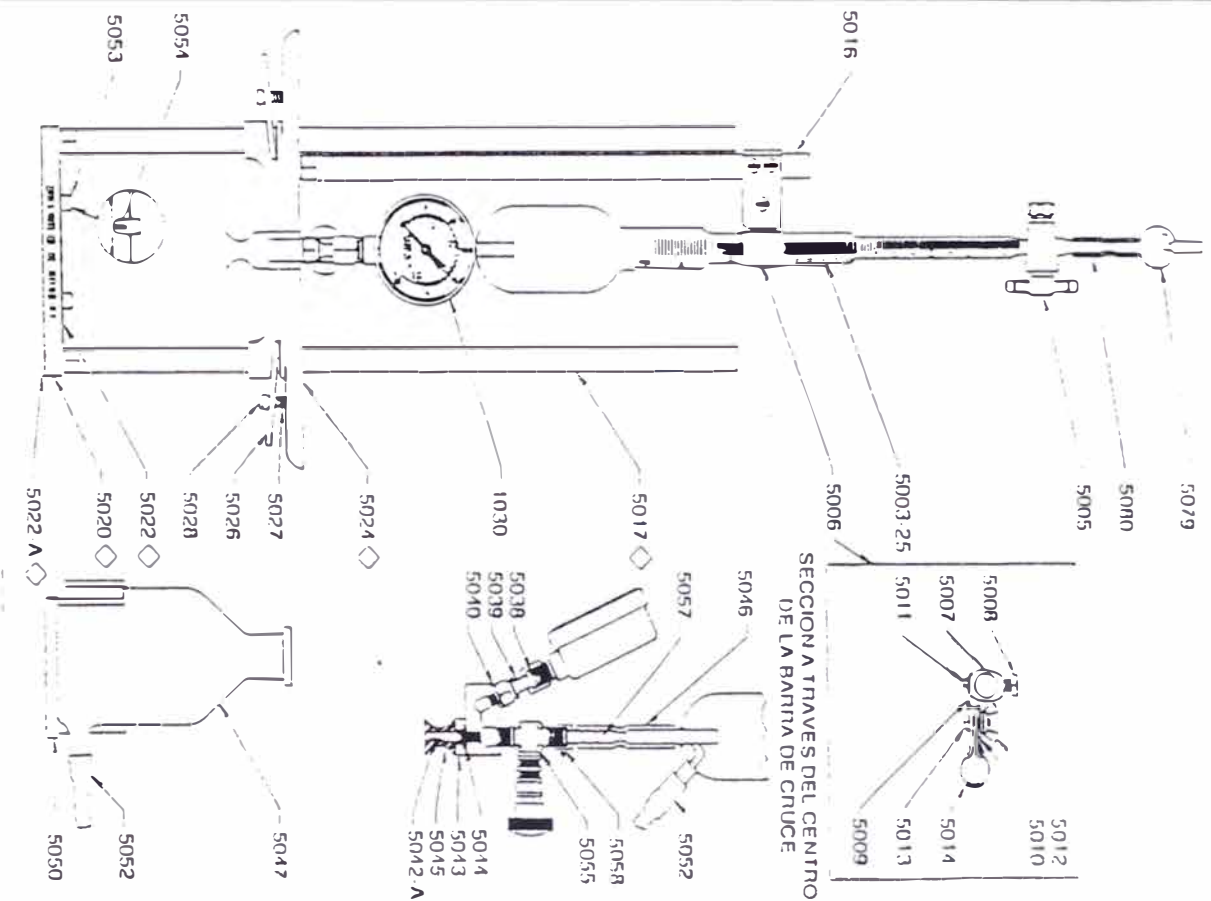
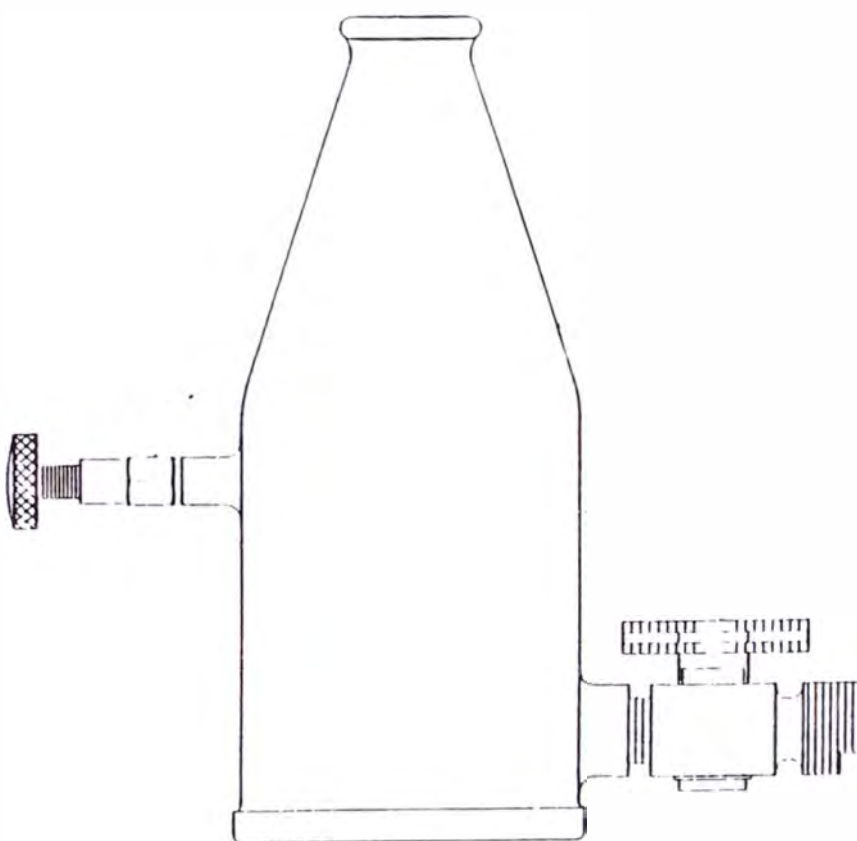


Figura IV.2. Equipo usado para Análisis de Aire

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada**BOTELLA DE MUESTREO SERIE 3000****Figura IV.3. Botella de Muestreo Zahm**

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

cuello), por lo que antes de proceder al análisis es necesario eliminar 20 cc de cerveza mediante una purga especial, de tal forma que se pueda realizar el análisis como si se tratara de una botella de vidrio de 620 cc.

Descripción del análisis:

El análisis de aire en botella, consiste en el calentamiento de la muestra a analizar (botella de vidrio de 620 cc ó botella zahm) entre 20 y 25 C, para luego agitarla vigorosamente y perforar la tapa con el equipo de perforación de tal forma que la mezcla de gases (CO₂+Aire), que existe en la botella, fluya a través del aparato perforador por una manguera acoplada, hacia una bureta graduada llena de soda cáustica, donde reacciona el CO₂, quedando un remanente sin reaccionar que es el contenido de aire del envase, el cual se lee en la bureta graduada.

Expresión de resultados:

Si la muestra era una botella de 620 cc concluí el análisis. Si la muestra era una botella zahm, la lectura obtenida era multiplicada por 1.8, obteniéndose el resultado expresado en base a 620cc.

Los niveles de aire en los que empezó nuestro trabajo fue de 1.5 cc de aire en cerveza en los tanques de almacenamiento de cerveza filtrada y de 3.0 cc de aire en botella a la salida de llenadora, ambos referidos en base de un envase de 620 cc.

Observaciones al método de análisis:

Las desventajas asociadas a éste tipo de medición son varias, entre las principales:

- El oxígeno, que es el componente dañino del aire para la cerveza no es medido directamente. Es una medición indirecta e imperfecta a través del contenido de aire. La relación aire/oxígeno no es constante

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

en la cerveza y aún más puede variar grandemente de una etapa del proceso a otra.

- El método de análisis es lento y engorroso. Especialmente en el área de Bodegas, sólo el muestreo alcanzaba hasta 10 minutos, esto sumado al calentamiento, perforación y lectura podía llevarnos a 20 minutos por muestra analizada. Teniendo en cuenta que la velocidad promedio de nuestras llenadoras es de 1000 botellas por minuto en Planta Rímac y de hasta 1700 botellas por minuto en Planta Ate (usando 2 líneas de Producción), se verá que el método no estaba acorde a la velocidad del proceso.
- EL método de análisis aplicado a las botellas tomadas a la salida de la llenadora no permitía discriminar, la distribución del aire en la botella. Sólo se conocía el contenido total en botella. El trabajo desarrollado permitió después determinar que el aire en la botella recién salida de la llenadora se distribuye en el líquido y en el cuello de la botella.
- Este antiguo método, aplicado a las mediciones en tuberías y tanques presentaba con frecuencia valores inesperados y muy por encima de las especificaciones. En muchos casos el engorroso procedimiento de muestreo y análisis era mal ejecutado y causaban estos errores. En otros debido a defectos en las botellas zahm, ocasionados por manejo impropio, se originaban fugas de cerveza e ingreso de aire al interior de la botella, que daba resultados erróneos.
- Como para el muestreo de cerveza en tuberías y tanques el muestreo demoraba 5 ó más minutos, la muestra obtenida era un promedio de lo que fluía por ella en ese período. Como el análisis también demoraba, al final el valor representaba lo acontecido $\frac{1}{2}$ hora antes y las actuaciones para su corrección ó para averiguar las causas resultaban extemporáneas. Es decir no había una medición puntual e instantánea del contenido de aire en la tubería ó tanque. Debemos recordar que el proceso en éstas zonas es dinámico y la cerveza fluye en éstos puntos a razón de 500 hectolitros por hora.

IV.3. El Oxígeno y el Proceso Productivo de la Cerveza

El oxígeno, es un gas que forma el 21 % del aire. El oxígeno no sólo está presente en el aire, sino también en el agua donde se presenta como oxígeno disuelto. Claro ejemplo de ello es el oxígeno en el mar, que permite la vida, pues los peces respiran el oxígeno al filtrar el agua a través de sus branquias, donde retienen el oxígeno molecular.

El oxígeno tiene sin duda un papel muy importante en la producción de la cerveza. El oxígeno presenta un comportamiento dual en la producción de cerveza, así

Por un lado la propagación de la levadura al inicio de la fermentación requiere la presencia de oxígeno. Aquí es normal aerear el mosto después del enfriamiento del mismo y antes de llenar el fermentador. Se puede deducir entonces que en este punto su presencia es beneficiosa al proceso.

De otro lado, pasada esta etapa, es la causa de una gran serie de reacciones, que tiene efectos negativos en la calidad del producto final (Anexo 3); muchas sustancias contenidas en la cerveza son oxidadas por exposición a él.

El contenido de oxígeno es de particular importancia para la calidad y la vida de la cerveza envasada.

El período de almacenamiento máximo de la cerveza envasada, está condicionado por numerosos factores, siendo los más importantes la estabilidad del aroma y el sabor, la tendencia al desarrollo de turbidez y la estabilidad microbiológica. Ver Anexo 3.

El oxígeno, afecta a estos tres aspectos citados de la estabilidad global, por lo que la vida del envase de cerveza depende fuertemente del contenido de oxígeno.

El oxígeno en la cerveza luego de la fermentación debería ser cero, puesto que la levadura lo consume completamente. Sin embargo

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

en el proceso productivo de la cerveza, posterior a la fermentación, existen muchos puntos donde puede ingresar el oxígeno a la cerveza y disolverse en ella, tal como lo hace en las aguas superficiales (ríos, mares, etc). Ello se debe a que el oxígeno presente en la atmósfera, trata de compensar el desequilibrio que significa la ausencia del mismo en la cerveza. Si nosotros permitiéramos que la cerveza esté en contacto libre con la atmósfera, al cabo de un tiempo tendríamos una cerveza con una concentración de aproximadamente 8 ppm de oxígeno a condiciones standard.

Por ello, es tan difícil mantener la cerveza libre de oxígeno. Para lograrlo, se necesita aislar la cerveza del contacto con la atmósfera, en todos los puntos de su proceso productivo después de la fermentación. Sin embargo la atmósfera, no es la única fuente de oxígeno en la industria cervecera. Otras fuentes son

- EL CO₂ que se usa para la carbonatación de la cerveza y para la presurización de los tanques.
- El oxígeno disuelto en el agua deareada, que se usa para la dilución de la cerveza en la etapa Blending.

En el Envasado, la cuestión es más complicada, porque las botellas que ingresan a la llenadora aparentemente “vacías”, en realidad contienen aire y por tanto oxígeno. Es en éstos envases donde la cerveza debe ser llenada y mantenida con mínimos niveles de oxígeno. Finalmente al salir de la llenadora, el envase nunca sale completamente lleno, siempre se deja un espacio “vacío” o cuello, que permitirá que la botella no explote al someterla al proceso de calentamiento y enfriamiento que sucede en la pasteurización.

Este espacio vacío ó cuello en realidad contiene gases, principalmente CO₂ y Aire. Por ello el oxígeno en el envase, se encuentra distribuido tanto en el cuello (fase gaseosa) como disuelto en la cerveza (fase líquida).

Si tomamos un envase a la salida de la llenadora, la concentración de oxígeno en ambas fases no se encuentra en equilibrio, sino todo lo contrario. El equilibrio se alcanzará luego de algunas horas, siempre y cuando se mantenga la temperatura del envase.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

Si esto no sucede se irá variando el punto de equilibrio con el tiempo en función de la temperatura del envase.

La medición del contenido de oxígeno es muy importante en la fase líquida (oxígeno disuelto en cerveza), porque es una medida del comportamiento de la llenadora y del contenido de oxígeno en la cerveza que está alimentando desde Bodegas a la misma.

El oxígeno también se encuentra en el cuello de la botella, pero en un primer momento, es exclusivamente el captado desde la atmósfera al salir de la llenadora en su camino hacia la enchapadora, donde se sella la botella. Este es un valor casi constante en nuestro proceso.

Es importante entonces realizar las mediciones de oxígeno inmediatamente después que sale la botella de la llenadora, sin agitación alguna, porque el desequilibrio en que se encuentra en las fases nos indicará si el proceso está funcionando bien.

Si no lo hiciéramos así, el oxígeno en ambas fases migraría en el tiempo de una fase a otra hasta llegar al equilibrio. Este es función también de la temperatura.

Hay que tener en cuenta además que mientras más tiempo permanezca el oxígeno en la cerveza, las reacciones de oxidación en la cerveza disminuirán la concentración del oxígeno disuelto alterando la concentración de equilibrio, hasta que finalmente todo sea consumido.

En la cervecería, en realidad no se mide el oxígeno, en el producto terminado porque:

- La temperatura del envase es aproximadamente de 32 C, y a esa temperatura el oxígeno, se encuentra mayormente en la fase gaseosa, donde no puede ser medido directamente con nuestros equipos.
- El oxígeno ha sido consumido parcialmente en la pasteurización, donde las reacciones de oxidación han sido catalizadas por la temperatura. Por tanto la cerveza ya ha sufrido los efectos del oxígeno y el conocer el contenido del mismo no es tan útil como antes de ella.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

- La pasteurización demora 45 minutos, por lo que cualquier corrección en el proceso tendría un retraso de por lo menos 45 minutos.

IV.4. Mediciones de Oxígeno en la cerveza

LOS EQUIPOS:

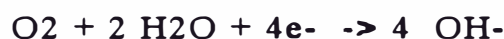
La compañía adquirió en el año 1992 modernos equipos portátiles para registrar el contenido de oxígeno disuelto en la cerveza y de aplicación tanto en Laboratorio como en mediciones de campo. Ver Fig. IV.4., Fig. IV.5. y Fig. IV.6.

Las mediciones en estos equipos se obtienen a través de un sensor que se pone en contacto con la cerveza a medir. El sensor (Ver Fig. IV.7.) es en realidad un polarímetro, que es una celda que contiene un electrolito (KCl), un ánodo de plata y un cátodo de oro, donde el cátodo es muy pequeño en relación al ánodo; además esta celda está separada del medio (cerveza) por una membrana permeable únicamente al oxígeno.

Con un circuito eléctrico se produce entre el cátodo y ánodo una diferencia de tensión. El oxígeno se difunde a través de la membrana y se disuelve en el electrolito. En el cátodo se produce una reacción que genera una corriente, proporcional a la cantidad de oxígeno que penetra en la sonda. Esta cantidad de oxígeno es proporcional a la presión parcial o fugacidad del oxígeno alrededor de la membrana.

La siguiente reacción química se genera en la celda por la presencia de oxígeno.

En el cátodo:



En el ánodo:



El equipo obtiene lecturas en ppb/ppm de oxígeno disuelto.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada



Figura IV.4. Equipo de Medición de Oxígeno

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

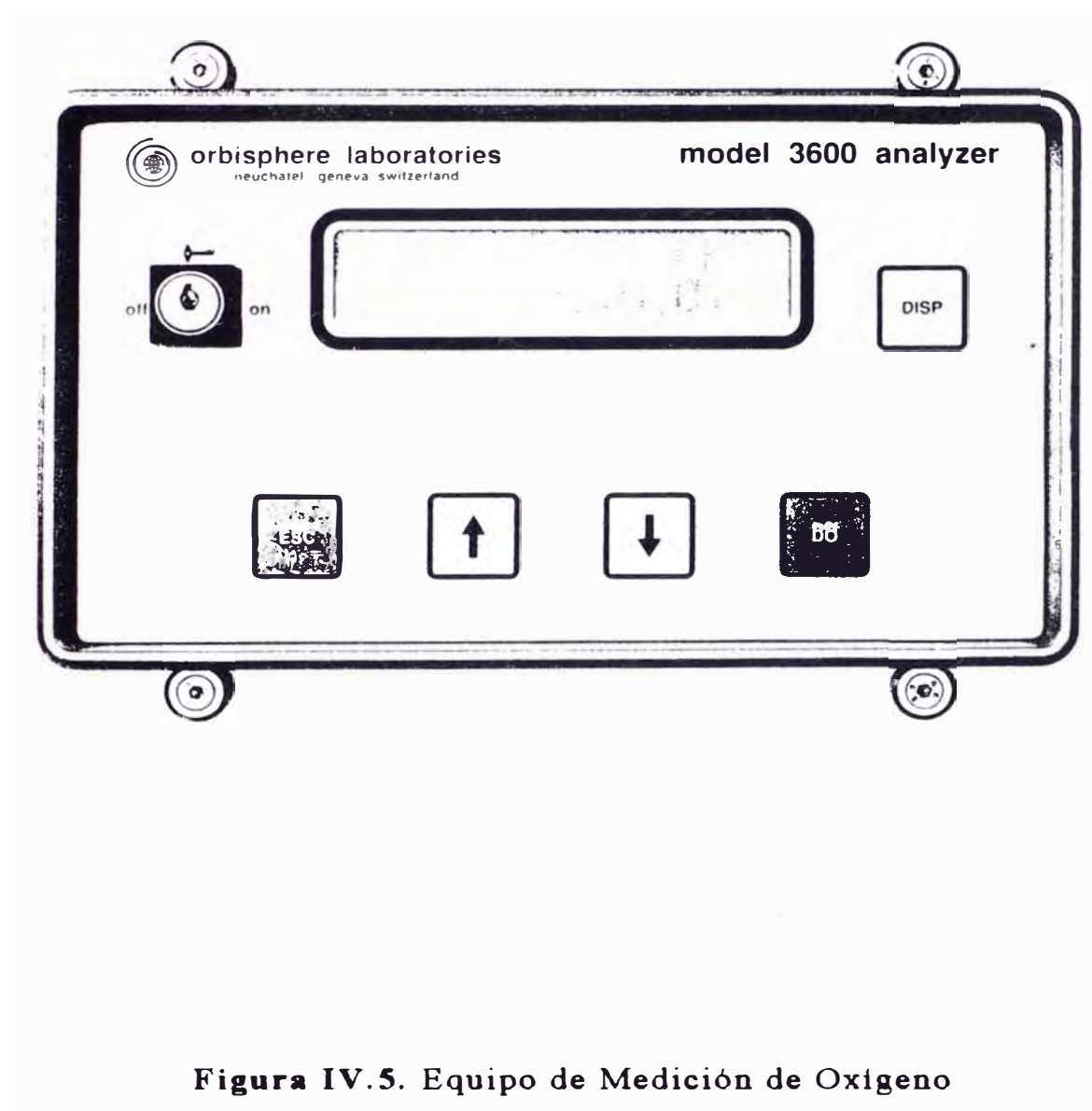


Figura IV.5. Equipo de Medición de Oxígeno

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada



Figura IV.6. Equipo de Medición de Oxígeno en Botella

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

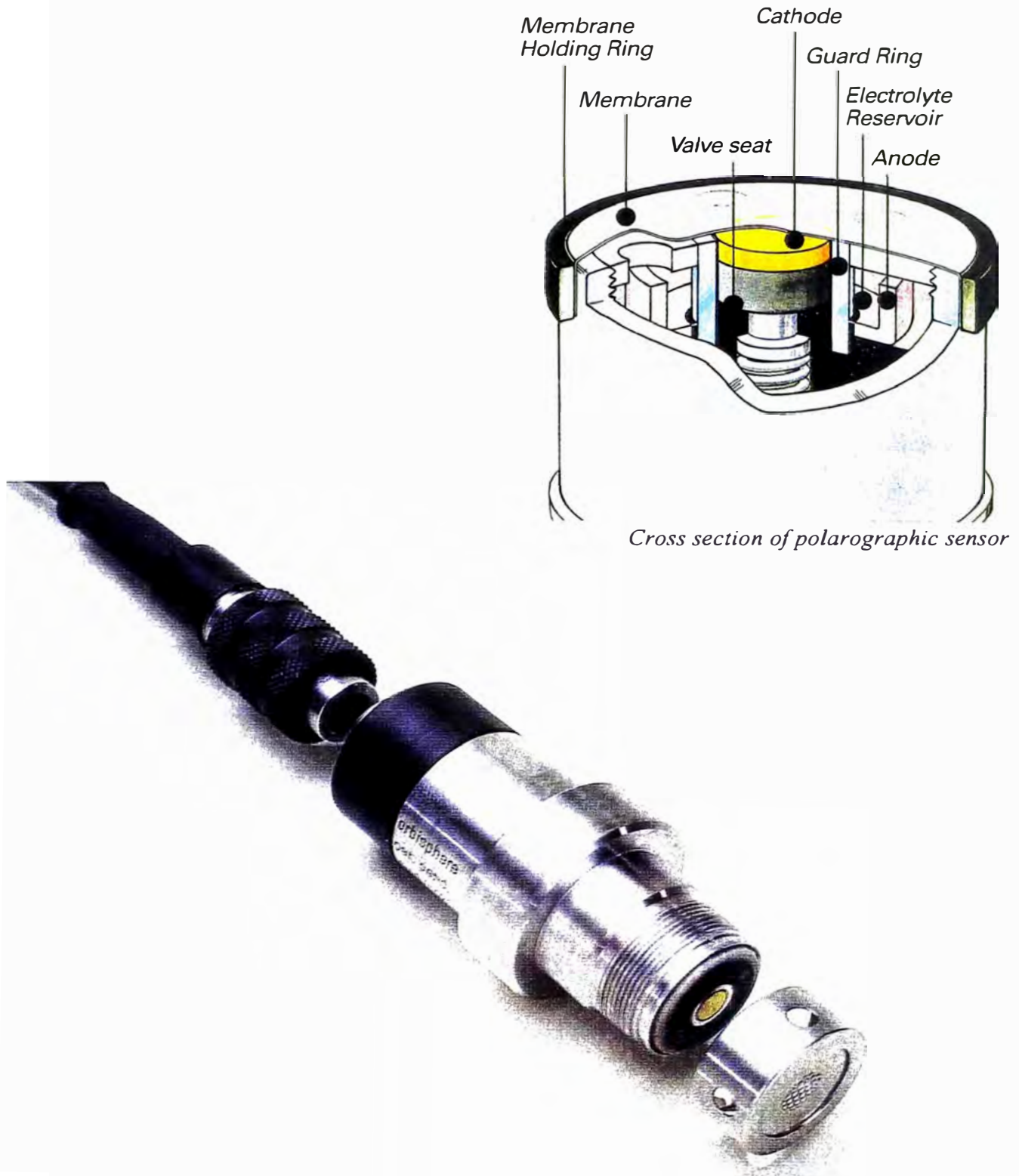


Figura IV.7. Sensor del Equipo de Medición del Oxígeno

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

PUESTA EN OPERACION DE LOS EQUIPOS

Inicialmente los equipos estuvieron a cargo de otras secciones, donde se tuvo problemas para su manejo. Ellas obedecían principalmente a la confusión de conceptos sobre lo que se medía con los equipos antiguos (cc aire/bot C1/1) contra lo que registraba el más moderno (ppm de oxígeno).

Estos equipos no contaban con representante en el Perú y habían sido importados directamente de Suiza. En esa época las importaciones eran procesos largos, tediosos y muy limitados; por tanto no había mayor fuente de consulta que los propios manuales de operación del equipo.

Los equipos y la responsabilidad de que queden en operación finalmente recayeron en nosotros. Para lograr poner en marcha estos equipos, se tuvo que entender primero el principio de operación del equipo, luego realizar su acondicionamiento (limpieza química del sensor, colocación del electrolito y membrana, calibración, y mediciones preliminares).

Fuera de las dificultades operativas, el mayor escollo a superar fué diferenciar las medidas de los equipos antiguos, contra los modernos y a su vez relacionarlas. No había antecedente sobre mediciones de oxígeno realizadas en la cervecería, por lo que nos tocó señalar el camino.

IV.5. Relaciones aire oxígeno en cerveza

En muchas cervecías el contenido de "aire" en cerveza envasada era usada como una indicación indirecta del contenido de oxígeno desde que no existía una determinación directa del mismo.

En muchos casos el contenido de oxígeno era obtenido desde la medición de aire, sobre la base de la relación de oxígeno a nitrógeno en la atmósfera.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

El aire atmosférico consiste de aproximadamente 21 % de oxígeno y 79 % de nitrógeno por volumen. Cuando la cerveza es saturada con aire la relación es 32 % oxígeno y 68 % nitrógeno.

De tal forma que cuando la cerveza es saturada con aire la relación de oxígeno-nitrógeno es de 1:2 y no como en el aire de 1:4. Debe añadirse la posibilidad de que algo de oxígeno ha sido consumido a través de la reacción con la cerveza.

Para complicar aún más el establecimiento de una relación constante aire /oxígeno en cerveza, se descubrió posteriormente en una de las pruebas realizadas por nosotros, que en la etapa de maduración, bajo condiciones de operación inadecuadas, en los trasiegos se obtenía un incremento desmesurado del aire disuelto (oxígeno más nitrógeno), pero que luego de la operación de Kraussen (donde ingresaba un poco de levadura activa, para iniciar la llamada fermentación secundaria), ésta consumía el oxígeno, pero el nitrógeno disuelto quedaba intacto, alterando cualquier relación establecida en base a las solubilidades de ambos.

Posteriormente, en el proceso de llenado, la botella sale de la llenadora con un cuello ó espacio vacío encima de la cerveza, el que aporta también aire al contenido total de la botella. Las relaciones de aire/oxígeno en ambas fases es diferente y en ése momento eran desconocidas.

Por tanto, cuando se habla de las mediciones de aire, no existía una definida mezcla de oxígeno y nitrógeno, lo que hacía la determinación de oxígeno a partir de la determinación del contenido de aire, imposible.

IV.6. Cambio de Medición de Aire a Oxígeno en Cerveza

El cambio de medición de aire a oxígeno lo podemos dividir en:

En el área de Bodegas:

Las mediciones son realizadas sobre la cerveza en tanques y tuberías.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

El cambio de la medición de aire a oxígeno ha sido completo y en la actualidad se mide únicamente el oxígeno disuelto en cerveza en ppm.

En el área de Envasado:

Las mediciones son realizadas sobre la cerveza envasada muestreada a la salida de la llenadora (la muestra está a 5 grados centígrados).

El envase presenta 2 fases : una líquida (constituída por la cerveza) y otra gaseosa (que es el cuello del envase). El oxígeno se encuentra distribuido en ambas fases, en la primera como oxígeno disuelto y en la segunda conformando la mezcla de gases que se encuentra en el cuello.

Dado que los equipos analizadores de oxígeno con que contamos, únicamente miden el oxígeno disuelto en la fase líquida, y en concordancia con las normativas de uso en varias cervecías del mundo, la medición en el envase se expresa de la siguiente manera:

Se reporta el contenido de oxígeno en la fase líquida, como oxígeno disuelto en cerveza en ppm. Se ha establecido una especificación de 0.30 ppm como máximo.

Se reporta el contenido de aire en la fase gaseosa como cc de aire en la fase gaseosa del envase. Para ello se ha implementado un método de medición del contenido de aire en el cuello del envase que describimos a continuación

IV.6.1. METODO DE ANALISIS DE AIRE EN EL CUELLO DEL ENVASE

Es una variación del método de análisis del aire en el envase utilizado antiguamente. Se aplica sobre un envase tomado a la salida de la llenadora y no se calienta la muestra.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

PRINCIPIO DE OPERACION:

Se trata de transferir el contenido gaseoso del cuello del envase a una bureta llena de soda cáustica. En ésta reacciona el CO₂ formando carbonato de sodio, el remanente que no reacciona se lee en la escala de la bureta y se reporta como cc de aire en la fase gaseosa del envase.

EQUIPOS Y REACTIVOS USADOS:

Son los mismos que se utilizan para el análisis de aire en el envase:

1 bureta

1 aparato de perforación

1 manguera de conexión entre la bureta y el perforador

Solución de soda cáustica al 25 % en peso.

PROCEDIMIENTO DE ANALISIS:

Se aplica sólo a envases tomados a la salida de la llenadora, la muestra no es calentada.

Se somete la muestra a una suave agitación, (con el objeto de que algo de CO₂ se desprenda de la fase líquida y sirva para empujar los gases del cuello hacia la bureta); se procede a perforar y se permite el paso de los gases del cuello del envase hacia la bureta, donde reacciona el CO₂ formando carbonato de sodio, el remanente se lee en la bureta y se expresa como aire en cc en la fase gaseosa del envase.

OBSERVACIONES AL METODO DE ANALISIS:

El método no es muy exacto porque depende de la magnitud de la agitación del envase, que puede variar de un operador al otro.

- No necesariamente se desprende únicamente CO₂ desde la fase líquida para empujar a los gases del cuello hacia la bureta para obtener la lectura final. También puede pasar algo de aire desde la fase líquida a la fase gaseosa como consecuencia de la agitación.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

- Las mediciones en el envase se tienen que expresar mediante 2 especificaciones diferentes. Una referida al contenido de oxígeno disuelto en ppm en la fase líquida y la otra al contenido de aire en cc en la fase gaseosa, sin embargo, esta manera de expresar los resultados en el envase, es usada en muchas cervecerías del mundo.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

IV.7. Descripción del Trabajo realizado para obtener la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza

El oxígeno, se encuentra en la atmósfera constituyendo el 21 % de la misma.

En la cerveza el contenido de oxígeno disuelto es cero ppm luego de la fermentación.

Por tanto existe una situación de desequilibrio entre el contenido de oxígeno en la atmósfera y el contenido de oxígeno disuelto en la cerveza.

En el proceso de producción de la cerveza existen muchos posibles puntos de contacto de la cerveza con la atmósfera y con otras fuentes proveedoras de oxígeno (CO₂, agua deaerada).

Parte importante del trabajo fue identificar los puntos del proceso a tener en cuenta para evitar el ingreso de oxígeno a la cerveza . También se reveló los mecanismos mediante los cuales este ingreso se realizaba en nuestros procesos y finalmente se procedió a cambiar las condiciones de operación de la llenadora para minimizar la ganancia de oxígeno en la cerveza envasada.

A continuación describimos la secuencia de los principales trabajos realizados en las áreas de Bodegas y Envasado que condujeron a reducir el contenido de oxígeno en la cerveza envasada:

IV.7.1. EL OXIGENO (AIRE) EN CERVEZA AL INICIO DEL TRABAJO (1992)

En el diagrama del proceso productivo de la cerveza en el área de Bodegas se puede observar que desde la salida de la Bodega de Fermentación hasta el Envasado, la cerveza es trasladada por tubería, almacenada, diluida, filtrada, carbonatada y finalmente envasada.

Como se observa, estas múltiples operaciones en el tratamiento de la cerveza desde los fermentadores hasta el envasado, posibilitan el ingreso de

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

oxígeno desde la atmósfera hacia la cerveza , si los procesos no son adecuadamente conducidos.

En la cervecería, las operaciones principales eran realizadas con el mayor cuidado posible, pero no se conocía con precisión los puntos por donde el oxígeno ingresaba a la cerveza. En muchas ocasiones, la cerveza con elevado contenido de aire (oxígeno), se detectaba en los envases tomados a la salida de la llenadora, lo que en los casos más graves originaba paradas prolongadas de la producción .

Al inicio del trabajo el contenido de aire de las botellas analizadas era muy irregular y se presentaban fluctuaciones que creaban confusión acerca de las causas del problema. La confusión aumentaba por el prolongado tiempo del análisis del contenido de aire en la cerveza, lo que originaba que fuera aún mas difícil la identificación de las causas, ya que las nuevas muestras podían representar una nueva realidad del proceso, distinta a la detectada primero.

En la Tabla IV.1 se muestra un cuadro de valores de mediciones de aire en botella típico de esa etapa.

Tabla IV.1.- Contenido de Aire en botella de 620 cc, muestreada a la salida de la llenadora

| Muestra | Aire en botella cc aire/bot.620cc |
|---------|--------------------------------------|
| 1 | 2.5 |
| 2 | 2.8 |
| 3 | 2.4 |
| 4 | 2.7 |
| 5 | 2.4 |
| 6 | 2.6 |
| 7 | 2.3 |
| 8 | 3.0 |

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

Las explicaciones sobre las posibles causas del elevado contenido de aire en botella, registradas en las mediciones eran:

- Rebose inadecuado de la botella, lo que originaría excesivo aire en el cuello. (En esa época el análisis de aire en el cuello del envase no se realizaba).
- Continuas paradas de las llenadoras por fallas en la línea de producción (transportadores, pasteurizadores, etiquetadoras, encajonadoras, paletizadoras). Se sabía que había una correlación entre estas paradas y valores más irregulares en las mediciones de aire en el envase, pero no se conocía porqué.
- Fallas en el análisis de aire en la cerveza envasada. El método era un procedimiento largo, que implicaba el calentamiento de la muestra, agitación, y expulsión de gases de la botella hacia la bureta. Como causas probables se creía en : excesivo calentamiento de la muestra, excesiva agitación, rápida ó lenta apertura de válvula de admisión de gases desde la botella a la bureta de medición, ingreso de aire a través de mangueras acopladas inadecuadamente , solución de soda cáustica recién preparada (se sabía que al cambiar la solución de soda para iniciar una nueva serie de análisis, en algunos casos se obtenía valores ligeramente mas altos que los esperados, no había la seguridad sobre ello y no se tenía una explicación de esta hipótesis).
- Fallas en el análisis de aire de la cerveza muestreada en la tubería de ingreso a la llenadora. Se pensaba en las mismas causas del punto anterior mas las asociadas a la preparación y muestreo con la botella zahm. Estas últimas eran : mala preparación de la botella zahm, lo que originaba que no todo el aire de la atmósfera fuera removido de la botella originando un valor erróneo del análisis; inadecuado muestreo de la cerveza en la tubería : podría deberse a que no se respetaba los tiempos de purga de la botella; mala conexión al tomamuestras, botella zahm deteriorada interiormente (difícilmente visible mediante una inspección simple); botella zahm deteriorada exteriormente (golpeada); presencia de fuga de cerveza en las válvulas de cierre de la botella (en muchos casos éstas se manifestaban al calentar la muestra para el análisis, luego de haber transcurrido varios

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

minutos desde que se inició la medición); inadecuada purga de la botella para la generación del cuello, necesario para el análisis.

- Inadecuada precisión del resultado : En el caso de las muestras tomadas de las tuberías ó tanques por medio de la botella zahm, se obtenían resultados con una resolución de 0.1 cc , los valores intermedios tenían que aproximarse a ésta resolución, los que al multiplicarlos por el factor de 1.8, para expresarlo en términos de botella de 620 cc, originaba que el error se magnificara. Este hecho sumado a las posibles causas anteriormente mencionadas originaba una gran incertidumbre sobre el resultado.
- La cerveza muestreada en la tubería de ingreso a las llenadoras presentaban valores anormales (podían estar fuera ó dentro de la especificación). Si el contenido de aire en la cerveza estaba dentro de especificación se creía que podía ser una indicación de que había alguna alteración en el contenido de aire en la cerveza que podría estar fluctuando entre las mediciones. Si el contenido de aire en la cerveza en la tubería de ingreso a la llenadora estaba fuera de especificación , tenía que corroborarse con otra medición, de resultar coincidentes se tenía que retroceder a las etapas anteriores para encontrar el origen de ello.

Estas mediciones sumaban una complicación adicional, y es que el tiempo de análisis llevaba hasta 30 minutos desde el inicio del mismo hasta la expresión de resultados, lo que creaba una presión psicológica sobre todos los que tenían que hacer el análisis y tomar las decisiones sobre continuar ó detener el proceso de Envasado.

Si la causa del elevado contenido de aire en el envase, era el elevado contenido de aire en la cerveza en la tubería de ingreso a llenadora, se pensaba como causas de ello

- Fallas en los análisis de aire en la cerveza en las tuberías ó tanques de las Bodegas. Se creía que por fallas en los análisis no se había detectado oportunamente el problema en Bodegas.
- Ingreso al sistema de abastecimiento de cerveza a la llenadora, de algún tanque que había estado cerrado.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

- Falla en la pureza del CO₂ que se usa en la carbonatación.
- Falla en la bomba de alimentación de cerveza a la llenadora. Se creía que debido a falla en el sello ó prensaestopa de la bomba se incrementaba el aire en cerveza.
- Falla en la bomba de abastecimiento de cerveza al filtro. Igual que lo anterior.
- Ingreso de cerveza de bodegas de reposo con elevado contenido de aire . Lo usual era que 5 tanques de Bodega de Reposo, abastecieran en forma conjunta de cerveza a una tubería colectora, que conducía esta cerveza al blending. Las mediciones del contenido de aire en cerveza se realizaba en esta tubería colectora, que se suponía era una mezcla perfecta de la cerveza que provenía de la Bodega de Reposo. El valor obtenido entonces era aceptado como el valor de aire en cerveza de cada uno de los tanques que abastecían al blending. Sin embargo en numerosas oportunidades el abastecimiento de cerveza desde los 5 tanques no era uniforme y el valor medido en la tubería colectora no era el representativo del verdadero contenido de aire en la cerveza de los 5 tanques. Ello originaba que en algunos casos , tanques de la Bodega de Reposo, con alto contenido de aire, no fueran detectados al momento de realizar la medición en la tubería. Sin embargo el contenido de cerveza de estos tanques en algún momento del proceso era trasladado hacia el blending, originando en consecuencia la aparición en forma súbita de lotes de cerveza en las siguientes etapas con elevado contenido de aire.
- Causas desconocidas. En muchos casos no se encontraba una explicación al aumento de aire en la cerveza. Se tomaban las medidas correctivas, para separar (en el caso de cerveza envasada) ó mezclar (en el caso de cerveza en Bodegas) el lote de cerveza afectada y ahí terminaba la solución del problema.

En resumen se puede afirmar que no existía un conocimiento real y preciso de la forma en que el oxígeno ingresaba a la cerveza .

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

IV.7.2. INICIO DEL TRABAJO: PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS ANALIZADORES DE OXIGENO (1992)

Uno de los principales aportes del trabajo realizado fue identificar los puntos de ingreso de oxígeno a la cerveza y explicar los mecanismos en que éste se realizaba.

El primer paso para ello fue el poner en operación los equipos analizadores de oxígeno recientemente adquiridos (1992).

Los equipos marcaban un nuevo concepto en las mediciones, con un principio de operación totalmente diferente a lo usual en esa época en la cervecería. Se trataba de un método de medición con un equipo electrónico, basado en la presión parcial ó fugacidad del oxígeno disuelto en la cerveza contra el sistema tradicional de medición de aire basado en un método de análisis fisicoquímico, en el cual se podía ver el desarrollo del análisis. Con el nuevo método no se podía ver el desarrollo del análisis y lo que quedaba era creer en el resultado obtenido.

Se tenía entonces 2 problemas a resolver, el primero diferenciar las mediciones de oxígeno, con las de aire; el segundo verificar las lecturas obtenidas con el equipo medidor de oxígeno.

IV.7.2.1 Diferenciación de mediciones de oxígeno - aire en cerveza.

Para muchos, oxígeno ó aire en la cerveza era lo mismo al final de cuentas, y pensaban que las lecturas debían estar siempre correlacionadas. Como se explicó en el punto IV.5. Relaciones aire - oxígeno en cerveza, del presente trabajo, esto no es necesariamente cierto en todos los puntos del proceso y no se puede establecer un factor que correlacione ambas mediciones en todo el proceso productivo de la cerveza. Únicamente en el cuello del envase tomado a la salida de la llenadora puede establecerse una correlación directa.

En el desarrollo de nuestro trabajo, en una primera etapa se realizaron mediciones paralelas de aire y oxígeno en la cerveza; que se muestran en la tabla IV.2.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

Tabla IV.2.- Mediciones paralelas de aire y oxígeno en cerveza en el área de Bodegas (Tanques de cerveza filtrada)

| Muestra | Aire (cc/bot. 620 cc) | Oxígeno ppm |
|---------|--------------------------|----------------|
| 1 | 1.5 | 0.74 |
| 2 | 1.3 | 0.68 |
| 3 | 1.0 | 0.61 |
| 4 | 1.2 | 0.66 |
| 5 | 1.6 | 0.72 |
| 6 | 1.3 | 0.70 |
| 7 | 1.1 | 0.61 |
| 8 | 1.5 | 0.78 |
| 9 | 1.2 | 0.70 |
| 10 | 1.3 | 0.72 |
| 11 | 1.4 | 0.77 |
| 12 | 1.5 | 0.81 |

En la mayoría de las mediciones, en el área de Bodegas, se obtuvo correspondencia entre los valores de oxígeno disuelto en cerveza y el aire en cerveza, quiere decir que a valores mas elevados de aire se obtenía valores mas elevados de oxígeno disuelto en cerveza, sin embargo no se pudo fijar un factor de correspondencia; sólo las tendencias coincidían.

Se demostró que ésta correspondencia podía ser afectada por errores de operación en el traslado de la cerveza desde los fermentadores a la Bodega de Reposo. En una de nuestras mediciones descubrimos que la cerveza de un tanque de Bodega de Reposo recién llenado, cuyo contenido de oxígeno ideal debería ser 0 ppm, presentaba un valor anormalmente elevado de oxígeno; se procedió a realizar la medición correspondiente con la botella zahm, para medir el contenido de aire y se encontró igualmente elevado. La explicación a ello fue que debido a una falla, el tanque en vez de ser llenado lentamente por una toma

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

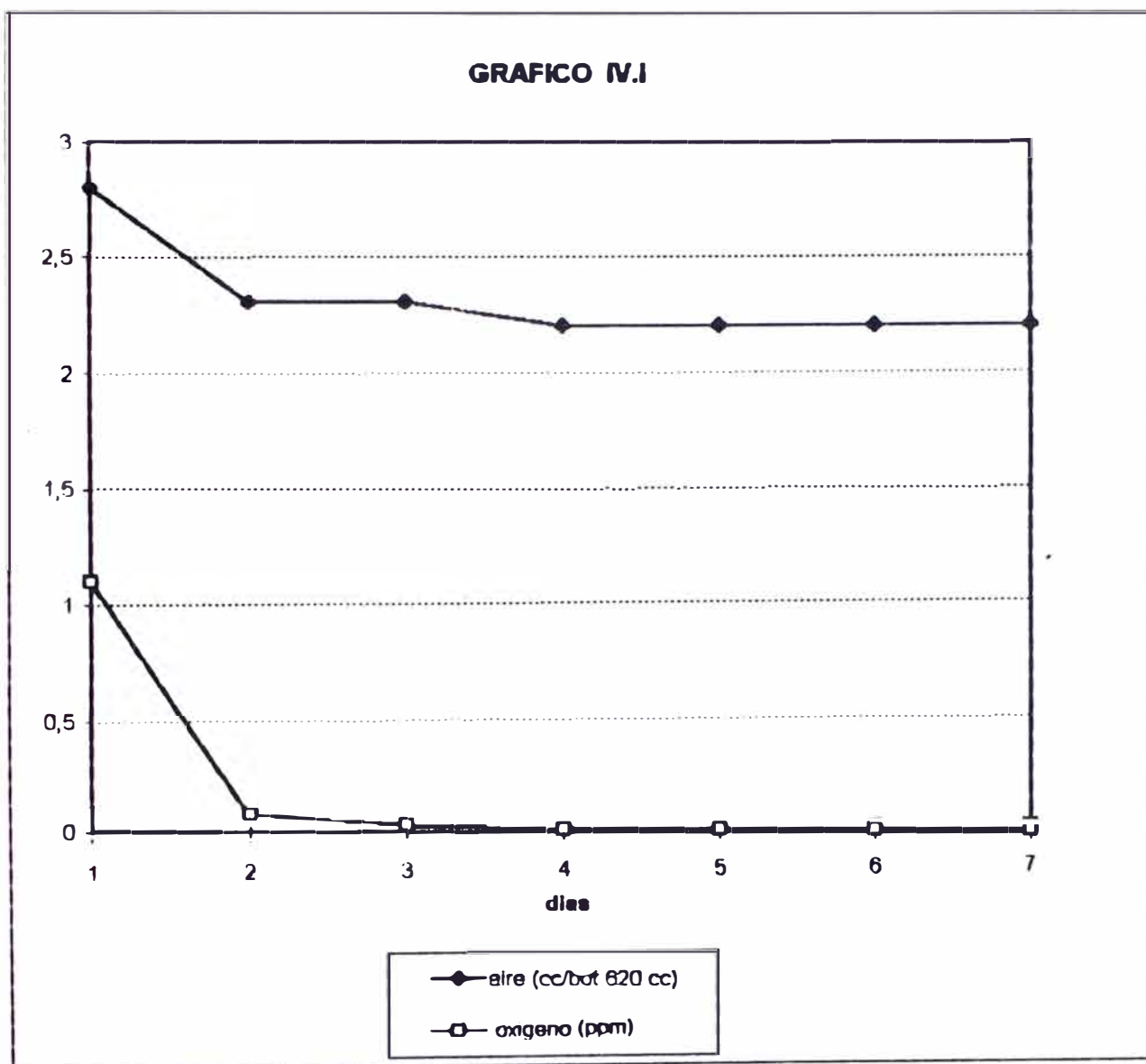
inferior, que permite un llenado con un flujo laminar, había sido llenado por una toma frontal (Ver Fig. IV.8) con flujo turbulento. En tanto que estos tanques inicialmente se encuentran vacíos en contacto con la atmósfera, esta cerveza tratada inadecuadamente había incrementado su contenido de oxígeno. En el seguimiento respectivo, con mediciones diarias realizadas por ambos métodos (ver Tabla IV.3 y Gráfico IV.1 aire Vs días de llenado), se observó al segundo día una diferencia abrupta entre ambas mediciones; la causa se encontró en el Kraussen añadido ese día. Como hemos señalado anteriormente los tanques de Bodega de Reposo son llenados hasta 2/3 de su capacidad inicialmente, luego el segundo día se le añade mosto con levadura activa (Kraussen) para reforzar la fermentación secundaria y obtener una mejora en el sabor.

La explicación de la diferencia registrada se encontró en lo siguiente: Como consecuencia de la presencia de levadura en plena actividad, ésta había consumido el oxígeno que encontró en el tanque, más no el nitrógeno que acompañaba al oxígeno disuelto, éste es también incluido dentro de la medición al usar el método de análisis de aire, pero no con el nuevo equipo analizador de oxígeno, por lo que si bien el contenido de aire es elevado, no lo es el contenido de oxígeno.

Tabla IV.3.- Mediciones Paralelas de aire y oxígeno en cerveza, en Tanque de Bodega de Reposo.

| Día | Aire | Oxígeno | Observaciones |
|-----|------|---------|--------------------------|
| 1 | 2.8 | 1.1 | |
| 2 | 2.3 | 0.08 | Luego de añadir Kraussen |
| 3 | 2.3 | 0.03 | |
| 4 | 2.2 | 0.01 | |
| 5 | 2.2 | 0.01 | |
| 6 | 2.2 | 0.01 | |
| 7 | 2.2 | 0.01 | |

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada



IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

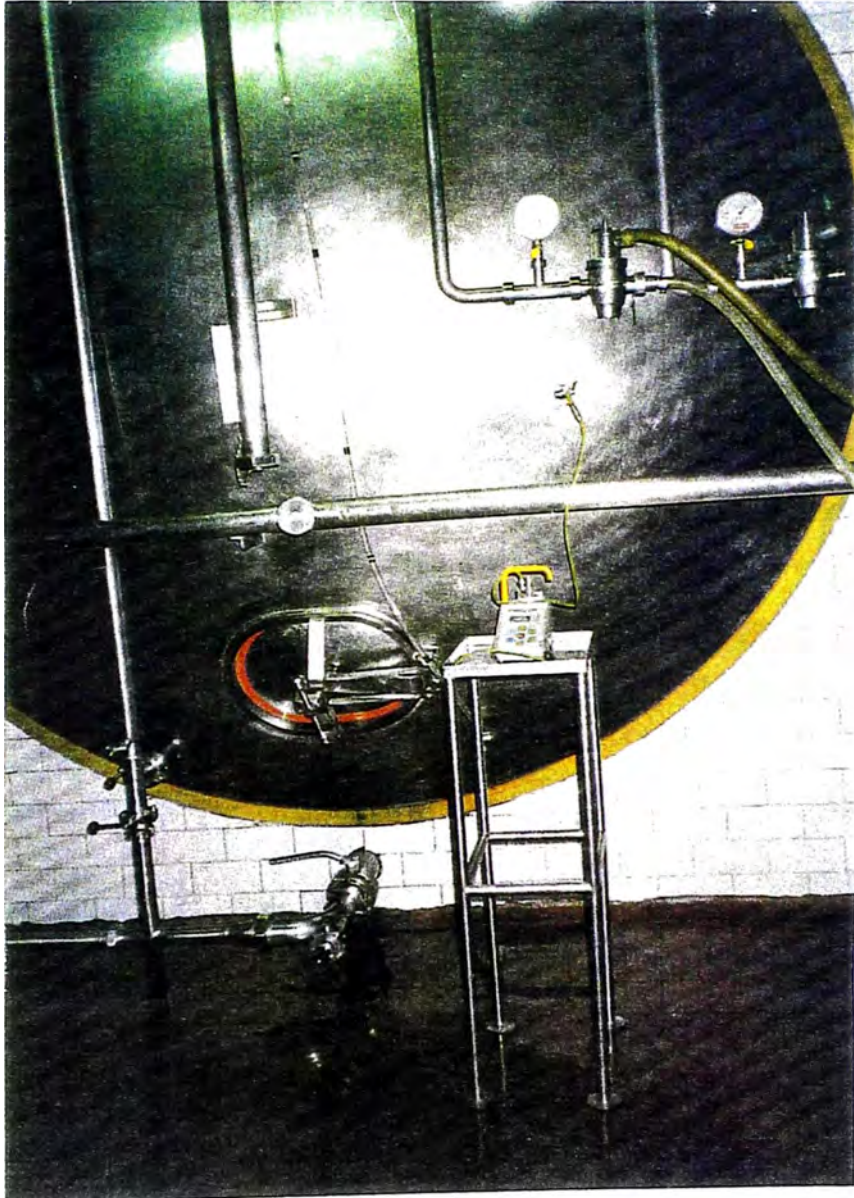


Figura IV.8. Tanque de cerveza filtrada

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

Esta diferencia se mantuvo, cuando la cerveza de este tanque pasó todas las etapas posteriores hasta el envasado, tal como se observa en la tabla IV.4., en el envasado se presentó un valor anormal de aire, pero un valor normal de oxígeno.

Con esta experiencia se demostró la imposibilidad de establecer una relación práctica entre ambas mediciones y se explicó las diferencias observadas entre las tendencias de ambos métodos.

Tabla IV.4. Contenido de Aire y Oxígeno en diferentes puntos del proceso de la cerveza proveniente de Bodega de Reposo con anormal contenido de aire.

| Punto de Muestreo | Aire (cc/bot. 620 cc) | Oxígeno (ppm) |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------|
| Bodega de Reposo | 2.2 | 0.01 |
| Salida del Blending | 1.9 | 0.12 |
| Salida del Filtro | 2.4 | 0.52 |
| Cerveza Filtrada | 2.6 | 0.55 |
| Cerveza a la salida de la llenadora | 3.8 | 1.26 |

IV. 7.2.2. Verificación de las lecturas obtenidas con el equipo analizador de oxígeno.

El equipo viene con una indicación de realizar su calibración con la atmósfera, esta operación se realiza al exponer el sensor a temperatura ambiente, a la atmósfera; el equipo debe registrar entonces un valor entre 7 y 9 ppm de oxígeno disuelto.

Este procedimiento plantea varias interrogantes:

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

- ¿Como un equipo que va a medir oxígeno disuelto se calibra a 1 atmósfera y no con un líquido que contenga oxígeno disuelto?

La respuesta a ello es que lo que en realidad mide el equipo es la presión parcial o fugacidad del oxígeno, ésta en la fase gaseosa ó la fase líquida en equilibrio, es la misma; en consecuencia nosotros podríamos medir el contenido de oxígeno de agua aerada, en equilibrio con la atmósfera y obtendríamos aproximadamente 8 ppm para las condiciones del Laboratorio (Planta Rímac, 25 C) ó podríamos medir la presión parcial del oxígeno presente en la atmósfera en equilibrio con el agua. Esto último es lo que el equipo realiza por ser más sencillo que preparar una solución de agua aerada y en equilibrio con la atmósfera. La expresión del resultado la muestra el equipo en términos de oxígeno disuelto porque es la aplicación para la que fue diseñado, pero se podría interpretar también como una medición en términos de la fase gaseosa con un contenido de 21 % volumen de oxígeno en la atmósfera.

- ¿ Cómo un equipo que mide oxígeno en la cerveza en el orden de 0.01 ppm puede calibrarse en un punto tan distante como 8 ppm? .

Los fabricantes aseguran que el punto de 0 ppm es fijado por la fabricación del sensor, y que sólo es necesaria la calibración del equipo a la atmósfera alrededor de 8 ppm para obtener la certeza de la exactitud de las mediciones en todo ese rango.

Dentro de nuestro trabajo, para verificar la validez de los mediciones efectuadas con los equipos, se realizaron las siguientes verificaciones

- Verificación de los valores obtenidos del contenido de oxígeno en cerveza, con el equipo analizador de oxígeno (Orbisphere), por comparación con los obtenidos por medio de un método químico (Método del Indigo Carmín). Para la mismas muestras; se realizaron pruebas comparativas entre ambos métodos de medición, obtení dose perfecta coincidencia. Ver Tabla IV.5. El Método de Indigo Carmín se describe en el anexo 4.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

- Se comprobó la respuesta del equipo ante una solución química con contenido nulo de oxígeno disuelto. Para tal fin se preparó una solución saturada de sulfito de sodio. El sulfito de sodio es un secuestrante del oxígeno. Se colocó el sensor y la solución preparada en una cápsula cerrada y se obtuvo el Gráfico IV.2. De ésta forma se verificó que efectivamente el equipo registraba 0 ppm, en una solución preparada expresamente con este fin.
- Verificación de los valores obtenidos del contenido de oxígeno en aguas tratadas, con el equipo analizador de oxígeno contra las obtenidas por medio de un método químico, (Método Winkler), para las mismas muestras. Se observan los resultados en la tabla IV.6. El método Winkler se describe en el anexo 5.

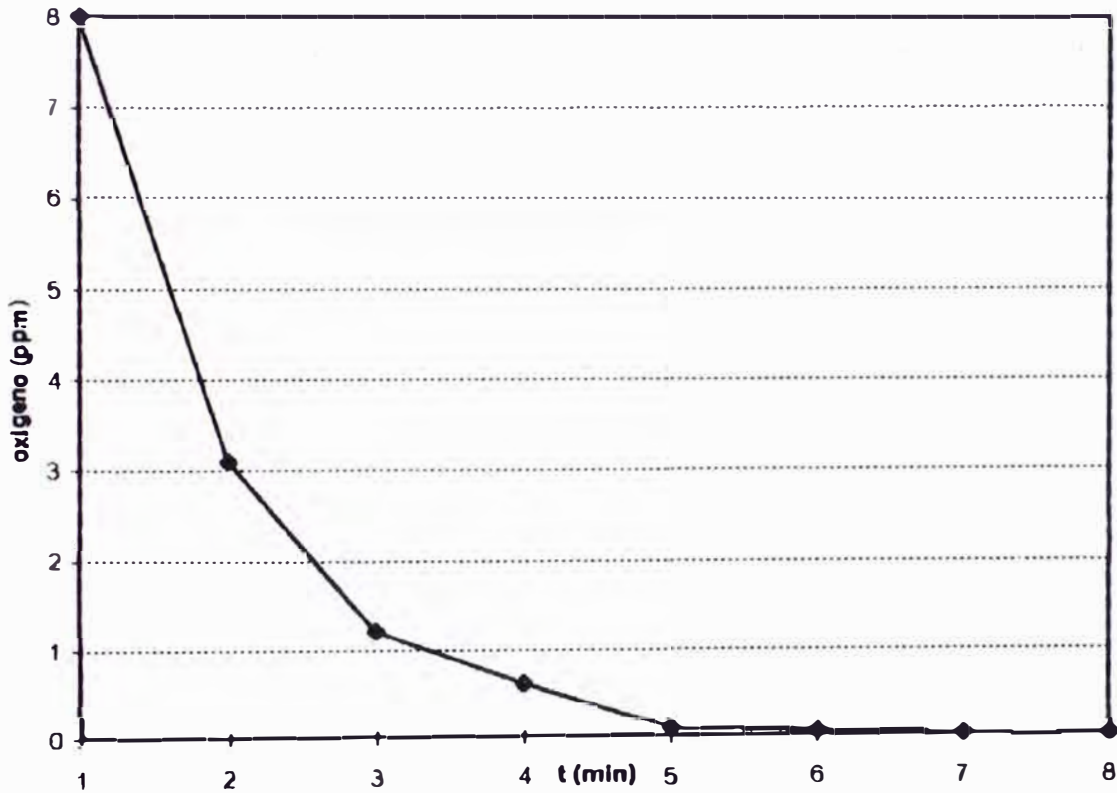
Tabla IV.5.- Mediciones del contenido de Oxígeno en la cerveza. Método del Indigo Carmin Vs. Analizador de Oxígeno (Orbisphere)

| Muestra | Valor medido de Oxígeno Método Indigo Carmin (ppm) | Valor medido de Oxígeno Orbisphere (ppm) |
|---------|--|--|
| 1 | 0.32 | 0.30 |
| 2 | 0.67 | 0.66 |
| 3 | 0.18 | 0.20 |
| 4 | 0.05 | 0.04 |
| 5 | 0.08 | 0.08 |
| 6 | 0.12 | 0.12 |

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

GRAFICO IV. 2.

Verificación de la repuesta del analizador de oxígeno en una solución con nulo contenido de oxígeno



IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

**Tabla IV.6.- Mediciones de Oxígeno en agua.
Método Winkler Vs. Analizador de Oxígeno Orbisphere**

| Muestra | Valor medido de Oxígeno Método Winkler (ppm) | Valor medido de Oxígeno Orbisphere (ppm) |
|---------|---|--|
| 1 | 0.20 | 0.19 |
| 2 | 0.15 | 0.15 |
| 3 | 0.25 | 0.24 |
| 4 | 0.20 | 0.20 |
| 5 | 0.10 | 0.09 |
| 6 | 0.15 | 0.14 |

IV.7.3. IDENTIFICACION DE PUNTOS CRITICOS Y MECANISMOS DE INGRESO DE OXIGENO EN LA CERVEZA EN EL AREA DE BODEGAS.

En el área de Bodegas como consecuencia de nuestras mediciones con los nuevos equipos analizadores de oxígeno ,se identificó como causas principales del aumento del contenido de oxígeno en la cerveza, lo siguiente :

- Se usaba en algunas oportunidades una toma inadecuada para el ingreso de cerveza a los tanques de bodega de reposo desde la zona de fermentación, originando que la cerveza incrementa su contenido de oxígeno disuelto, luego este desaparecía por acción de la levadura en la operación de relleno con Kraussen.
- En los tanques que usaban aire para el empuje de la cerveza, las capas superiores (últimos hectolitros del tanque), tenían un alto contenido de oxígeno producto del contacto interfacial de la cerveza con el aire (Tanques de Bodega de Reposo). Estos al ser trasladados hacia el blending afectaban las siguientes etapas del proceso.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

- Había fallas de operación en la torre deaeradora que originaban que se incrementara el contenido de oxígeno disuelto en la cerveza.
- Fallas en la pureza del CO₂ con que se inyectaba la cerveza en la filtración originaba incrementos del contenido de oxígeno disuelto en la misma.
- Al integrarse al proceso productivo algunos equipos que por motivos diversos estaban fuera de servicio (Ejemplo enfriadores de cerveza), estos no eran operados para eliminar el aire de su interior, originando incremento del contenido de oxígeno disuelto en la cerveza que hiciera su ingreso por él.
- Al usarse tanques de almacenamiento recientemente lavados y en consecuencia abiertos a la atmósfera, estos eran inicialmente cerrados y luego presurizados con CO₂, pero no se eliminaba el aire de su interior. Lo mismo se repetía para las cisternas con que se trasladaba cerveza de Planta Rímac a Planta Ate. Se pensaba que el presurizar el tanque con CO₂ era suficiente para eliminar el peligro de adquisición de oxígeno en la cerveza que luego ingresaría al tanque. Sin embargo la cerveza que ingresaba a ellos, especialmente los primeros hectólitros, incrementaban su contenido de oxígeno disuelto sensiblemente.
- En la filtración, los tanques auxiliares de inyección de tierra diatomea, no eran llenados con agua deaerada (para formar la mezcla a inyectarse al filtro por bombeo), sino con agua de alto contenido de oxígeno. Ello originaba que la cerveza que ingresaba al filtro incrementara su contenido de oxígeno disuelto.

Se demostró que en nuestra cervecería, la adquisición de oxígeno a través de los sellos y prensaestopas de las bombas se presentaba en forma muy ocasional y que no era la causa principal de la ganancia de oxígeno en cerveza, como se creía al iniciar nuestro trabajo.

En términos generales podemos afirmar que en el área de Bodegas se trabajó en el sentido de la prevención y entendimiento de los mecanismos de adquisición de oxígeno. Se implementaron posteriormente medidores de oxígeno en línea para un monitoreo constante de los niveles de oxígeno y como parte del sistema de aseguramiento de la calidad de la cervecería, lo que ha permitido

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

mantener niveles de oxígeno disuelto en cerveza hasta antes de su envasado, tan bajos como 0.01 ppm.

IV.7.4 DISMINUCION DEL CONTENIDO DE OXIGENO EN CERVEZA EN EL LLENADO DEL ENVASE. AREA DE ENVASADO.

En el área de Envasado, se realizaron modificaciones en las condiciones de operación de las llenadoras basadas en lo siguiente

Los valores de aire en botella de 620 cc ,obtenidos con el método tradicional al inicio del trabajo (1992), tomados en botellas consecutivas mostraban una dispersión elevada . Ver tabla IV.7.

Durante nuestro trabajo, se identificó que la adquisición de oxígeno en la cerveza, se realizaba en 3 partes del proceso de llenado: el tazón de la llenadora, el tubo de llenado y en el inicio del llenado.

Tabla IV.7.- Mediciones de Aire en botellas muestreadas consecutivamente a la salida de llenadora

| Botella | Aire (cc/bot.620 cc) |
|---------|----------------------|
| 1 | 2.6 |
| 2 | 2.8 |
| 3 | 3.1 |
| 4 | 2.5 |
| 5 | 3.0 |
| 6 | 2.4 |
| 7 | 2.9 |
| 8 | 2.6 |
| 9 | 3.5 |
| 10 | 2.8 |

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

IV.7.4.1 Modificación de las condiciones de operación de las llenadoras para disminuir el contenido de oxígeno disuelto en la cerveza en el tazón de la llenadora.

El tazón de la llenadora debe entenderse como un pequeño tanque que gira a razón de 5 rpm y que es alimentado de cerveza a través de 6 tubos de alimentación, que depositan la cerveza en la base del mismo. Este tanque tiene 100 perforaciones en su base, que se usan para dar paso a las 100 válvulas de llenado, y en la parte superior del mismo presenta perforaciones que representan: el ingreso de CO₂; las purgas de la atmósfera del tazón: una continua y la otra discontinua (activada por sensores de nivel); así como perforaciones para un termómetro, un manómetro, y dos sondas de control de nivel.

En el tazón llenador, la cerveza ingresa por la parte inferior del mismo, mientras que la parte superior es constantemente renovada con aire que es desalojado de las botellas al ser llenadas. Quiere decir entonces que en el tazón tenemos 2 fases, una líquida constituida por la cerveza, y una fase gaseosa encima de la cerveza constituida por una mezcla de aire (proveniente de las botellas) y CO₂, que ingresa a través de un único punto en la parte superior del tazón. Tanto la admisión de CO₂ como las descargas continuas y discontinuas de la fase gaseosa, son actuadas eléctricamente en 2 posiciones: abierta ó cerrada, pero la velocidad de descarga ó ingreso está regulada por válvulas manuales de aguja. En el tablero de control es posible también regular la presión de ingreso del CO₂.

Sistemas de Control de la llenadora: En la llenadora funcionan 2 sistemas de control. El primero que describimos a continuación que controla la admisión de cerveza en la llenadora, está controlado por un controlador proporcional neumático Taylor, que recibe la señal de control de un sensor de presión en la tubería muy cerca del tazón llenador y que actúa sobre una válvula neumática que regula la admisión de la bebida en la tubería de ingreso de cerveza a la llenadora. El valor registrado es dependiente de la presión de la

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

bomba, el % de apertura de la válvula de admisión de cerveza, y la presión de la atmósfera gaseosa del tazón.

El segundo sistema de control es el control del nivel de llenado, que es un control on-off que actúa en base de 2 sensores de nivel en el tazón : el primero sensor de bajo nivel en el tazón actúa sobre la válvula de descarga discontinua de la atmósfera gaseosa del tazón, abriéndola. De esta forma permite una rápida disminución de la presión de la fase gaseosa en el tazón, acelerando el ingreso de cerveza al tazón para recuperar el nivel normal.

El segundo sensor de alto nivel actúa sobre la válvula de descarga discontinua, cerrándola, generando así un incremento rápido de la presión de la atmósfera de la fase gaseosa oponiéndose así al ingreso de más cerveza al tazón.

Estos controles se explican en razón de que un bajo nivel en el tazón originará que las botellas no se llenen por falta de cerveza, y un alto nivel de líquido en la cerveza originará que las válvulas de cerveza no puedan acceder a la fase gaseosa para presurizar las botellas que ingresan a la llenadora por lo que no se llenaran.

La regulación de llenadoras implica establecer una delicada relación entre varias variables: presión de la bomba, presión de ingreso de CO₂ a la atmósfera del tazón, flujo de salida de cerveza hacia las botellas, (función a su vez de la velocidad de llenadora y tamaño de botella), presión de la fase gaseosa del tazón, entre otras. Una vez establecida permite un adecuado nivel del tazón y un continuo y suave llenado de las botellas.

Al inicio del trabajo la regulación en la llenadora no era la adecuada y se originaba un llenado brusco del tazón que afectaba la estabilidad de la cerveza recién llenada que salía agitada de la llenadora, provocando un rebose ó merma considerable.

En ese entonces se desconocía como la cerveza incrementaba su contenido de oxígeno (aire) en el tazón , incremento que descubrimos con nuestro trabajo, y que depende de un suave y uniforme ingreso de cerveza al tazón.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

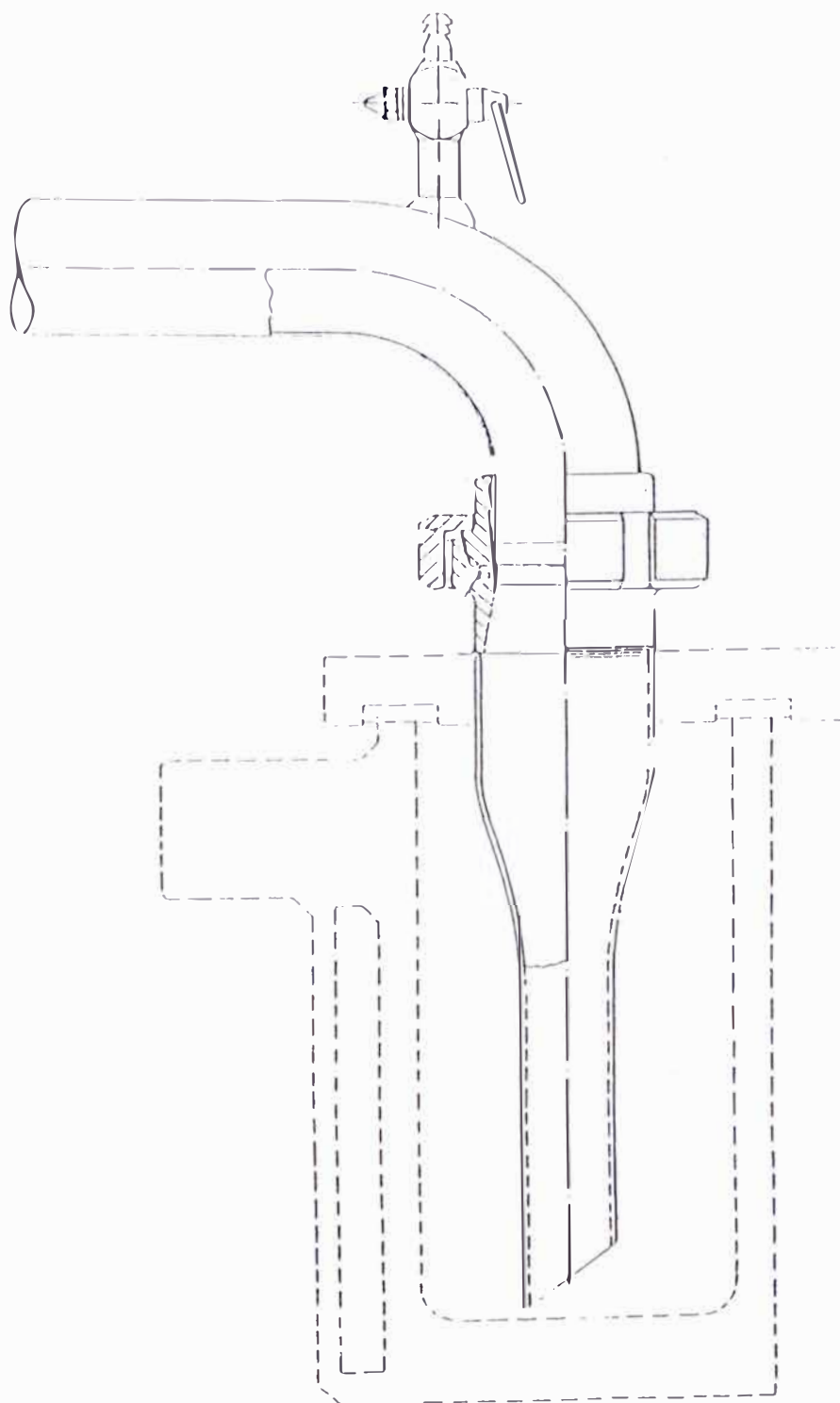
Mediante nuestras mediciones se demostró que en el llenado del tazón brusco y turbulento, toda la cerveza del tazón adquiría oxígeno desde la atmósfera del mismo. En cambio, con un llenado suave y uniforme, resultado de una adecuada regulación de los sistemas de control de la llenadora, permitía que la distribución de oxígeno disuelto en la cerveza fuera una función directa del nivel de la cerveza sobre el fondo del tazón. Quiere decir que el contenido de oxígeno es mayor en la zona de la interfase líquido-gas donde la cerveza está en contacto con la fase gaseosa que contiene aire y casi nula en el fondo del tazón, que es por donde ingresa la cerveza al tazón. Ver Fig.IV.9

El primer paso fue entonces regular los controles de la llenadora para asegurar este llenado uniforme.

El siguiente punto fue llevar el punto de regulación hasta obtener el máximo nivel posible de cerveza en el tazón llenador. Si nosotros observamos la llenadora y registramos el nivel del tazón en toda su circunferencia en un momento dado, obtendríamos la distribución mostrada en la Fig. IV.10.

La altura de cerveza ó nivel de cerveza en las diferentes zonas del tazón en un mismo instante, se explica porque en la zona de presurización la llenadora está alimentando a la botella desde su fase gaseosa y no hay aún ingreso de líquido a la botella, mientras el tazón sigue siendo llenado en esa sección por uno de los tubos de llenado. En la siguiente zona, que es la zona de llenado el nivel del tazón, comienza a descender rápidamente hasta alcanzar un mínimo, esto sucede porque las botellas al llenarse comienzan a disminuir el líquido del tazón en esa sección particular del tazón, finalmente en la zona de alivio o de igualación, el llenado ha terminado por lo que el nivel en el tazón vuelve a recuperarse hacia su nivel original.

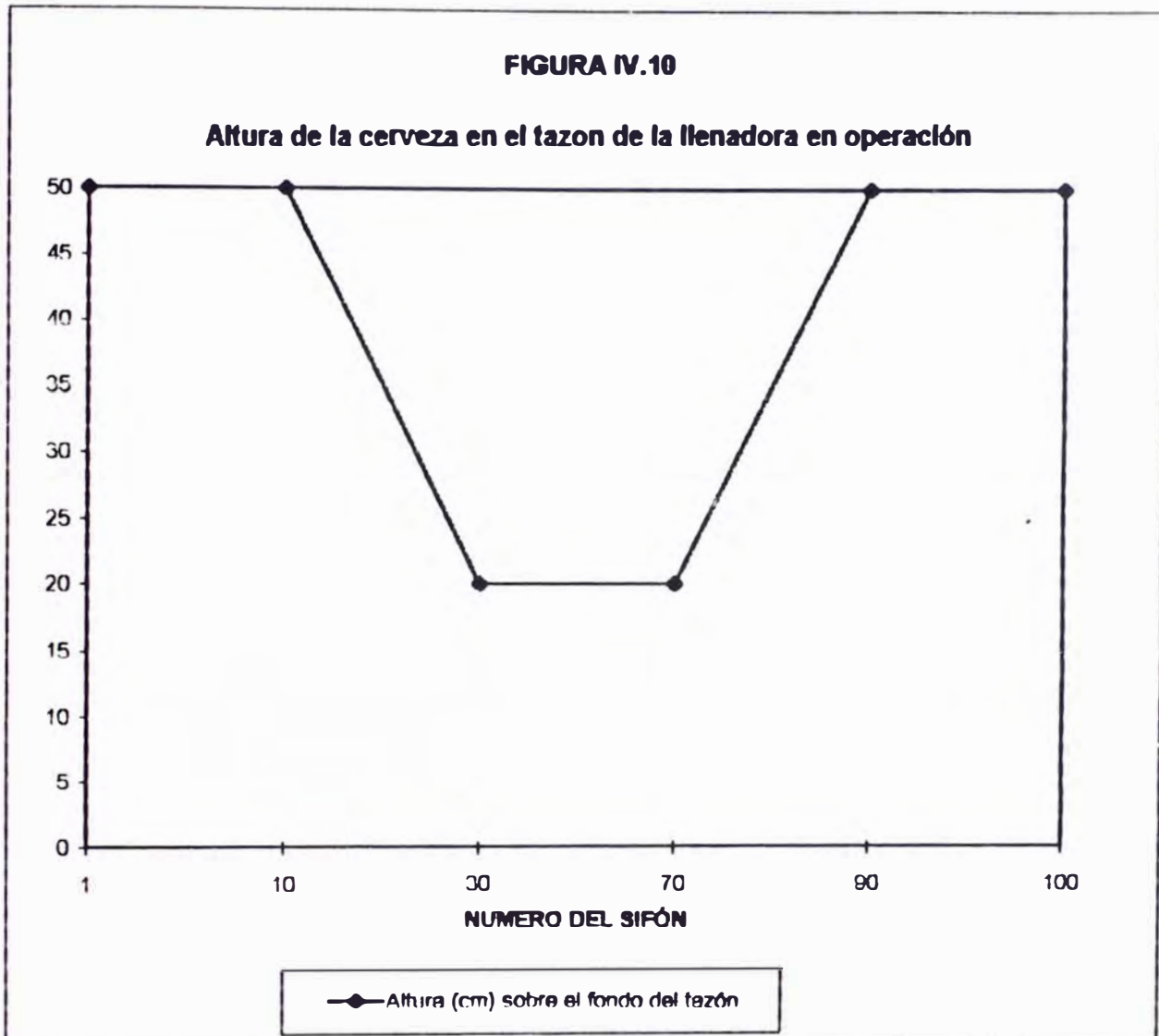
IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza carbonada

**Figura IV.9.- Tazón Llenador**

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

FIGURA IV.10

Altura de la cerveza en el tazón de la llenadora en operación



IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

Debemos recordar que el nivel mínimo y máximo son regulados por los sensores de nivel que actúan facilitando u oponiéndose al ingreso de cerveza a la llenadora mediante la actuación sobre la válvula de descarga discontinua del tazón.

Conviene entonces llevar al mayor nivel posible la columna de líquido dentro del tazón por los siguientes motivos:

A mayor altura, es menos probable que cualquier disturbio en el ingreso de cerveza origine turbulencia en la interfase líquido-gas del tazón por estar más alejada del fondo.

A mayor altura, es también mayor el espacio ocupado del tazón , y con las regulaciones adecuadas de las válvulas de descarga, menor será el tiempo de residencia de la mezcla aire - CO₂, originando mejores condiciones para un menor contenido de oxígeno disuelto en la cerveza.

Finalmente en la zona de llenado donde el nivel es mínimo, mientras que éste sea más alto, será menos afectado por la turbulencia de ingreso de cerveza y por lo tanto será mas difícil un rápido ingreso de oxígeno, desde la atmósfera del tazón hacia la cerveza.

Otro punto que se modificó en la llenadora fue el valor de presión de la fase gaseosa en la llenadora. Originalmente se tenía el concepto que ésta tenía que ser la mayor posible para contener la cerveza que ingresaba a la llenadora y de este modo evitar la desgasificación (pérdida de CO₂ disuelto) de la cerveza. Se demostró que con una adecuada regulación en la llenadora, esto no era necesario. Además una elevada presión en la fase gaseosa se contraponía con el objetivo de asegurar un rápida evacuación y renovación de los gases de la fase gaseosa, y finalmente pero no menos importante, fue que al disminuir la presión de la fase gaseosa se consiguieron 2 mejoras conexas:

La primera fue disminuir la rotura de botellas en la llenadora, lo que sucede en la zona de presurización de la llenadora. Al disminuir la presión del tazón , la presión a que son sometidas las botellas al ingresar a la llenadora es menor y por lo tanto la posibilidad de rotura es minimizada.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

La segunda , está relacionada con la zona de alivio, en el alivio la igualación de la presión con la atmósfera fue mucho más suave al disminuir el gradiente de presión entre la fase gaseosa de la botella y la atmósfera. En consecuencia, las botellas salen de la llenadora mucho más estabilizadas y sólo rebosan al ser inyectadas por el chorro de agua presurizada, actualmente. La merma ó pérdida de cerveza en cada botella, gracias a esta modificación operativa por este concepto ha disminuido notoriamente. (Actualmente es de 3 cc por botella) Anteriormente debido a la diferencia de presión mayor las botellas salían rebosando líquido y se perdía mayor cantidad de cerveza (hasta 7 cc x botella).

El cambio de condiciones de operación, fue un trabajo llevado con mucho cuidado, pues hay que tener en cuenta que se llenan 500 botellas por minuto y una inadecuada regulación origina que en una sola vuelta del tazón, por lo menos 100 botellas sean afectadas, especialmente en el volumen de cerveza que deben contener. Recordemos que la cerveza es una bebida carbonatada por lo que al menor desequilibrio el líquido tiende a escapar de la botella violentamente.

Estas regulaciones, llevadas a cabo estando en operación la llenadora, tenían que tener en cuenta otros factores como la descarbonatación de la cerveza, el mantenimiento de una presión mínima en el tazón para oponerse al efecto de las paradas bruscas de la llenadora sobre la cerveza en el mismo, entre otros.

En la tabla IV.8. se muestra un cuadro donde puede observarse las condiciones anteriores y las actuales de operación de las llenadoras.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

Tabla IV.8.- Condiciones de Operación de las Llenadoras

| Parámetros de Operación | Antes del Trabajo | Después del Trabajo |
|--|------------------------|------------------------|
| Contrapresión en el tanque | 28 - 30 psi | 18 - 20 psi |
| SET POINT | 1.8 Kg/cm ² | 1.5 Kg/cm ² |
| Inyección de contrapresión | 32 - 38 psi | 20 - 24 psi |
| BY-PASS de contrapresión | 3 vueltas | 4 vueltas |
| Descarga continua | 2 vueltas | 4 vueltas |
| Descarga intermitente | 1.5 vueltas | 1.5 vueltas |
| Nivel de cerveza en tanque | 3 / 4 de visor | sobre el visor |
| Ciclo de inyección CO ₂ ON/OFF | 8/5 seg | 11/2 seg |
| Presión de teledyne | 180 psi | 160 psi |
| Carrera de JET | ¼ de carrera | 1 / 8 de carrera |

IV.7.4.2 Determinación del incremento del contenido de oxígeno en cerveza en su descenso por el tubo de llenado y el inicio de llenado de la botella.

Otro punto detectado de incremento de oxígeno disuelto en la cerveza en la llenadora está constituido por el ingreso de oxígeno a la cerveza en su descenso desde el tazón hacia la botella, éste a su vez se puede desdoblar en 2 partes: el incremento de oxígeno disuelto en la cerveza en su paso por el sifón, y el incremento de oxígeno disuelto en la cerveza al caer desde el sifón hacia el fondo de la botella (inicio de llenado de la botella).

El sifón tiene una longitud de aproximadamente 25 cm y termina a una distancia de aproximadamente 27 mm sobre el fondo de la botella.

El sifón ó tubo de llenado está también lleno de aire, lo que ocasiona que al descender la cerveza por el mismo hacia la botella adquiera oxígeno. Al salir la cerveza del sifón tiene que caer 27 mm desde el final del tubo hasta el fondo

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada

de la botella, originando un llenado turbulento en una primera etapa, lo que ocasiona un ingreso de oxígeno adicional en la cerveza durante los primeros segundos del llenado, éste luego desaparece al llegar el nivel del líquido en la cerveza a los 27 mm observándose entonces un flujo laminar de llenado.

Dado que los tubos de llenado no pueden descender más en la botella debido a que por el diseño de la máquina, los tubos chocarían contra el pico de la botella al descender en ella. Para cuantificar la ganancia en este punto, se tuvo muchas dificultades. Inicialmente, se realizaron pruebas tendientes a prolongar al longitud del tubo de llenado, tales como colocar una prolongación plástica al tubo, pero ésta era desprendida al ingresar el tubo a la botella .

Finalmente se tuvo que recurrir a una solución imaginativa y se consiguió los resultados deseados aumentando el fondo de la botella 26 mm mediante la adición de cera líquida, que luego se solidificó al fondo de botellas de prueba, y midiendo a continuación el contenido de oxígeno disuelto. Se logró así identificar los incrementos de oxígeno disuelto en cerveza en cada punto del trayecto de la cerveza dentro de la llenadora. Debe recordarse que éste es un proyecto de mejora constante, por lo que las mejoras logradas fueron implementadas y mantenidas casi inmediatamente. Por ello los valores mostrados en Tabla IV.9., son los valores correspondientes a las últimas etapas del proceso, luego de modificar las condiciones de operación de la llenadora.

De esta forma se pudo conocer los niveles de incremento de oxígeno normales asociados a cada paso del llenado de una botella de cerveza.

Esta información permitió una posterior mejora llevada a cabo en la cerveceria, la cual permitió modificar los sifones de llenado para anular el incremento de oxígeno disuelto en la cerveza en su descenso por el sifón, al mantener los sifones siempre llenos de cerveza.

De igual forma, para otras presentaciones de nuestro producto, como las de botellas de 1 litro ó litro cien, donde el sifón está aún más alto sobre el fondo de la botella (37 mm), en base a los conocimientos adquiridos sobre los valores de incremento de oxígeno disuelto en cerveza al inicio del llenado, se implantó la utilización de un inyector de CO₂ a la botella, inmediatamente antes del ingreso de la botella a la llenadora. Con ello se logró neutralizar

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

parcialmente este incremento y mejorar los niveles de oxígeno disuelto en botella en éstas presentaciones.

Tabla IV.9.- Mediciones del Contenido de Oxígeno en botella (ppm)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Botella normal | 0.30 | 0.28 | 0.30 | 0.29 | 0.32 | 0.31 |
| Botella con cera | 0.18 | 0.20 | 0.20 | 0.19 | 0.23 | 0.22 |
| diferencia | 0.12 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |

IV.7.4.3 Mejora en la uniformización de los contenidos de oxígeno disuelto en cerveza envasada

Otro punto de interés a mencionar, es que se observó que en una muestra de 100 botellas consecutivas salidas de la llenadora, se obtenía diferentes valores de oxígeno disuelto en cerveza, tal como se observa en la Fig.IV.11.

La razón de ello se encontró, que se debía a la distribución de los tubos de ingreso de cerveza al tazón, puntos de ingreso de CO₂, puntos de descarga continua y descarga discontinua, de la atmósfera gaseosa del tazón.

De la Fig.IV.11 se puede determinar, que los menores contenidos de oxígeno disuelto en la cerveza correspondían a las botellas alimentadas por sifones que se encontraban en las inmediaciones del punto de ingreso de CO₂ a la llenadora, manteniendo un nivel aceptable en aquellos puntos entre éste y la válvula de descarga continua. Los peores valores se obtuvieron en la zona de descarga discontinua.

Se concluye entonces que al estar la zona cerca del ingreso de CO₂ más enriquecida con CO₂, ésta era menos afectada por el ingreso de oxígeno a la cerveza. En la zona de descarga continua, se obtenía una buena renovación de la atmósfera lo que se refleja en valores de oxígeno disuelto en cerveza cercanos a los menores, pero en las inmediaciones de la zona de descarga discontinua no

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

había una buena renovación. Sin embargo los mejores valores en esta zona se registraron en las botellas que provenían de los tubos debajo de los puntos de ingreso de cerveza al tazón.

Se mejoró la distribución y la uniformidad del contenido de oxígeno disuelto en las muestras de cerveza envasada, mediante la adición de otro punto de inyección de CO₂, en un punto cercano a la zona menos enriquecida de CO₂, obteniéndose entonces una más homogénea distribución del contenido de oxígeno disuelto en la llenadora. Ver Fig.IV.12.

IV.7.5. IDENTIFICACION DE PUNTOS CRITICOS Y MECANISMOS DE ADQUISICION DE OXIGENO EN EL ENVASADO

En el área de Envasado, se tenía como cierto que el aire en botella (oxígeno), se encontraba en el cuello de la botella, por lo que se usaba como solución permanente el rebose de la cerveza mediante la aplicación de un chorro de agua presurizada, antes del enchapado.

Con nuestro trabajo se demostró que el aire (oxígeno) en la botella se encontraba mayoritariamente disuelto en el líquido y no en el cuello como se creía.

En el área de Envasado se identificó como causantes principales del aumento del contenido de oxígeno, lo siguiente

- No se realizaba una adecuada operación de desalojo de aire de las tuberías de abastecimiento de cerveza a las llenadoras en los arranques de producción.
- Cuando el proceso de envasado se desarrollaba normalmente, la cerveza adquiría el aire (oxígeno) en el tazón de la llenadora.
- La atmósfera del tazón de la llenadora, a pesar de tener un ingreso aparente de CO₂, no se renovaba con la suficiente velocidad para eliminar el aire que ingresaba desde las botellas.
- Condiciones de operación inadecuadas en las llenadoras originaban turbulencias en el tazón, dando origen a mayores incrementos de aire (oxígeno), en la cerveza del tazón.

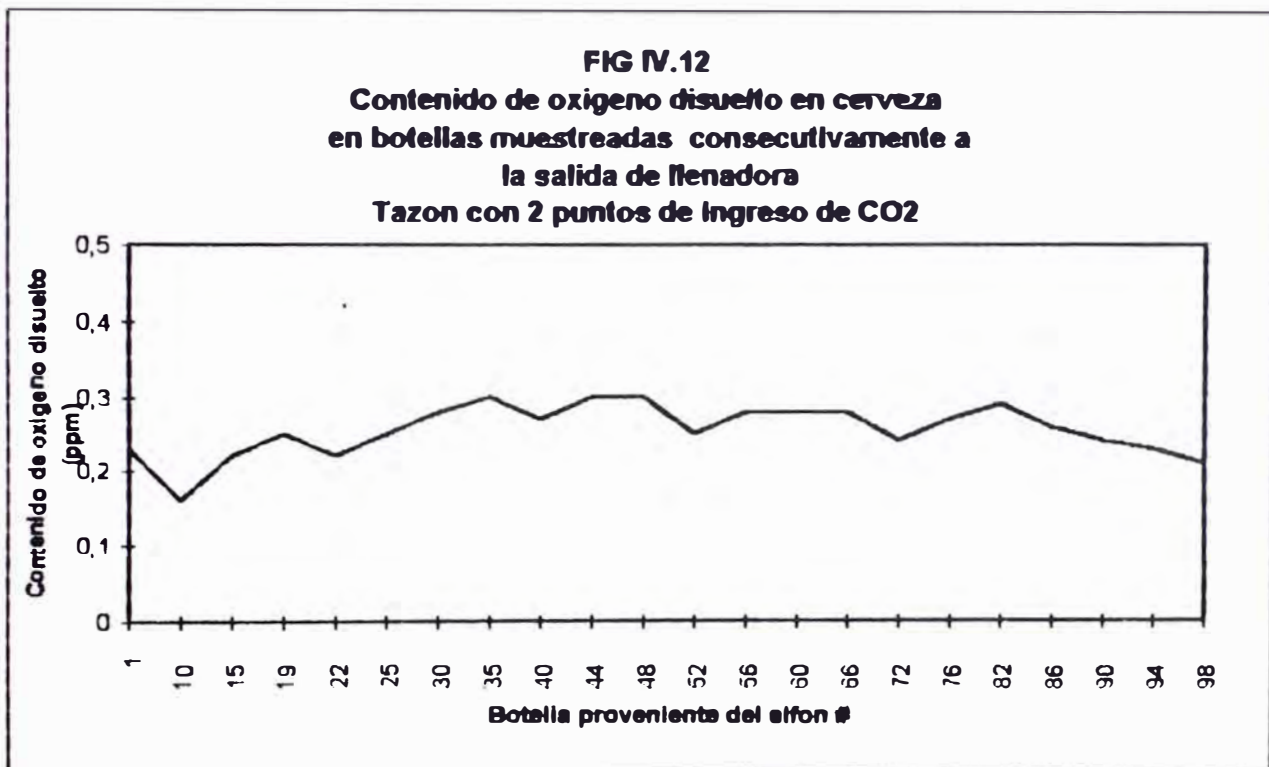
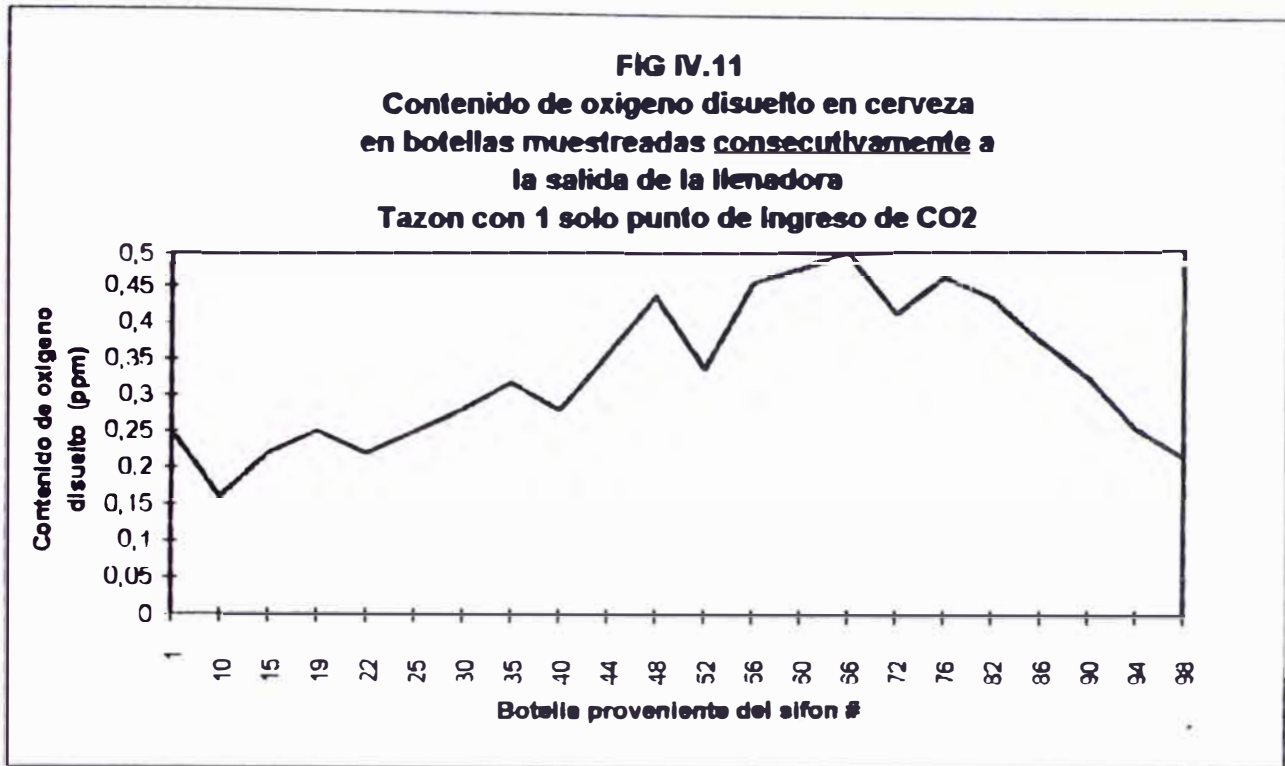
IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada

- Había áreas dentro del tazón por donde había escasa circulación de CO₂, originando que botellas de la misma vuelta de la llenadora, alimentadas por la misma cerveza, tuvieran valores muy diferentes de oxígeno disuelto.
- Constantes paradas de la llenadora originaban flujo turbulento por el freno de la máquina originando incrementos de oxígeno disuelto en cerveza del tazón.
- La cerveza al descender por los tubos de llenado hacia la botella incrementaba su contenido de oxígeno disuelto, al encontrarse éstos vacíos.
- La altura del sifón sobre el fondo de la botella, daba origen a que la cerveza incremente su contenido de oxígeno disuelto en el inicio del llenado de la botella.

Se demostró también que

- No era necesario trabajar con presiones muy elevadas en la llenadora, para llenar eficientemente las botellas, es más, se demostró que al trabajar con menor presión, se disminuía la pérdida de cerveza por rebose y la rotura de botellas por sobrepresurización.
- El uso de inyectores de CO₂ a la botella previo a su ingreso a la llenadora disminuye el incremento del contenido de oxígeno en la cerveza envasada.

IV. Disminución del contenido de oxígeno en la cerveza emvasada



V. EVALUACION DE RESULTADOS

V. EVALUACION DE RESULTADOS

El trabajo realizado ha permitido la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza envasada, cumpliendo de esta manera con uno de los principales objetivos de la División de Producción de la Cervecería Backus y Johnston. Destacamos las siguientes mejoras realizadas en las áreas de Bodegas y Envasado:

En el Area de Bodegas : Mediante la identificación de los puntos críticos y con un mejor entendimiento de los mecanismos de ingreso de oxígeno en la cerveza, se realizaron mejoras en los procedimientos.

Estas mejoras operacionales condujeron a una rápida disminución de los niveles de oxígeno disuelto en cerveza, y a la estabilización de los mismos en niveles mínimos.

Se han tomado acciones de garantía tales como la instalación de equipos en línea analizadores de oxígeno, y normalización de procedimientos en esta área para asegurar el mantenimiento de los resultados obtenidos.

Para poder comparar el impacto del trabajo realizado en esta área mostramos en la Tabla V.1., mediciones realizadas con ambos métodos de medición, en los tanques de Bodega de Gobierno.

V. Evaluación de Resultados

Tabla V.1.- Area de Bodegas. Serie de valores de oxígeno disuelto en Tanques de Bodega de Gobierno en 1992 y en 1998

| Muestra | Oxígeno en Tanque de Bodega (ppm) en 1992 | Oxígeno en Tanque de Bodega (ppm) actualmente |
|---------|---|---|
| 1 | 0.70 | 0.01 |
| 2 | 0.66 | 0.01 |
| 3 | 0.68 | 0.03 |
| 4 | 0.56 | 0.01 |
| 5 | 0.77 | 0.02 |
| 6 | 0.66 | 0.01 |
| 7 | 0.73 | 0.02 |
| 8 | 0.58 | 0.01 |
| 9 | 0.61 | 0.01 |
| 10 | 0.73 | 0.02 |

Los valores actuales que se muestran indican un mínimo contenido de aire-oxígeno en la cerveza contenida en los tanques de Bodega de Gobierno (ó de almacenamiento de cerveza filtrada) y refleja un buen control sobre las operaciones del área, tendientes a minimizar el incremento de oxígeno disuelto en la cerveza.

En la actualidad, estos mínimos valores de oxígeno en cerveza, se obtienen de forma continua . Los casos excepcionales de incrementos de oxígeno en la cerveza que se presentan, son rápidamente localizados y controlados. Los errores ya no se extienden, como antes a importantes lotes de cerveza, y no se han producido paradas de producción en los últimos años por este motivo.

En el área de Bodegas, como consecuencia de las mejoras obtenidas, el grado de exigencia en cuanto a un menor contenido de oxígeno se ha elevado y en la actualidad el valor máximo aceptado es de 0.05 ppm de oxígeno disuelto en cerveza.

V. Evaluación de Resultados

En el área de Envasado : Al inicio del trabajo y cuando sólo se realizaban mediciones de aire en botella, se pensaba que el contenido de aire obtenido del envase muestreado a la salida de la llenadora , provenía exclusivamente del cuello ó fase gaseosa de la misma.

Esto es explicable, porque en esa época y con el método de análisis usado, la botella era analizada a 25 C, previo calentamiento (la cerveza muestreada a la salida de la llenadora estaba originalmente a 5 C) .

Como sabemos, la solubilidad del aire/oxígeno es función de la temperatura, y a esa temperatura una gran parte del aire/oxígeno inicialmente contenido en la cerveza (fase líquida), se traslada al cuello (fase gaseosa).

Se pensaba entonces que el aire en el envase se encontraba en el cuello de la botella, y la mejor manera de eliminarlo era haciendo un uso exagerado del chorro de inyección de agua presurizada instalado a la salida de la llenadora y antes de la enchapadora.

En consecuencia, la cantidad de cerveza que rebosaba (ó cerveza que abandonaba el envase antes de ser cerrado con la tapa), era exagerada, irregular en su cantidad y afectaba los intereses de la cervecería en 2 aspectos principales:

- La merma ó pérdida de cerveza en el proceso de envasado.

- La presentación del producto, ya que las botellas salían de la llenadora sin la uniformidad de nivel de llenado deseado.

En esa época no se tenía claro que en una botella muestreada a la salida de la llenadora, recién llenada, el aire /oxígeno provenía de 2 fuentes : Una de ellas de la atmósfera, al salir de la llenadora y que se establece en el cuello de la botella y la otra de la misma cerveza que la adquiere en el proceso de llenado. Quiere decir que el aire/oxígeno se presenta en las 2 fases del envase de cerveza : En la fase gaseosa (cuello de la botella) y en la fase líquida (cerveza de la botella).

Estas fases inicialmente no se encuentran en equilibrio. En la tabla V.2., se registran en la primera columna los valores de oxígeno de botellas tomadas a la salida de la llenadora y analizadas casi inmediatamente (no se permite variación de temperatura de la muestra) y en la segunda columna se muestran

V. Evaluación de Resultados

los valores de botellas tomadas junto a las anteriores, pero medidas luego de agitar intensamente la botella para lograr una perfecta mezcla de ambas fases, realizando esta operación de agitación rápidamente para no permitir variación de temperatura de la muestra.

Como se observa, se registraron notorias diferencias en los valores medidos, lo que demuestra que el oxígeno en ambas fases inicialmente no están en equilibrio.

Además el punto de equilibrio variará en el tiempo, a medida que el envase varíe su temperatura. Debemos indicar que la cerveza envasada sale con aproximadamente 5 °C , mientras que la temperatura ambiental está entre 20° a 30° C; por lo que con el tiempo la muestra tomada a la salida de la llenadora eventualmente alcanzará esta temperatura.

En la tabla V.3., se muestra la variación del contenido de oxígeno disuelto en función del tiempo en envases de cerveza tomados simultáneamente a la salida de la llenadora. En realidad la variación del contenido de oxígeno disuelto es función del calentamiento de la muestra hasta llegar a la temperatura ambiente, y el tiempo es una medida indirecta de ello.

De acuerdo a los análisis realizados con el método de análisis de aire en el cuello, actualmente en uso, y dado que las condiciones de operación del chorro de agua presurizada, no han variado significativamente, podemos afirmar que el valor de aire en el cuello antes y después de nuestro trabajo se ha mantenido constante en 0.3 cc.

Quiere decir entonces, que la clave de nuestro trabajo en las llenadoras ha sido la de disminuir el contenido de aire/oxígeno disuelto en la cerveza, el mismo que se adquiría en el proceso de llenado.

Se muestra el impacto de esta disminución en función de los métodos de análisis de aire y de oxígeno disuelto, al inicio y al término de nuestro trabajo. Ver Tabla V.4

El trabajo llevado a cabo , no se ha limitado a obtener esta mejora, sino que se ha enfocado a la uniformización del contenido de oxígeno disuelto en todas las botellas que salen de la llenadora. Tal como se observa en la figura

V. Evaluación de Resultados

IV.11, esto se ha conseguido mediante la adición de un nuevo punto de ingreso de CO₂, al tazón de la llenadora.

Teóricamente, es posible mejorar aun más la uniformización mediante el añadido de mas puntos de ingreso de CO₂ al tazón y la apertura de nuevos puntos de descarga del tazón. Sin embargo , la solución es un compromiso entre las posibilidades técnicas y económicas de implementarla contra los beneficios por obtenerse. En nuestro caso ha sido considerado suficiente la mejora obtenida.

En el mercado existen máquinas de llenado, que crean vacío en la botella para luego llenarla con cerveza. En Planta Callao cuentan con ellas. Cuando iniciamos el trabajo, la Compañía Nacional de Cerveza, era competencia nuestra y desconocíamos los niveles de oxígeno obtenidos en ella. Ahora después de la fusión, se ha comprobado que nuestros niveles son mejores que los obtenidos con éstas máquinas en Planta Callao.

La decisión de no comprar máquinas nuevas con esta característica en Backus y Jonhston , en 1992 y ahora , fue una decisión de la Gerencia (basado en el elevado costo de las máquinas nuevas) , y el deseo expresado por ella y cumplido por nosotros de obtener las mejoras planteadas mediante modificaciones en ellas.

Se puede objetar que para lograr disminuir el contenido de oxígeno en cerveza, se ha incrementado el consumo de CO₂ tanto en Bodega como en Envasado, pero este es un costo a asumir para mejorar la calidad. En realidad este CO₂ es producido en la misma cervecería como consecuencia del proceso de fermentación, y en algunas ocasiones tenía que ser eliminado a la atmósfera por sobreproducción. Actualmente la cervecería se autoabastece de CO₂ y no le causa ningún problema el mayor uso de CO₂.

V. Evaluación de Resultados

Tabla V.2.- Variaciones del contenido de Oxígeno en función de la agitación

| Botella sin agitar | Botella luego de agitar |
|-----------------------|----------------------------|
| 0.30 | 0.18 |
| 0.27 | 0.19 |
| 0.32 | 0.22 |
| 0.37 | 0.26 |
| 0.28 | 0.20 |
| 0.29 | 0.21 |

Tabla V.3.- Variación del contenido de Oxígeno en función del tiempo
Temperaturas de la botella: inicial 5°C y final 25°C

| Tiempo (min.) | Oxígeno (ppm) en cerveza |
|------------------|--------------------------|
| 5 | 0.35 |
| 10 | 0.33 |
| 20 | 0.22 |
| 30 | 0.14 |
| 60 | 0.08 |

V. Evaluación de Resultados

Tabla V.4. Serie de mediciones de aire y oxígeno disuelto en cerveza envasada al inicio y final del trabajo

| Muestra | Aire(cc/bot620) | | Oxígeno(ppm) | |
|---------|-----------------|------------|--------------|------------|
| | Al inicio | Al término | Al inicio | Al término |
| 1 | 2.8 | 0.6 | 1.63 | 0.26 |
| 2 | 3.0 | 0.7 | 1.45 | 0.23 |
| 3 | 2.4 | 0.6 | 1.38 | 0.22 |
| 4 | 2.5 | 0.6 | 1.47 | 0.28 |
| 5 | 2.9 | 0.7 | 1.75 | 0.25 |
| 6 | 2.6 | 0.6 | 1.66 | 0.23 |

VI.CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

VI. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

En el presente trabajo, que se ha desarrollado en distintos puntos del proceso productivo de la cerveza, dentro de las áreas de Bodegas y Envasado, se ha conseguido el objetivo de disminuir notablemente el contenido de oxígeno en la cerveza envasada.

En la realización del trabajo, se han hechos cambios importantes muchos de los cuales no estuvieron previstos pero que surgieron como necesarios para conseguir la meta buscada. Entre los principales destacan:

1. Cambios en los métodos de análisis y unidades de medición asociadas:

En el Area de Bodegas : Inicialmente se medía aire (cc)/bot 620 cc en cerveza, actualmente se mide oxígeno disuelto (ppm).

En el Area de Envasado : Se medía el contenido de aire (cc)/ bot 620 cc de las botellas tomadas a la salida de la llenadora. Actualmente se mide el contenido de oxígeno disuelto (ppm) en la cerveza del envase (fase líquida) y contenido de aire (cc), en la fase gaseosa ó cuello de la botella.

2. Se han aclarado los conceptos sobre la relación aire-oxígeno en la cerveza y se ha demostrado que no se puede establecer una

VI. Conclusiones y Observaciones

relación directa invariable entre ambos, en todos los puntos del proceso de producción.

3. Se ha logrado identificar inequívocamente los puntos críticos a controlar en el Área de Bodegas para impedir el ingreso del oxígeno a la cerveza.
4. En el área de Bodegas, se ha anulado el ingreso de oxígeno a la cerveza, manteniendo valores de oxígeno disuelto en cerveza en niveles cercanos a 0 ppm.
5. En el área de Envasado se modificaron las condiciones de operación de las llenadoras, basadas en el conocimiento logrado de los factores favorables para lograr un mínimo ingreso de oxígeno a la cerveza.

Las mejoras en llenadoras, son de especial importancia, pues se logró sin costo alguno a la empresa. En años anteriores se habían realizado fuertes inversiones en cambios y modificaciones de partes y componentes de las mismas, con el objetivo de disminuir el contenido de aire u oxígeno pero sin resultados positivos.

6. En base a los conocimientos adquiridos sobre los puntos claves para controlar la solubilización de oxígeno en la cerveza, en la llenadora, se han realizado posteriormente modificaciones en los tubos de llenado logrando disminuir aún más el contenido de oxígeno.
7. Mejoras conexas no planificadas al inicio del trabajo resultaron tan importantes con la disminución del contenido de oxígeno en la cerveza, éstas fueron la disminución de rotura de botellas en la llenadora y la disminución de la merma ó pérdida de cerveza en el llenado.
8. La cervecería produce una serie de diferentes presentaciones de la cerveza, en envases de distinto tamaño y contenido. Para cada caso, se han realizado aplicaciones particulares de lo reseñado en el presente trabajo. Esto, ha permitido que en la actualidad en

VI. Conclusiones y Observaciones

todas las presentaciones se haya establecido una sola especificación de contenido de oxígeno disuelto.

9. El trabajo iniciado en Planta Rímac, fue repetido por nosotros en otras plantas cerveceras de la Corporación, obteniendo en todos los casos los mismo resultados satisfactorios.

Si bien, los resultados obtenidos han satisfecho las expectativas, hay que tener en cuenta las siguientes observaciones:

1. Hay que tener en cuenta, que las mismas máquinas se usan para envasar distintas presentaciones y productos de la cervecería. No olvidar que las dimensiones de los envases influyen sobre la velocidad del llenado, y que la altura del sifón sobre el fondo de la botella varía de acuerdo al envase usado. Por ello los incrementos de oxígeno en la cerveza en la llenadora en cada punto del llenado en el envasado pueden variar notablemente de una presentación a otra.
2. Entre las Plantas Ate, Motupe y Pucallpa, existen diferencias en tanques de Bodega de Reposo y Fermentación, tuberías, bombas, y llenadoras. Las mejoras en el área de Bodegas y las regulaciones en las llenadoras no son idénticas en cada caso y se tienen que adaptar a cada situación.
3. Se está trabajando en una mejora sobre el contenido de aire en el cuello de al botella con resultados preliminares de 0.05 cc/botella de 620 cc, como mejor valor. Si bien este trabajo no ha sido desarrollado por nosotros, está basado en los principios mostrados en éste trabajo.
4. Existen otras máquinas llenadoras en el mercado con los que se consigue valores de oxígeno en la cerveza envasada similares a los conseguidos por nosotros. Su costo fácilmente duplica el valor de las nuestras. Una de ellas es usada en Planta Callao. Fue un

VI. Conclusiones y Observaciones

objetivo de la División de Producción lograr disminuir el contenido de oxígeno sin cambiar de máquinas.

5. Se ha establecido un sistema de aseguramiento de la calidad aplicado a mantener los niveles de oxígeno disuelto en cerveza mediante la colocación de equipos en línea en puntos claves del proceso. Sin embargo aún se presentan problemas de mantenimiento en éstas unidades.
6. Si bien el que suscribe trabaja en Control de Calidad realizando principalmente análisis químicos, la formación de ingeniería nos ha permitido tener un panorama amplio para resolver un problema que no era exclusivo de nuestra área y realizar modificaciones operativas y de control en Bodegas y en las llenadoras del área de Envasado, contribuyendo así en la mejora de la calidad de nuestros productos.

VII. ANEXOS

Anexo 1:

TITULO:

OBTENCION DE LA CERTIFICACION ISO 9000 Y SUS ALCANCES

En el año 1996 la Cervecería obtuvo la certificación ISO 9000 para sus Plantas Ate y Rímac. Este logro, de gran importancia para la organización, demostró el grado de consolidación de nuestro sistema de calidad total.

Para una adecuada comprensión del impacto que esta certificación tuvo y mantiene dentro de nuestra compañía, y que no está limitado sólo al Departamento de Control de Calidad, señalaremos a continuación algunos aspectos que consideramos deben ser conocidos:

¿Que es ISO? ISO es la International Organization for Standardization. Es una organización no gubernamental con sede en Ginebra, que agrupa unas cien (100) instituciones nacionales de normalización (National Standard Bodies), las cuales pueden ser públicas ó privadas. Su función es la de unificar criterios normativos aplicables a la producción y los servicios, en muy variadas áreas de actividad.

Las normas ISO, son de aplicación voluntaria, pero sirven de guías para preparar contratos, convenios u otras normas que pueden ser obligantes en un área de acción, país ó empresa, según lo establezcan las instituciones de normas, las legislaciones de los países ó las partes contratantes.

¿Que es el certificado ISO 9000? : El certificado ISO 9000 es un documento expedido por terceras partes, con experiencia comprobada y suficientemente autorizadas por ISO ó sus representantes. En este documento se hace constar que esa tercera parte ha verificado y comprobado que la empresa cumple con las exigencias establecidas por ISO en alguna de sus normas (9001,9002,9003).

El alcance de cada norma es diferente, así la ISO 9001, se aplica al diseño, producción, instalación y servicios, la ISO 9002 se aplica a la

producción, inspección y pruebas finales, instalación y servicio, la ISO 9003 se aplica solamente a la Inspección y pruebas finales.

El obtener la certificación ISO 9000, implica cumplir ciertos requerimientos, los cuales son

Cumplir las cláusulas de la norma ISO 9000 (20 cláusulas), tener evidencias de ello, presentar la documentación de soporte del sistema, y ser auditado por organizaciones independientes y acreditadoras de la certificación ISO 9000.

A continuación describiremos brevemente estos requerimientos:

1) Auditorías: Es un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades o resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones establecidas.

Las auditorías de Calidad nos permiten detectar oportunamente la necesidad de acciones correctivas o de mejoramiento, mejorar el control de operaciones y es uno de los requerimientos claves para la certificación ISO 9000.

2) Evidencias: Es la información cuya veracidad puede demostrarse, basada en hechos y obtenida por observación, medición, ensayo y otros medios. Ejemplos de evidencias son los reportes, formatos, documentos, registros .

Los registros pueden ser a su vez procedimientos ejecutados, métodos de análisis, instrucciones de trabajo.

3) Documentación de soporte del sistema Está basada en la normalización, término que a continuación explicamos.

Normalización Definir, documentar, difundir y aplicar los procedimientos de las actividades de la empresa.

La normalización es importante porque permite establecer estándares operacionales, reducir la variabilidad del proceso, perfeccionar la transmisión de la información, presentar bases documentadas para las auditorías.

4) Cláusulas de la ISO 9000: Las cláusulas de la norma ISO 9000 a que se obliga una empresa que quiere obtener la certificación respectiva, son las siguientes

VII. Anexos

1. Responsabilidad de la dirección
2. Sistema de calidad
3. Revisión del contrato
4. Control del diseño
5. Control de la documentación y de los datos
6. Compras
7. Control de productos suministrados por el cliente
8. Identificación y trazabilidad del producto
9. Control de los procesos
10. Inspección y ensayos
11. Control de los equipos de inspección, medición y ensayo
12. Estado de inspección y ensayo
13. Control de productos no conformes
14. Acciones correctivas y preventivas
15. Manipulación, almacenaje, embalaje, conservación y entrega.
16. Control de los registros de calidad.
17. Auditorías internas de la calidad.

Capacitación

Servicio Post-Venta

Técnicas estadísticas.

Si bien la certificación ISO 9000 alcanza en responsabilidad a todos los departamentos de la Cervecería, el Departamento de Control de Calidad de la Cervecería Backus y Johnston tuvo y mantiene un rol de suma importancia en la obtención de la certificación ISO 9000, la que es renovable cada 2 años y es otorgado luego de aprobar las auditorías externas realizadas por el ente acreditador.

Entre las principales responsabilidades asignadas al Departamento de Control de Calidad destacan

VII. Anexos

1. Análisis, protocolos de verificación y calibración de equipos de medición y ensayo e instrucciones de trabajo.
2. La elaboración de cronogramas de mantenimiento, verificación y calibración de los equipos del laboratorio.
3. La ejecución de las verificaciones y calibraciones de los equipos asignados al personal de control de calidad en cumplimiento de los cronogramas respectivos.
4. El cálculo mediante el uso de técnicas estadísticas de la incertidumbre de la medición, los límites de aceptación en la verificación de equipos de medición y análisis , y el cálculo de la capacidad de los mismos equipos.
5. El cálculo de los índices de repetibilidad y reproductibilidad de los análisis ejecutados por los laboratorios en cada planta del grupo cervecero.
6. La selección y evaluación de proveedores de servicios de mantenimiento externos para determinados equipos del laboratorio.

Estas responsabilidades cumplidas a cabalidad , permitieron en su oportunidad aprobar satisfactoriamente las auditorias externas que permitieron obtener la certificación ISO 9000.

Esta labor no cesa, y se ha incorporado a las labores rutinarias, en tanto que la certificación es por un período de 2 años, durante los cuales se realizan auditorias externas de seguimiento, que aseguran que el sistema no decaiga y mas bien corrija debilidades detectadas.

Anexo 2:

TITULO:

INNOVACIONES TECNOLOGICAS

Las innovaciones tecnológicas en el proceso cervecero se han dado en diferentes etapas del proceso productivo; mencionaremos a continuación las mas significativas:

En el área de cocimiento:

En la actualidad, los sistemas de control de temperatura tradicionales han sido reemplazados por control con computadoras en las pailas de maceración y hervido. De esta manera se ha conseguido mejorar el perfil de las curvas de calentamiento.

Se ha mejorado el sistema de sedimentación luego del hervido mediante el uso de tanques tipo ciclón donde el mosto se libera de los sólidos sedimentables al ingresar tangencialmente a alta velocidad al tanque. Anteriormente se usaban tanques cilindricos donde se obtenía la separación mediante la sedimentación lenta de los sólidos.

Anteriormente el lúpulo se añadía como conos, ahora los proveedores lo ofrecen en distintas presentaciones, tales como pellets ó jaleas, algunas de ellas con un contenido de sustancias amargas más elevadas que el lúpulo natural. Esta mejora permite una mayor uniformidad en la dosificación, pues el lúpulo al ser tratado es más uniforme en su contenido de sustancias amargas.

Los materiales utilizados en algunos equipos han cambiado, así por ejemplo las pailas de cobre ahora son de acero inoxidable. El filtro de marco y platos que se usaba para la filtración del mosto, ha sido reemplazado por las Cubas de filtración.

En el área de Bodegas:

Para la fermentación y reposo, tradicionalmente se usaba 2 tanques distintos para propósitos diferentes : el fermentador , donde se llevaba a cabo la fermentación y el tanque de reposo donde la cerveza fermentada afinaba su sabor y aroma.

En la actualidad la tendencia es a usar un sólo tanque denominado unitanque, que es de forma cilíndrica vertical, a diferencia de los anteriormente mencionados que son cuadrados ó cilíndricos horizontales. En este tanque se lleva a cabo tanto la fermentación como el reposo.

El uso de estos nuevos tanques ha permitido la automatización de las operaciones de limpieza y sobretodo ha disminuido el número de días necesarios para las etapas de fermentación y reposo de la cerveza , las que se han visto disminuidos en un 30 %.

La utilización de nuevas cepas de levadura, desarrolladas en laboratorios especializados en Europa y en EEUU, con características muy precisas y de alta resistencia, ha mejorado notablemente la consistencia del sabor de la cerveza obtenida.

Los cocimientos de alta gravedad (mosto de 16 P) , están desplazando a los cocimientos tradicionales (mosto de 11.5 P). Se ha demostrado que trabajando con cocimientos de alta gravedad no se perjudica la calidad de la cerveza y mas bien se consiguen ahorros significativos de energía y se incrementa notablemente el rendimiento económico. Luego el mosto fermentado de 16 P, será diluído con agua tratada hasta 11.5 P en la operación del Blending.

Se ha desarrollado también una innovadora técnica de fermentación, que aún no es utilizada industrialmente en forma significativa, pero que a nivel experimental ha dado buenos resultados, ésta es la fermentación continua. La fermentación continua consiste básicamente en un reactor donde se encuentra levadura fija en un medio de soporte, a través del cual fluye el mosto continuamente, a medida que el mosto avanza por el reactor es fermentado progresivamente, de tal forma que al salir del reactor ya está completamente fermentado. Este proceso permite acelerar notablemente la

fermentación del mosto. El mosto fermenta en unas cuantas horas y ya no en varios días como en el procedimiento tradicional.

Este proceso no se ha difundido masivamente por algunas dificultades presentadas en su operación.

En la mayoría de los procesos se utiliza ahora equipos de medición en línea. Así por ejemplo para la carbonatación, medición de oxígeno, turbidez, etc. Ello permite un monitoreo ininterrumpido de las variables más importantes del proceso, y en consecuencia una respuesta inmediata a desviaciones del proceso que pudieran presentarse.

En el área de Envasado:

En el proceso de envasado se presenta el producto en diferentes formas: botellas, latas y barriles. Se han modificado los materiales de las latas, antes se usaba hojalata, ahora se usa aluminio, los barriles son de acero inoxidable y también de aluminio.

Debido a que las cervecerías han dejado de abastecer mercados locales y ahora tienen mercados nacionales e internacionales, la pasteurización se ha impuesto, y se usan sistemas de pasteurización tales como túneles de pasteurización y la pasteurización flash. Sin embargo aun en cervecerías pequeñas con mercados reducidos, la cerveza no se pasteuriza.

Las cuotas de producción se han elevado lo que obliga el uso de llenadoras y etiquetadoras de alta velocidad, cada vez más automatizadas. La inspección de las botellas lavadas y luego llenadas se realiza actualmente mediante el uso de sofisticados inspectores de botellas, que han reemplazado al personal que realizaba esta operación mediante inspección visual.

Se ha impuesto el uso de cajas plásticas que han reemplazado las antiguas cajas de cartón, para el almacenamiento y distribución de la cerveza.

El arrumado y desarrumado de cajas manual ha sido reemplazado por máquinas.

En general podemos afirmar que si bien se mantienen los principales procesos tradicionales de elaboración de cerveza, algunas etapas han sufrido

VII Anexos

modificaciones significativas, tendientes a aumentar la velocidad y la rentabilidad de la elaboración de la cerveza. En muchas etapas del proceso se ha incorporado a los equipos tradicionales el control con computadoras, lo que ha permitido mejorar la uniformidad del proceso y disminuir la cantidad de personal necesario para la ejecución de actividades tanto de operación como de supervisión.

Anexo 3:

TITULO:

JUSTIFICACION TECNICO CIENTIFICA DEL EFECTO DAÑINO DEL OXIGENO EN LA CERVEZA

La cerveza es una compleja solución de más de 1000 constituyentes, la mayoría de las cuales son moléculas orgánicas.

Debemos estar conscientes del hecho de que pueden transcurrir muchos meses entre el embotellado y el consumo de la cerveza. Cuando la cerveza envasada es guardada, se desarrollan olores ofensivos, los cuales afectan su olor fresco. Estos olores ofensivos resultan de los procesos de oxidación de la cerveza y son referidos como aromas oxidados o aromas rancios. Los términos papel, cartón, cuero, hongueado, han sido seleccionados como los más apropiados para describir estos aromas.

El retardar el desarrollo de este aroma rancio representa uno de los más grandes retos de los cerveceros de hoy en día porque es el principal criterio en el juzgamiento de la calidad de la cerveza por el consumidor.

La solución más adecuada aplicada por los cerveceros es el control del oxígeno disuelto.

Es generalmente aceptado que el aroma oxidado o rancio desarrollados en el almacenamiento de la cerveza envasada es esencialmente debido a la formación de aldehidos volátiles en el almacenamiento. Es de particular importancia el 2-trans-nonenal, el cual da un aroma a cartón a la bebida a niveles umbrales menores que 1 ppb.

Las principales rutas para la formación de aldehidos que generan estos olores rancios son : la autooxidación de ácidos grasos no saturados por oxígeno molecular y la degradación oxidativa de las isohumulonas. De los 2 procesos oxidativos mencionados el primero prevalece como la mayor fuente de aldehidos.

1) Autooxidación de ácidos grasos

La cebada contiene enzimas capaces de convertir parte de la grasa contenida en la cebada en precursores de aldehidos ranciadores. Así por ejemplo la

Lipasa libera ácidos grasos no saturados tales como el ácido linoleico. El trans-2-nonenal se origina de la oxidación del ácido linoleico y linolenico.

La autooxidación de los ácidos grasos en la cerveza se basa en mecanismo de radicales. En el mecanismo de radical libre de la autooxidación, un átomo de hidrógeno es removido desde la molécula de ácido graso, el radical resultante reacciona con el oxígeno molecular para formar un radical peróxido, el cual a su vez remueve el átomo de hidrógeno de otra molécula de ácido graso, transformándose el mismo en un ácido graso hiperóxido en el proceso. Este último es entonces separado en aldehidos menores. La figura A-1 muestra esta reacción.

2) Degradación oxidativa de isohumulonas

El contenido de oxígeno de la cerveza terminada tiene una clara influencia sobre la degradación de las isohumulonas. Existe una notable reducción del amargo durante el envejecimiento de la cerveza. Ello se debe a la degradación oxidativa de las isohumulonas.

El propano-2-on , 2-methylpropanal, 3 - y 4- methyl butano-2-on tanto como el 2-methyl - 3-butane-2-lo se encuentran como productos de la reacción.

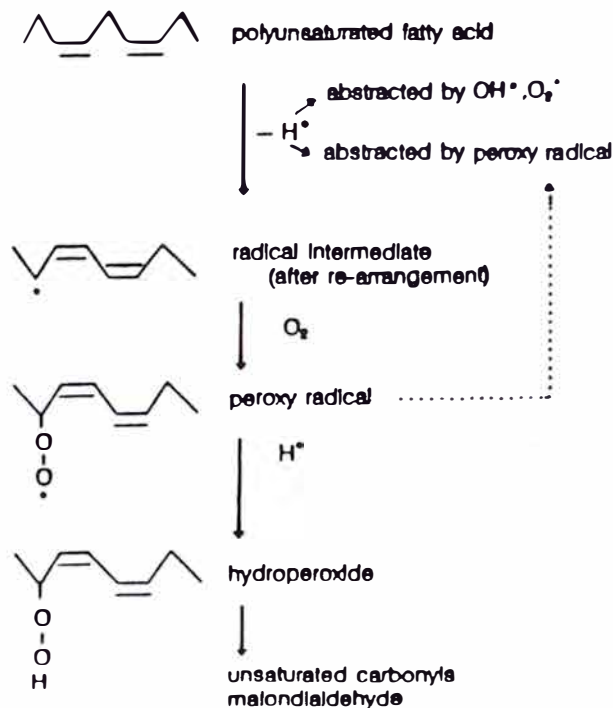


Fig. A-1 Peroxidación de ácidos grasos polyinsaturados.

Anexo 4:

TITULO:

OXIGENO DISUELTO EN LA CERVEZA (METODO INDIGO CARMIN)

MATERIALES:

- Fotocolorímetro Klett, con filtro rojos.
- Tubos Klett con tapa rosca y septum, saturado con Nitrógeno. Con capacidad para 100 ml de muestra.
- Jeringa hipodérmica de 10 ml.
- Aguja hipodérmica número de 18, 21 y 25.
- Sistema hipodérmico con manguera para toma de muestra.
- Matraz volumétrico de 100 ml.
- Bureta de 25 ml.

REACTIVOS:

- (1) Solución colorante Indigo Carmín: Disolver, en 50 ml de agua destilada caliente, 0,6 g de Glucosa anhidra y 0,6 g de Indigo Carmín grado reactivo, agitar hasta su completa disolución y enfriar.
Añadir 50 ml de glicerol y mezclar. Conservar en frasco ámbar, bajo refrigeración.
- (2) Solución alcalina: Disolver 35 g de KOH en agua destilada y completar a 100 ml con agua destilada.
- (3) Solución indicadora alcalina: A 10 ml de la solución colorante Indigo Carmín (reactivo 1) agregar 0,3 ml de la solución alcalina (reactivo 2). Esta mezcla se realiza justo antes de iniciar el análisis.
- (4) Acido Sulfúrico 5N Utilizado para analizar la pureza del Indigo Carmín.
- (5) Permanganato de Potasio 0.01N Utilizado para analizar la pureza del Indigo Carmín .

VII Anexos

(6) Solución colorante estándar: Pesar exactamente 14.56/P g de Indigo Carmín (P es el porcentaje de pureza del Indigo Carmín). Disolver en 50 ml de agua destilada caliente, enfriar a 20 C y llevar a 100 ml con glicerol. Conservar en un frasco oscuro y en un ambiente frío. Esta solución corresponde a 100 mg/L de oxígeno.

CALIBRACION:**Curva de Calibración:**

En un matraz volumétrico de 100 ml depositar 1 ml de la solución colorante estándar (6) y 0.04 ml de KOH (2); llevar a 100 ml con cerveza filtrada brillante. El color que se produce en esta solución es equivalente al que se produce en una muestra con 1 mg/1000 ml. Según sea necesario, preparar similares diluciones entre cero y 1mg/1000 ml. Llevar el colorímetro a cero de absorbancia con agua destilada. Un tubo con cerveza filtrada brillante, será usado como blanco y el valor de este blanco deberá ser restado de cada solución que se prepare para la confección de la curva de calibración.

PREPARACION DE LA MUESTRA:

Adaptar el sistema hipodérmico con la manguera a la llave del tanque o punto de muestreo, abrir la llave y permitir el flujo de la cerveza procurando eliminar las burbujas de aire del sistema.

Adaptar la aguja número 18 al sistema e introducir en el tubo para la toma de muestra (saturado con Nitrógeno o anhídrido carbónico) a través del tapón de jebe o septum de la tapa rosca. Luego introducir la aguja número 21 para permitir rebosar la cerveza en un volumen equivalente a cinco veces la capacidad del tubo. Finalmente, sin desactivar el sistema, retirar primero la aguja número 21 y luego la 18.

VII Anexos

DESCRIPCION DEL TRABAJO:

Responsable: Personal del Laboratorio de Control de Calidad, encargado del análisis.

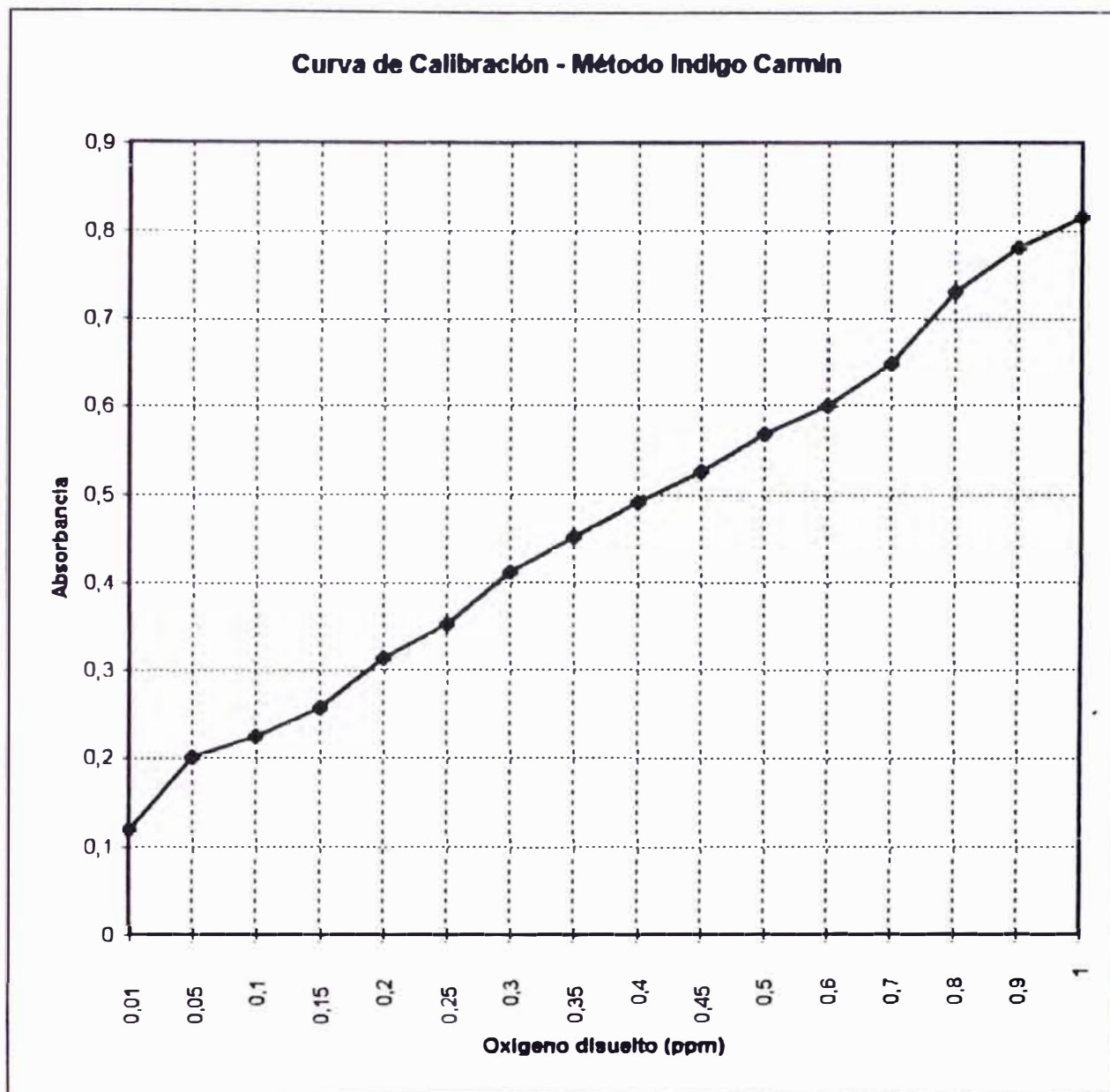
1. Cargar la jeringa hipodérmica con la solución indicadora alcalina (3) y sumergir en un baño de agua de 85 a 100 C. La solución vira del color azul al amarillo-naranja en aproximadamente 5 minutos; dejar que se enfríe en el mismo baño de agua.
2. Llevar el fotolorímetro a cero de absorbancia con agua destilada.
3. Luego hacer una lectura de cada muestra (valor del blanco) y a continuación inyectar con aguja N° 21 (con ayuda de otra aguja N° 25 para rebose) 2 ml de la solución indicadora alcalina del paso anterior.
4. Retirar las agujas.
5. Leer la absorbancia en el fotolorímetro restándole el valor del blanco.

EXPRESION DE RESULTADOS:

El valor obtenido del paso anterior es interpolado en la curva de calibración para obtener la cantidad de oxígeno disuelto en la cerveza en mg/l (ppm).

VII. Anexos

Curva de Calibración - Método Indigo Carmin



Anexo 5:

TITULO:

DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO EN AGUA. METODO WINKLER.

MATERIALES:

- Bureta de 25 ml graduada a 0.1 ml.
- Frascos o botellas con tapa hermética (esmerilada) de 200 ml de capacidad.
- Pipeta de 5 ml graduada a 0.1 ml.
- Erlenmeyer de 500 ml.

REACTIVOS:

- (1) Ioduro alcalino: Disolver 50 g de NaOH en 50 ml de agua destilada fría y 13.5 g de KI en 30 ml de agua destilada. Mezclar las soluciones y completar a 100 ml con agua destilada.
- (2) Solución de sulfato de manganeso: Disolver 48 g de $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ (40 g de $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ ó 36.4 g de $MnSO_4 \cdot H_2O$) en 100 ml de agua destilada.
- (3) Solución de tiosulfato de sodio 0.025 N : Disolver 6.205 g de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ en 500 ml de agua destilada y completar a 1,000 ml.
- (4) Solución de almidón 1%.
Acido sulfúrico concentrado.

PREPARACION DE LA MUESTRA:

La muestra es colectada en matraces volumétricos de 200 ml., teniendo cuidado que el llenado sea total y no queden burbujas de aire.

VII Anexos

PROCEDIMIENTO DE ANALISIS:

1. Destapar cuidadosamente el matraz y agregar 2 ml de reactivo sulfato de manganeso (reactivo 2).
2. Tapar (sin dejar burbujas) y mezclar por inversión.
3. Destapar y agregar 2 ml de solución de ioduro alcalino (reactivo 1)
4. Tapar (sin dejar burbujas) y mezclar por inversión.
5. Agregar 2 ml de ácido sulfúrico concentrado.
6. Tapar y mezclar por inversión, hasta desaparición del precipitado.
7. Con una pipeta extraer muestra del matraz , dejar un remanente de 200 ml.
8. Trasvasar a un erlenmeyer de 500 ml, añadir gotas de almidón (reactivo 4) hasta coloración azul y valorar con la solución de tiosulfato de sodio 0.025 N (reactivo 3) hasta decoloración completa.
9. Anotar el gasto total de tiosulfato de sodio.

EXPRESION DE LOS RESULTADOS:

Para 200 ml de muestra original, 1 ml de tiosulfato de sodio 0.025 N corresponde a 1 mg/L de oxígeno disuelto en la muestra.

VIII. BIBLIOGRAFIA

VIII. BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMIST; "Methods of Analysis of American Society of Brewing Chemist", pág. Beer-34, Minnesota, 1992.

APHA-AWA-WPCF"Standard Methods for the examination of water and waste water", pág. 1193, M.C. Rand, Washington d.c.,1975.

BRODERICK, HAROLD ; "El cervecero en la práctica", Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas, Venezuela,1977.

HOUGH, J.S.; "Biotecnología de la cerveza y de la malta", Acribia S.A. Zaragoza, 1990.

SCHLEGEL,H. G.; "Microbiología General", Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1979.

JACKSON, MICHAEL; "El libro de la cerveza", Naturart S.A.,Barcelona,1994.

OCÓN, J. y TOJO, G.; "Problemas de Ingeniería Química", Tomo II, pág.3,4,14,Aguilar, Madrid, 1986.

VIII Bibliografía

PONS MUZZO, G.; "Fisicoquímica", Universo, Lima, 1975.

PERRY, J.H.; "Manual del Ingeniero Químico", pág. 1035-1036, 1043-1044, 1049, 1050, Talleres de Poligráfica, México, 1981.

VIAN, A. y OCON, J.; "Elementos de Ingeniería Química", pág. 515-519, Aguilar, Madrid, 1979.

SMITH, J. M. y VAN NESS H.C. ; "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química", pág. 242-262, 316-323, Mc Graw-Hill, México, 1980.

TREYBAL, R. E.; "Operaciones de Transferencia de Masa", pág. 306-310, McGraw Hill, México, 1980.