



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Estandarización de condiciones de proceso y
dimensionamiento de una planta piloto para
elaboración de malta a partir de cebada**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Presentan:

**FRANCO CHIMAL CESAR
MONTROYA GONZÁLEZ SAÚL DAVID**

Asesor: Dr. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE
Coasesora: I.A. VERÓNICA JIMÉNEZ VERA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Contenido

| | |
|---|----|
| 1. ANTECEDENTES..... | 3 |
| 1.1 Cebada | 3 |
| 1.1.1 Cebada maltera de seis hileras..... | 4 |
| 1.1.2 Variedad Esmeralda | 4 |
| 3.1.3 Partes de un grano de cebada..... | 5 |
| 1.1.3 Enzimas presentes en el grano de cebada | 6 |
| 1.2 Producción de cebada | 7 |
| 1.2.1 Principales productores de cebada en el distrito de Zumpango..... | 7 |
| 1.2.2 Producción en el año 2018 en el distrito Zumpango, Edo. De México. | 8 |
| 1.2.2 Precio anual de cebada por tonelada en el distrito de Zumpango | 9 |
| 1.2.3 Producción anual de cebada en (toneladas/año)..... | 10 |
| 1.2.4 Precio de malta y cebada por tonelada en 2018..... | 10 |
| 1.3 Malteado de cebada..... | 11 |
| 1.3.1 Remojo. | 11 |
| 1.3.2 Germinado | 12 |
| 1.3.3 Secado..... | 15 |
| 1. Eliminación de agua libre | 16 |
| 2. Estado intermedio. | 16 |
| 3. Eliminación de agua ligada | 16 |
| 1.3.4 Eliminación de raicillas..... | 16 |
| 1.4 Situación de los agricultores de cebada en el distrito de Zumpango..... | 16 |
| 1.5 EQUIPOS..... | 18 |
| 1.5.1 Limpieza y clasificación de cebada..... | 18 |
| 1.5.2 Tanques de remojo. | 21 |
| 1.5.3 Germinación | 25 |
| 1.5.4 Tostadero..... | 26 |
| 1.5.5 Malteado Uni-Cont..... | 28 |
| 2. METODOLOGIA | 30 |
| 2.1.1 Humedad por estufa | 32 |
| 2.1.2 Grano dañado | 32 |
| 2.1.3 Grano desnudo | 32 |
| 2.1.4 Grano quebrado..... | 32 |

| | |
|---|----|
| 2.1.5 Impurezas..... | 33 |
| 2.1.6 Germinación | 33 |
| 3.1.7 Olor..... | 33 |
| 2.2 MUESTREO (NMX-FF-043-SCFI-2003)..... | 34 |
| 2.2.1 Equipo y materiales para el muestreo. (NMX-FF-043-SCFI-2003)..... | 35 |
| 2.2.1.1 Homogeneizador borner | 35 |
| 2.2.2 Procedimientos de muestreo de granos. (NMX-FF-043-SCFI-2003)..... | 35 |
| 2.2.3 Limpieza y selección..... | 37 |
| 2.2.4 Germinación o viabilidad del grano..... | 37 |
| 2.2.5 Proteína..... | 39 |
| 2.2.6 Humedad por termobalanza | 40 |
| 2.3 PRUEBAS DE LA MALTA..... | 41 |
| 2.3.1 Recuperación maltera..... | 42 |
| 3.3.2 Extracto de molienda fina y gruesa..... | 42 |
| 2.3.3 Humedad | 49 |
| 2.3.4 pH..... | 50 |
| 2.3.5 Viscosidad | 51 |
| 2.3.6 Poder diastásico | 51 |
| 2.4 PROCESO DE MALTEADO DE CEBADA..... | 54 |
| 2.4.1 Diagrama de proceso..... | 54 |
| 2.5 PLANTA PILOTO..... | 55 |
| 2.5.1 ESTUDIO DE LA PLANTA PILOTO..... | 55 |
| 2.5.2 EQUIPOS | 70 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 71 |
| 3.1 CEBADA..... | 71 |
| 3.1.1 MUESTREO | 71 |
| 3.1.2 Germinación o viabilidad del grano..... | 72 |
| 3.2 MALTEADO DE CEBADA..... | 73 |
| 3.2.1 Remojo..... | 73 |
| 3.2.2 Germinación | 74 |
| 3.2.3 Secado..... | 77 |
| 3.3 MALTA..... | 82 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1 Poder diastásico | 82 |
| 3.3.2 pH. | 83 |
| 3.3.3 Viscosidad | 84 |
| 3.3.4 % Extracto molienda fina en base seca | 85 |
| 3.4. PLANTA PILOTO | 86 |
| CONCLUSIONES | 89 |
| REFERENCIAS..... | 90 |
| Anexo 1 Equipo seleccionador de semilla..... | 93 |
| Anexo 2. Ensacadora de malta | 94 |
| Anexo 3 Ventilador | 95 |

RESUMEN.

Al evaluar las circunstancias que año con año sufren los campesinos del distrito de Zumpango al no poder vender el producto de su cosecha a un precio justo, porque aunque el campesino es experto en el cultivo de la cebada, desconocen la selección de la materia prima y el proceso de malteado el cual le daría un valor agregado, al completar la cadena de suministros evitando intermediarios los cuales abaratan la cebada; para poder ayudarlos se planteó en este proyecto, estandarizar las condiciones de proceso y plantear el diseño de una planta maltera que tenga el suficiente rendimiento para ocupar la producción de la zona del distrito de Zumpango (Otumba), ya que este es el tercer municipio con mayor producción en la zona oriente del Estado de México y con las cercanías de las primeras dos entidades principales de dicha área (Axapusco y Temascalapa).

Se realizaron pruebas a la cebada variedad esmeralda (cosecha, 2017) de la zona del distrito de Zumpango en el municipio de Otumba, Estado de México, de sus características físicas y calidad en base a la (NMX-FF-043-SCFI-2003 3/31) para su posterior transformación a malta cervecera, estandarizando los procesos de remojo, germinación y secado para obtener una malta de calidad. Una vez obtenida, se evaluó su calidad maltera para seleccionar las mejores condiciones que posteriormente se emplearán en el diseño de una planta piloto utilizando información de otros equipos que ayuden a la compresión y su funcionamiento para poder transportarlos a las capacidades económicas y productivas.

En la experimentación se obtuvo que la malta que se remojó a 16 °C tuvo valores de poder diastático de 103.32, pH de 5.88, viscosidad de 1.498 mPa y extracto base seca de 76.35 % la cual consiguió una calidad óptima para las características de una malta tipo Pilsner. De igual manera se estableció el equipo Uni-Cont ya que cumple con las características necesarias para las condiciones del proceso.

INTRODUCCIÓN.

La cebada (*Hordeum vulgare*) es la materia prima necesaria para la fabricación de cerveza porque suministra el almidón, el cual es transformado posteriormente en extracto fermentable (Kunze 2006). También, la cebada es reconocida por su alto poder diastático en comparación con otros granos, es por ello que su uso en la industria cervecera es de gran importancia, puesto que tiene las características ideales para la conversión del almidón en azúcares simples para su fermentación y producción de cerveza.

Los principales estados productores de cebada en México son; Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco, mientras que en la región del Altiplano; la producción se concentra en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Estado de México y en esta región, el 75 % de las siembras de temporal ocurren en el verano (Solano *et al.*, 2008)

Este grano se destaca por su importancia social y económica en el país; tan solo en el año 2016 la producción nacional fue de 978,348.57 toneladas. Por otro lado, el estado de México (distrito Zumpango) produce 46,404.46 toneladas anuales, colocando al estado de México en el quinto lugar con una producción anual de 67,171.68 toneladas las cuales son destinadas en su mayoría como uso maltero (SIAP, 2017).

En los últimos tres años ha disminuido el cultivo de la cebada, debido a que el agricultor invierte recursos que no son recuperados con la venta del producto, porque quien lo compra lo paga a bajo precio debido a que existe un solo comprador y eso permite que haya un precio estandarizado en el mercado por el comprador, el cual es bajo.

Es por eso que es necesaria la intervención del gobierno para crear infraestructura que ayudará a realizar proyectos de mejora económica y dar valor agregado a los productos del campo; a su vez también son necesarios aumentar los conocimientos de malteo de los campesinos para que puedan darle un valor agregado a su

producto y no dependan del monopolio que les imponen el precio y limitan la libertad de poder crecer.

Este trabajo tiene por objetivo generar los conocimientos en la elaboración de malta de cebada a nivel laboratorio para poder implementarlos en el campo a nivel de planta piloto y ayudar a la industria tanto agrícola, maltera y cervecera nacional a tener un sustento y que los agricultores no abaraten su trabajo y puedan darle un valor agregado a su producto.

Esto se logrará implementando la estandarización del proceso de malteado obtenida en la experimentación y dimensionando una planta a nivel piloto que este dentro de los parámetros económicos, estructurales y de capacidad que producirá dicho producto.

1. ANTECEDENTES.

1.1 Cebada.

La cebada es un cereal de los conocidos como cereal de invierno, se cosecha en verano (junio o julio, en el hemisferio norte) y generalmente su distribución es similar a la del trigo. Se distinguen dos tipos de cebadas (*figura 1*): la cebada de dos carreras o tremesina, y la cebada de 6 carreras o castellana (Norman, 1983).

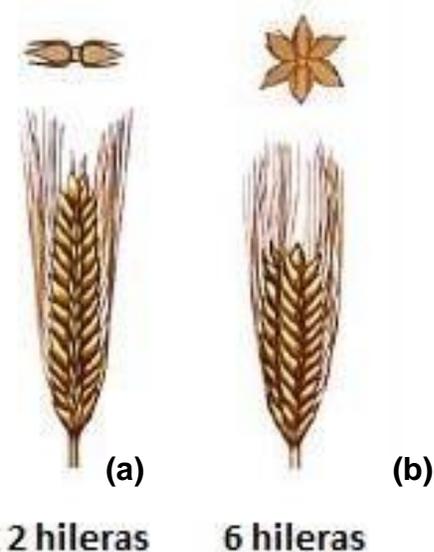


Figura 1. Especies de cebada; (a) *Hordeum distichum*, (b) *Hordeum vulgare*
Fuente: (http://www.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada.htm).

1.1.1 Cebada maltera de seis hileras.

Son las variedades de cebada maltera *Hordeum vulgare L.*, que tienen seis hileras de grano en la espiga (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016). Siendo un grano con mayor dotación enzimática que permite una mayor conversión de almidón a azúcares más simples comparada con la de 2 hileras. A continuación, se muestra la composición química de la cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química media de la materia seca del grano de cebada.

| Nutrimiento | Contenido (%) |
|---|---------------|
| Carbohidratos | 70-80 |
| De los cuales: | |
| Almidón | 50-63 |
| Azúcares | 1.8-2.0 |
| Celulosa y Hemicelulosa (β -glucanos y pentosanos) | 15-20 |
| Proteína | 10.5-11.5 |
| Lípidos | 1.5-3.0 |
| Minerales | 2.0-4.0 |
| Otros constituyentes | 1.0-2.0 |

Fuente: Callejo, 2002

1.1.2 Variedad Esmeralda.

Es la primera variedad de cebada maltera (seis hileras) para áreas de temporal de Valles Altos que tiene tolerancia a la Roya Lineal Amarilla y además es tolerante a mancha reticular. Es de ciclo vegetativo intermedio, la floración ocurre de 45 a 58 días y la madurez fisiológica se alcanza entre 95 a 115 días y presenta un porte de planta entre 0.60 a 1.0 m, según el manejo agronómico del cultivo en función al ambiente y fecha de siembra. Además, logra un alto potencial de rendimiento y

calidad de grano en los ambientes de mediana productividad (Olmos, 1995 y Zamora, 2009) que la cebada de dos hileras no logra en estas condiciones.

3.1.3 Partes de un grano de cebada.

El grano de la cebada o cariósida consta de tres grandes partes (figura 2).

- Pericarpio 7 a 10%.
- Endospermo 80 a 85%.
- Germen 3 a 8%.

Pericarpio.

Protege al grano contra el ataque de insectos y de las condiciones ambientales adversas (figura 2).

Endospermo.

Es el depósito de alimento para la nueva planta. Está compuesto principalmente por carbohidratos y en menor proporción por proteínas (figura 2).

Germen.

Es el responsable de generar una nueva planta al germinar la semilla. Contiene un alto contenido de nutrientes, principalmente grasas, proteínas, vitaminas, azúcares y minerales (figura 2). Es la parte más susceptible del grano, al ataque de microorganismos e insectos, que afectan la calidad del producto.

Está conformado por el eje embrionario, que está integrado por la radícula y la plúmula (figura 2), que forman las raíces y la parte vegetativa de la planta.

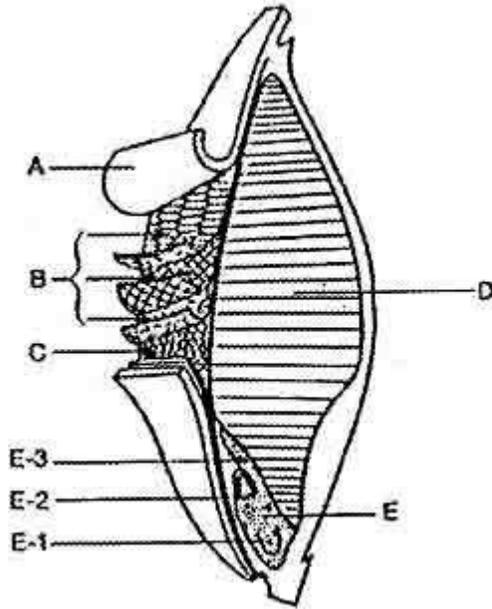


Figura 2. Partes del grano. A.- Cascara; B.- Pericarpio; C.- Aleuronas; D.- Endospermo; E.- Embrion; E₁-Raicillas; E₂- Plúmula; E₃- Escudillo

Fuente:(<http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/maltas.htm>, 2019)

1.1.3 Enzimas presentes en el grano de cebada.

Las enzimas son moléculas de naturaleza protéica producidas en el germen que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles. Las enzimas actúan sobre compuestos como almidón, proteínas y otros polímeros para su conversión en nutrientes sencillos y necesarios para la germinación, la cual se lleva a cabo mediante reacciones enzimáticas específicas que implican principalmente la actividad de enzimas como α y β -amilasas, dextrinasas, proteasas y β -glucanasas (Hornsey, 1999).

1.2 Producción de cebada.

La figura 3 nos muestra la producción anual de cebada a partir del 2014 hasta el 2018 donde se observa una disminución de más del 5% de la producción entre el 2012 y 2016, esto se debe a que cada vez menos campesinos tienen los recursos para darle continuidad al negocio de producción de cebada.

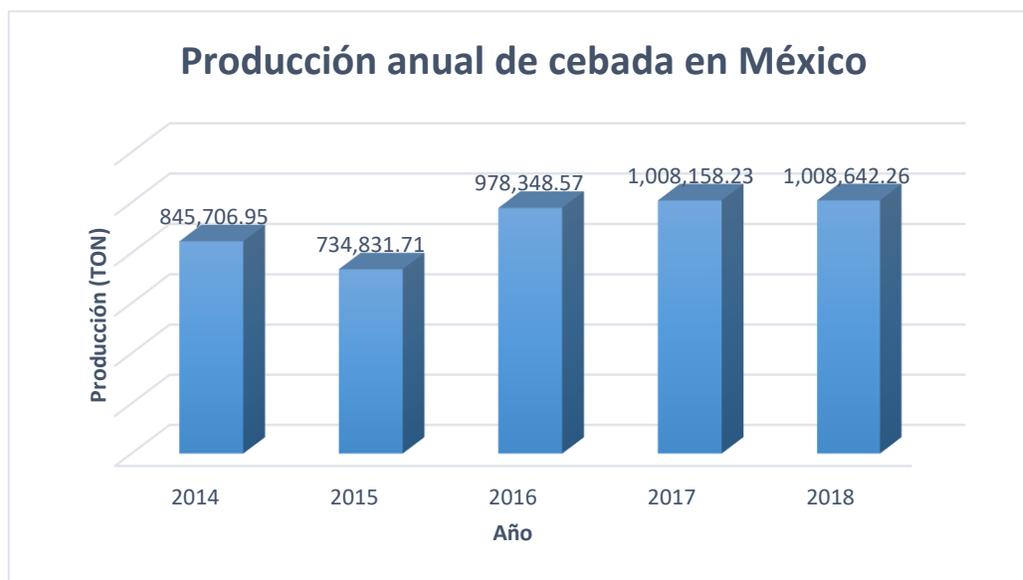


Figura 3. Producción anual de cebada en México (SIAP, 2019).

1.2.1 Principales productores de cebada en el distrito de Zumpango.

La figura 4. Nos muestra que en los últimos cinco años los tres principales productores de cebada en el distrito de Zumpango son los municipios de Axapusco, Temascalapa en segundo lugar siendo estos dos los mayores productores de este grano con una producción anual promedio de 17,000.00 toneladas y en tercer lugar se encuentra Otumba, con una producción en el último año de 8,514.00 toneladas haciendo a estos municipios los más importantes en la región (SIAP, 2017).

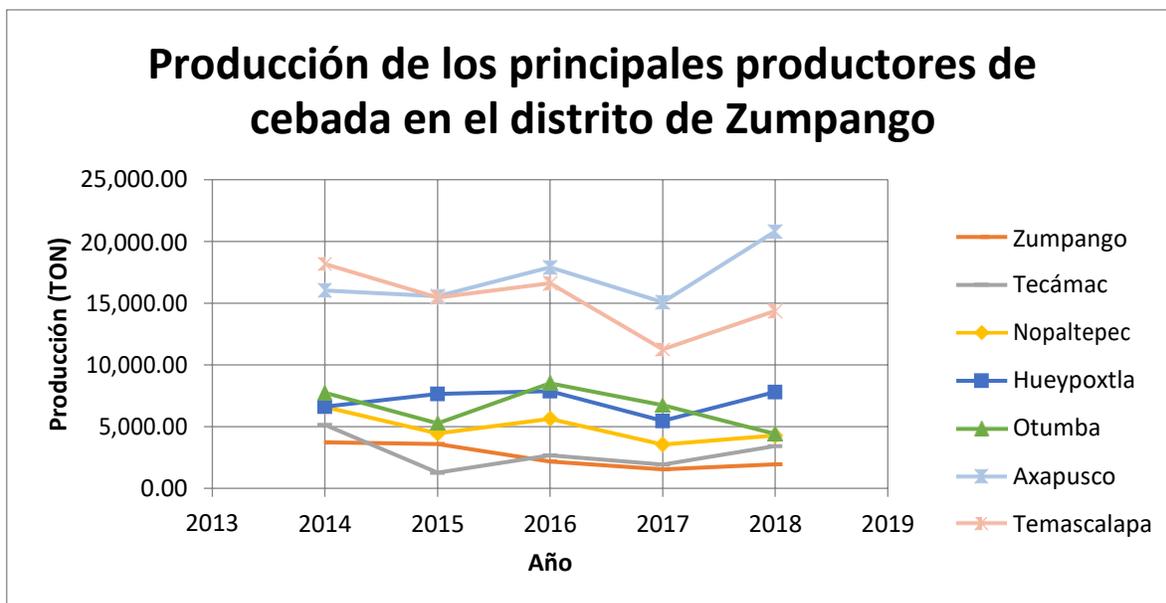


Figura 4. Comparativa de producción de las diferentes localidades del distrito de Zumpango (SIAP, 2017).

1.2.2 Producción en el año 2018 en el distrito Zumpango, Edo. De México.

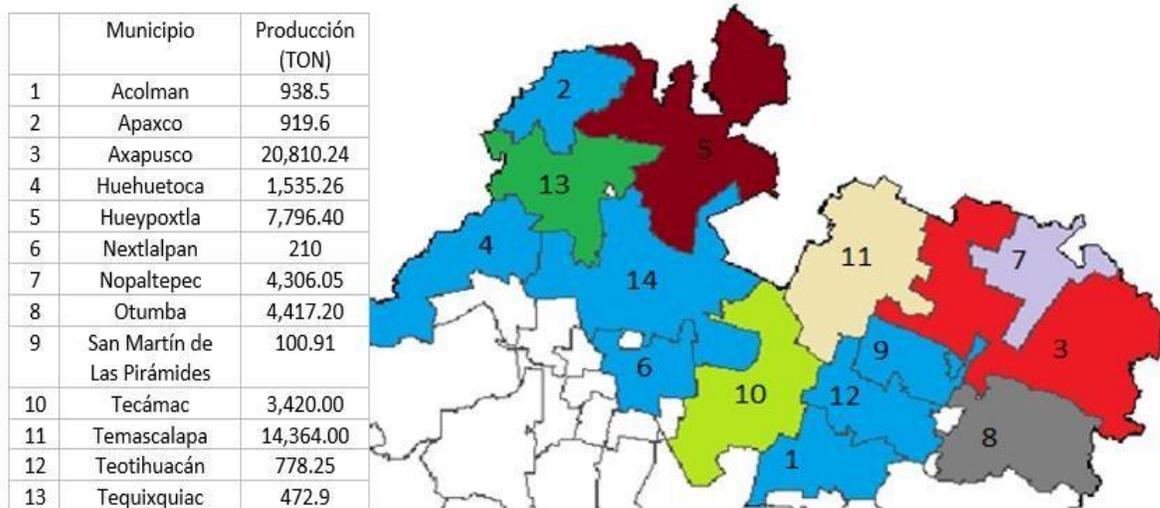


Figura 5. Mayores productores de cebada en el distrito de Zumpango (SIAP, 2019).

Todos los municipios que pertenecen al distrito de Zumpango están coloreados, siendo los más destacados con diferentes colores (verde, café, rojo, gris, beige, verde limón y violeta). Los que tienen la mínima producción con color azul (figura 5).

En el año 2018, el distrito de Zumpango logró tener una producción total de 62,024.31 toneladas siendo esta región la mayor productora de cebada del estado de México. El municipio de Otumba con una producción de 4,417.20 toneladas, estando ubicada con las cercanías de los dos principales productores (Axapusco y Temascalapa) y donde se tiene el terreno hábil para lograr llevar a cabo el establecimiento de la planta maltera (SIAP, 2019).

1.2.2 Precio anual de cebada por tonelada en el distrito de Zumpango.

La producción de cebada en México a partir del 2014 tuvo un descenso significativo (figura 6), esto se puede explicar por lo siguiente: aumento en los servicios de combustibles, la compra de la materia prima a bajo costo por parte de los intermediarios, mal pagado y por esta razón los agricultores deciden optar por realizar otras actividades donde puedan tener mejores ingresos ya que no obtienen una ganancia rentable para su oficio (SIAP, 2017).

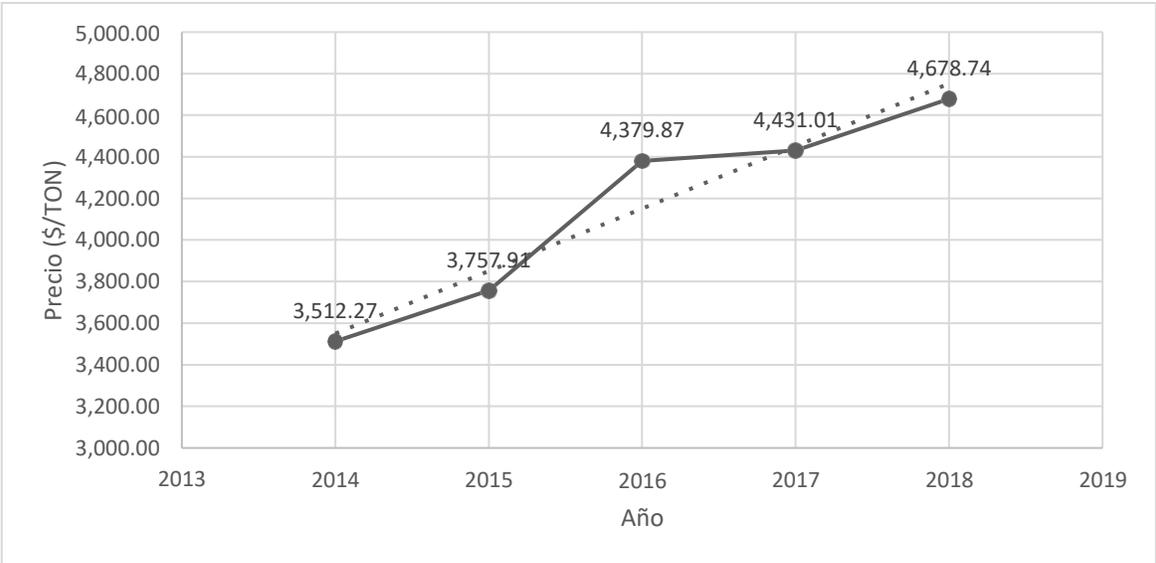


Figura 6. Precios por año de cebada en México (SIAP, 2017).

1.2.3 Producción anual de cebada en (toneladas/año).

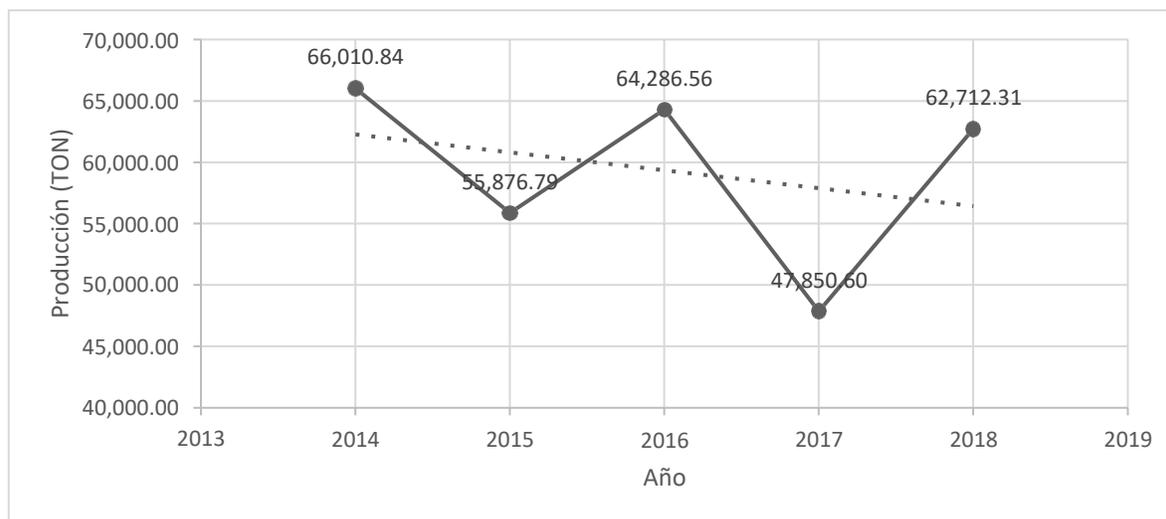


Figura 7. Producción por año de cebada en el distrito de Zumpango (SIAP, 2019).

Esto a su vez causó que los costos de la cebada subieran en el distrito de Zumpango (figura 7) gracias a la poca producción generada (oferta y demanda), lamentablemente esta alza de precio de la cebada no garantiza mayores ganancias para los campesinos, ya que los intermediarios se las pagan al mismo precio o solo les incrementa una mínima cantidad siendo la mayor ganancia para ellos.

1.2.4 Precio de malta y cebada por tonelada en 2018.

Pese a que los campesinos realizan la labor más ardua de toda la cadena de suministros son los que perciben menores ganancias gracias a esta exorbitante diferencia entre cebada y malta, al tipo de negocio establecido donde los intermediarios absorben la mayor parte de las ganancias; la figura 8 nos muestra la gran diferencia en precio entre la malta y la cebada. Si los campesinos le dieran un valor agregado a su materia prima, transformando la cebada en malta podrían ganar más de cuatro veces de lo que perciben hoy en día suprimiendo a los intermediarios.

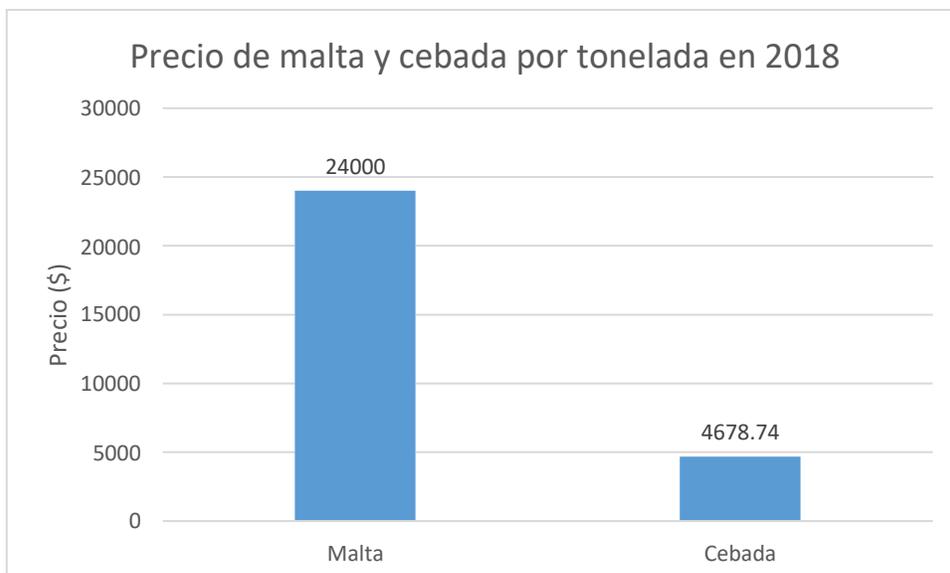


Figura 8. Diferencia de precio entre cebada y malta (SIAP, 2019).

1.3 Malteado de cebada.

La malta de cebada es la semilla que ha germinado de manera controlada y ha sido posteriormente secada y tostada en un proceso que suele denominarse “malteado”; durante la germinación se producen una gran cantidad de enzimas activas que transforman las reservas del grano (principalmente almidón) en compuestos requeridos durante la elaboración de cerveza (Callejo, 2002)

El malteador, por tanto, acumula una cebada adecuada; la almacena hasta que necesite utilizarla; remoja los granos; les permite que germinen y, en el momento que considera adecuado, detiene la germinación, desecando el grano en una corriente de aire caliente (Hough, 1990).

Cada año se producen alrededor de 1.5×10^7 toneladas de malta a partir de cebada; alrededor de un 94% de esa cantidad, es usada en la industria cervecera (Schildbach, 1999)

1.3.1 Remojo.

Es una fase crítica del malteado debido a que del remojo depende en gran medida la capacidad de germinación del grano (McRuer, 1990), el proceso de remojo

consiste en suministrar agua al interior del grano con el objetivo primordial de incrementar su humedad hasta 42 – 45 % (Analytica EBC, 2003).

El remojo consta de dos fases importantes:

- Períodos de inmersión (suministro constante de agua)
- Períodos de oxigenación (suministro de oxígeno). Este suministro es necesario porque la respiración del embrión aumenta significativamente lo que crea una demanda importante de este gas en el agua de remojo, además es promotor de la formación de α -amilasa (Wolfgang, 1999).
- Por ello es de gran importancia cambiar el agua de remojo por lo menos una vez durante el tiempo de remojo (Wolfgang, 1999).
- el remojo debe realizarse a temperaturas próximas a 16 °C con una duración total de 2 a 3 días (Wolfgang, 1999); el tiempo anterior debe distribuirse de tal manera que cada 6 u 8 horas los periodos de remojo sean sustituidos por periodos de oxigenación conocidos como descansos de aire.

1.3.2 Germinado.

- Mantener la humedad mayor a un 42 %
- Abastecimiento de oxígeno
- Temperaturas (a partir del tercer día puede ser restringida la respiración):
 - Malta pilsner, 17 a 18 °C
 - Maltas oscuras 23 a 25 °C

La raicilla, que se ramifica en dos a cuatro pequeñas raíces al cabo de dos días, debe alcanzar, para malta tipo pilsner, una longitud de aproximadamente equivalente a 1.5 veces la longitud del grano y aproximadamente el doble de esta última para malta oscura (Callejo, 2002).

Para mantener baja la pérdida radicular, la germinación es realizada a la temperatura más baja y en el tiempo más breve posibles. La pérdida debida a las raicillas debe ser de aproximadamente el 4 % de la materia seca de la malta.

La acospira debe alcanzar sólo una longitud aproximada equivalente a $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ de la longitud de grano para la malta tipo pilsner y aproximadamente $\frac{3}{4}$ a 1 de la longitud de grano para las maltas oscuras (Galán *et al*, 2004).

El objetivo en la germinación es generar nutrimentos, principalmente azúcares y aminoácidos mediante la modificación del endospermo, la cual ocurre por el desarrollo, distribución y acción de enzimas (α y β -amilasas, proteasas, arabinoxidasas y β -glucanasas) (Galán *et al*, 2004).

Finalizada la germinación, el producto obtenido conocido como “malta verde” se somete a una corriente de aire estéril a 25°C para disminuir la humedad de la muestra y con ello disminuir el riesgo de desarrollo de microorganismos (Galán *et al*, 2004) debido a que un inadecuado control durante la germinación puede reducir la calidad de la malta, sobre todo cuando se desarrolla contaminación por mohos o insectos (HGCA, 2002).

1.3.2.1 Reacciones bioquímicas en el malteado.

El endospermo amiláceo de la cebada se encuentra formado por células incapaces de sintetizar enzimas. Durante el proceso de malteado, en el embrión se desencadena un potente sistema enzimático que se transporta al endospermo y que es capaz de hidrolizar el almidón presente, la degradación del almidón se ve facilitada por la solubilización parcial de las proteínas, así como la degradación de β -glucanos (Taylor, 1991).

1- Durante el remojo, comienza la entrada de agua hacia el interior del grano (en general por la parte donde comienza el embrión).

2. El grano de cebada contiene cantidades de β -amilasa latente en formas solubles e insolubles; durante el malteado, la β -amilasa se solubiliza por completo.

3. A continuación, se hidroliza aproximadamente un 10 % de almidón y el contenido de amilosa se eleva desde un 22 % (cebada) hasta 26 % (malta) aproximadamente
4. Después se comienzan a degradar los β -glucanos y arabinosilanos que se encuentran en la pared celular del endospermo, con ello se consigue la exposición de las partes proteicas que protegen a los gránulos de almidón.
5. Las proteínas son degradadas parcialmente por las proteasas y peptidasas, liberando nitrógeno amino libre (FAN: Free Amino Nitrogen). La proteólisis de los granos es de gran importancia debido al FAN liberado, pues no sólo es necesario para el crecimiento del embrión, sino que asegura la producción eficiente de enzimas durante todo el proceso de germinación (Palmer, 1989). Los péptidos y los FAN obtenidos con la proteólisis también se requieren para el crecimiento de las levaduras durante la fermentación, por ello, una insuficiente degradación de proteínas provoca extractos pobres de malta (Taylor, 1991).
6. Finalmente, el resto del almidón se degrada hasta la obtención de azúcares principalmente maltosa y glucosa, nutriendo el embrión para la posterior formación de raicillas en el grano.
7. Después de la hidrólisis del almidón ocurre un metabolismo denominado extracto de agua fría, el cual consiste en la formación de aminoácidos y azúcares durante la respiración, los cuales se manifiestan con la formación de raicillas y acróspira.



Figura 9. Ruta bioquímica en el grano.

Fuente: Hernández Gil, 1999.

1.3.3 Secado.

Consiste en la aplicación de calor a la cebada después de que ha culminado la fase de germinación con el objetivo de detener la degradación del almidón y reducir la humedad hasta 2-5 %, con ello se logra mantener la estabilidad de la malta durante el período de almacenamiento. Con el secado de la malta también se puede detener la actividad enzimática desencadenada durante la germinación sin destruir las enzimas e introducir las características finales de color y sabor (MacGregor y Batty, 1996).

El secado es un proceso que requiere un riguroso control y comúnmente, se inicia a bajas temperaturas (35-50 °C), las cuales se van incrementando hasta llegar a temperaturas próximas a 75 °C para la elaboración de maltas claras y temperaturas próximas a 100 °C para maltas oscuras (Meilgaard, 1993).

El principal cambio que se manifiesta durante el secado es el oscurecimiento de la malta debido a reacciones de Maillard. La reacción entre los aminoácidos y azúcares puede seguir otras rutas químicas originando compuestos como las

pirazinas, tiofenoles, pirroles y furanoles que confieren características especiales a las maltas, como sabores típicos a tostado, café o caramelo. Las reacciones de Millard se favorecen a temperaturas por encima de 80 °C. En maltas claras las condiciones de tostado han de ser más suaves para evitar sus síntesis (Waimwriht, 1986).

El secado de la malta se divide en 3 etapas principales:

1. **Eliminación de agua libre.** La humedad de la muestra disminuye aproximadamente desde 42 % hasta 23 %, el agua se elimina con facilidad.
2. **Estado intermedio.** La humedad se reduce hasta 12 %. Después de esta etapa, se ha minimizado la actividad enzimática; la temperatura de secado hasta la fase intermedia no debe superar los 50 °C y normalmente ocurre entre las 12 y las 24 h de tratamiento (Callejo, 2002).
3. **Eliminación de agua ligada.** Ocurre una disminución de humedad desde el 12 hasta 6 %.

Curado de la malta o golpe de fuego. Reducción de humedad hasta 2-5%, con el curado se eliminan sabores a malta verde. Después de estas dos últimas etapas, la temperatura del aire se encuentra entre 50 y 90°C.

1.3.4 Eliminación de raicillas.

Consiste en desechar la mayor parte de raicillas formadas durante el malteado ya que no tienen una función importante en procesos posteriores; el peso de las raicillas supone de 3 a 5% del peso total de la malta y se eliminan por abrasión de la muestra, por agitación y por métodos de tamizado (Pelembé *et al*, 2002).

1.4 Situación de los agricultores de cebada en el distrito de Zumpango

- **No hay suficiente tecnología, es de importación.**

Esta es una de las limitantes cuando de siembra se habla, sin una buena tecnología e infraestructura para la siembra y producción de cebada es prácticamente

imposible el almacenamiento y distribución de la cebada, hay carencia de tecnología.

- **La siembra se hace bajo contratos**

Los campesinos se enfrentan a las limitantes de producir únicamente para los intermediarios quienes imponen los precios de los cereales y los agricultores no pueden darles otro uso, por lo tanto, tienen que entregar toda la producción a estas empresas.

- **Necesidad de inversión gubernamental**

El gobierno da apoyo a personas que tengan un proyecto productivo, pero es necesario llegar con un plan bien establecido y con los conocimientos necesarios para que el gobierno secunde el proyecto, de otro modo no habrá inversión gubernamental, por esto es necesario brindar los conocimientos suficientes a los agricultores para que tengan el apoyo y se le pueda dar un valor agregado a su materia prima.

- **Cervecerías artesanales compran malta de importación**

No sólo los campesinos se ven afectados, también las micro cervecerías son afectadas con estas problemáticas ya que no hay producto nacional que puedan adquirir. Viéndose en la necesidad de comprar malta de importación, siendo ésta, más cara y haciendo que los costos de producción por insumos sean elevados.

Es por ello que, el generar una maltera independiente podría ayudar a los campesinos a darle un valor agregado a su producto y generar mayores ingresos, así como también a las micro cervecerías que podrían ofrecer productos con ingredientes de buena calidad y de producción nacional.

- **No hay libertad de generar una maltería porque toda la producción de cebada está bajo contrato**

En la actualidad los agricultores no tienen los conocimientos y la tecnología para obtener una semilla certificada limitándolos a generar contratos que provocan que todo el grano que se produce lo acapare un intermediario ya que sin esta certificación de semilla el agricultor es obligado a vender todo lo que produce a IMPULSORA AGRICOLA® quien compra la cebada a los campesinos y la maltea para venderla a las industrias cerveceras.

- **Los precios de combustibles se han disparado**

El costo de los combustibles, con el paso del tiempo, siguen creciendo y por lo tanto esto disminuye las ganancias de los campesinos al cultivar cebada, ya que mientras ellos pagan más por los combustibles, siguen ganando lo mismo por parte de los intermediarios que les compran la cebada a costos bajos, por este motivo muchos agricultores deciden no cultivar más.

1.5 EQUIPOS.

Equipos de elaboración de malta a partir de cebada.

1.5.1 Limpieza y clasificación de cebada.

La limpieza de la cebada consiste en eliminar todo lo que no sea cebada. Por ejemplo, fragmentos de paja, cintas de sacos, trozos de madera, clavos, tornillos, alambre, piedras, granos extraños, granos rotos, etc.

Debido a que no se pueden eliminar todos estos cuerpos extraños con una sola máquina, el proceso de limpieza de la cebada es realizado con varias máquinas y aparatos, conectados estos en serie (existen actualmente equipos todo en uno, pero son caros).

1.5.1.1 Limpieza de la cebada.

La limpieza consiste únicamente de una limpieza mecánica (aspirador, separador, aventador), y un dispositivo magnético.

Se realiza desde dos puntos de vista:

- Las piezas de mayor tamaño, tales como cintas de sacos, trozos de madera, etc.
- Partes menores, tales como granos de arena y productos de abrasión, son separados por tamices, y el aire polvoriento con contaminantes leves es aspirado

El separador "Classifier" (Bühler, Braunschweig) (figura 10) es un ejemplo de un aspirador moderno. Como todos los aspiradores, también este separador posee dos tamices para la separación de los contaminantes más bastos y finos. Está diseñado para limpiar hasta 24 t/h. El accionamiento está ubicado en el centro de gravedad del cajón, en forma de dos motores desequilibrados, los cuales giran de forma sincrónica y en sentidos opuestos. De esta manera se elimina la vibración lateral, transformándola en un movimiento de ida y vuelta.

En el canal de aspiración ubicado posteriormente, las partes livianas pueden ser extraídas del flujo de producto, siendo luego removidas en una aspiración central (remoción de polvo).

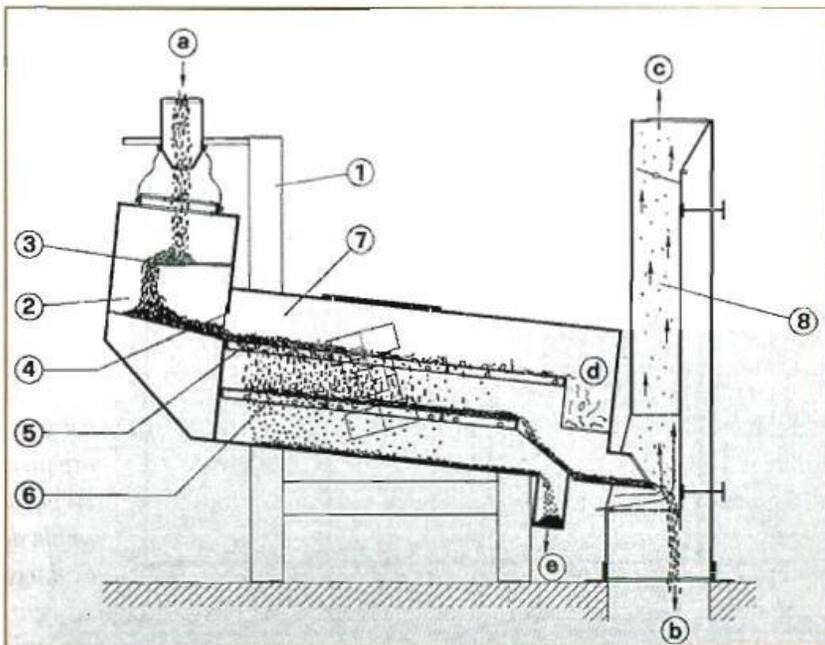


Figura 10
Separador "Classifier"
 (1) Bastidor
 (2) Caja de entrada
 (3) Distribución de producto
 (4) Válvula distribuidora
 (5) Tamiz principal
 (6) Tamiz de arena
 (7) Caja de tamices
 (8) Canal de aspiración
 (a) Entrada de cebada
 (b) Salida de cebada limpia
 (c) Conexión a la remoción de polvo
 (d) Salida de contaminantes bastos
 (e) Salida de contaminantes finos (arena, etc.)

Fuente: Kunze. 2006

1.5.1.2 Clasificación de cebada

Principios de la clasificación:

Hasta ahora han sido removidos en la limpieza de la cebada contaminantes bastos y pequeños, polvo, piezas de hierro y cuerpos redondos. La cebada está ahora compuesta de cereales extraños y casi de igual tamaño que los de cebada o por granos de cebada de tamaños diferentes.

Los granos grandes, hinchados, contienen más almidón que los granos más pequeños y angostos, razón por la cual se prefiere a los primeros. Pero en el remojo, los granos pequeños absorben el agua más rápidamente que los granos grandes, lo cual resulta en una calidad irregular de la malta, si no se separan.

Es por ello, que la cebada es clasificada, a través de tamices con anchos de ranura de 2.2 y 2.5mm, en fracciones de granos de igual tamaño, a los efectos de obtener una malta uniforme. Mucho más importante que el tamaño del grano es la pureza de la variedad de la cebada.

La cebada se divide en dos fracciones, por medio de dos tamices:

➤ ***Fracción 1, 1ª variedad o cebada de granos bien llenos.***

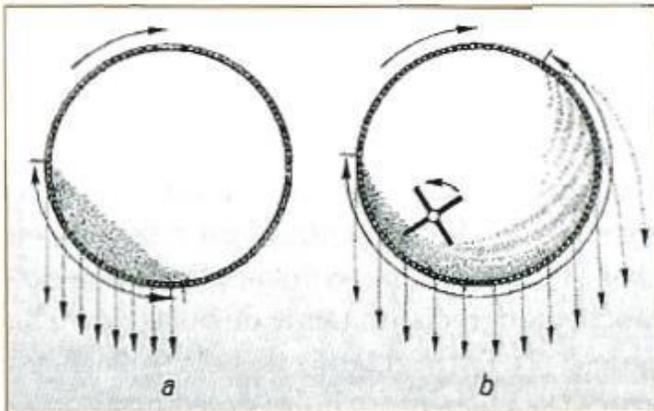
Esta es la fracción de la cebada que se retiene en el tamiz con ancho de ranura de 2.5 mm. La cebada de granos bien llenos está compuesta por los granos más grandes o hinchados, de los cuales también puede esperarse el mayor rendimiento. Es por ello por lo que estos son los más apropiados para la elaboración de malta. Es una característica importante de calidad de la cebada, según la cual se rige el precio.

➤ ***Fracción 2, 2ª variedad o cebada industrial***

Esta denominación abarca la porción de la cebada que pasa a través del tamiz de 2.5 mm, pero que se retiene en el tamiz de 2.2 mm. Esta fracción debe ser pequeña. Esta 2ª variedad es procesada separadamente.

Cilindro de clasificación.

El cilindro de clasificación está compuesto por un marco giratorio de chapa de acero, levemente inclinado, de aproximadamente 0.6 m de diámetro y 2 a 3 m de longitud, sobre el cual se encuentran extendidos tamices con ranuras de aproximadamente 2.5 mm. Los tamices más frontales tienen ranuras de 2.2 mm de anchura. En la segunda mitad del cilindro se encuentran las ranuras con anchura de 2.5 mm. En equipos de gran caudal hay un cilindro propio para cada dimensión. La superficie del tamiz se aprovecha solamente en un 25 %, dado que la parte superior de la cubierta del cilindro no entra en contacto con la cebada. En los cilindros modernos de alto rendimiento, el área del tamiz se aprovecha en casi un 50 %, por medio de las palas lanzaderas incorporadas. Al mismo tiempo, se evita así que los granos que se encuentran en medio del riñón de cebada no lleguen nunca hacia fuera (figura 11) (Kunze, 2006).



Fuente: Kunze, 2006

Figura 11
Aumento del área de
clasificación usando un rodillo
distribuidor

- a) Cilindro de clasificación
- b) Cilindro de clasificación
de alto rendimiento

Los cilindros de clasificación tienen un rendimiento de 1 a 6 t/h. Actualmente los cilindros de clasificación se encuentran sólo en malterías muy pequeñas y antiguas, debido a su muy baja capacidad y elevado requerimiento de espacio.

1.5.2 Tanques de remojo.

El remojo se realiza desde hace décadas en los tanques de remojo cónicos, que son tanques cilíndrico-cónicos de chapa de acero, utilizándose hoy en día generalmente acero inoxidable. El tanque de remojo inferior se construye hoy en día como tanque de remojo de fondo plano. Por lo general, los tanques de remojo están

ubicados encima de los lugares de germinación, en una sección propia (Kunze, 2006).

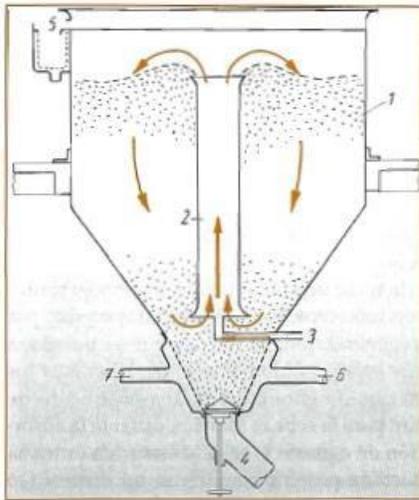
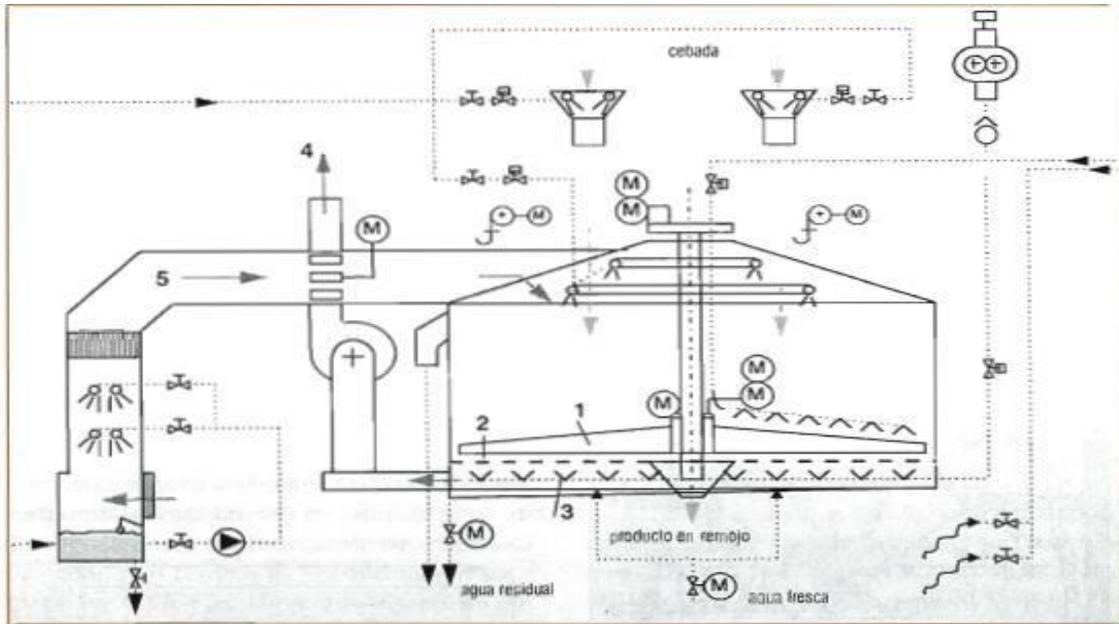


Figura 12. Tanque de remojo con tubo central
(1) Tanque de remojo (2) Tubo central de recirculación (3) Entrada de aire comprimido (4) Salida de producto remojado (5) Rebosadero de cebadas flotantes (6) Alimentación de agua fresca (7) Descarga de agua residual.

Fuente: Kunze, 2006

Al respecto, Wild desarrolló hace años por primera vez un tanque de remojo con un tubo central, en el cual la cebada es recirculada el primer día de remojo dentro del tanque de remojo mismo (prerremojado según Wild) (Figura 12). De esta manera se evita una desventaja para con los granos en el embudo, alcanzándose un abastecimiento de agua y una aireación uniformes para todos los granos dentro del tanque de remojo. Este tipo de remojo es aún actual, pero la recirculación se realiza más cuidadosamente por aire comprimido, en vez del movimiento mecánico original de la cebada a través del tubo central (Kunze, 2006).



Fuente: Kunze, 2006

Figura 13. Tanque de remojo de fondo plano.

(1) Dispositivo radial de rastrillo

(2) fondo plano

(3) dispositivo lanza chorros en el espacio debajo de la placa tamizante

(4) aspiración de CO₂

(5) suministro de aire fresco

El tanque de remojo de fondo plano (figura 13) es un recipiente con fondo plano, en el cual está depositada la cebada, sobre una placa ranurada tamizante de acero inoxidable con 24 a 32 % de área libre. Los tanques de remojo de fondo plano requieren algo más de agua que los tanques de remojo cónicos, dado que el espacio debajo de la placa tamizante no puede ser arbitrariamente pequeño (Kunze, 2006).

Otra posibilidad de remojo son los tornillos sin fin de remojo, los cuales pueden ser utilizados para la limpieza, el prerremojo, así como también para posremojo (figura 14).

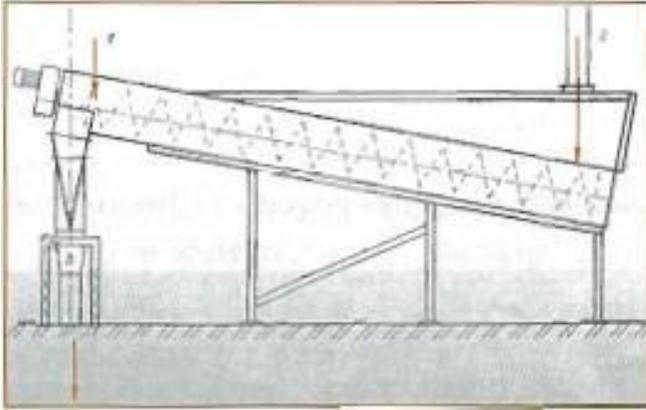


Figura 14. Tornillo sinfín de remojo.
(1) Entrada de agua de remojo
(2) Entrada de la cebada
(3) Salida de la cebada prerremojada.

Fuente: Kunze, 2006

➤ Comparación (Kunze, 2006):

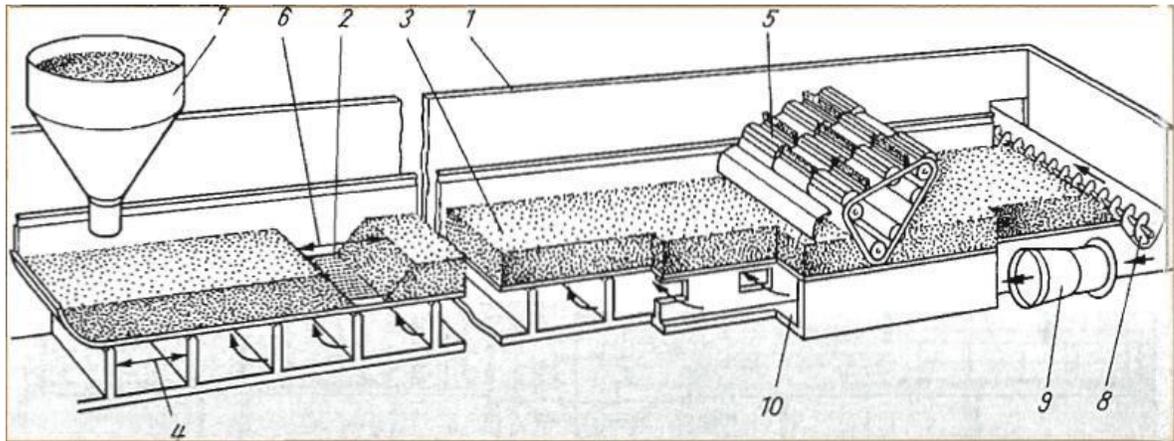
Los tanques de remojo cónicos se construyen hasta un tamaño apto para 50 a 60 toneladas de cebada; para lotes diarios mayores, se utilizan varios tanques de remojo en paralelo. El consumo de agua es aproximadamente 4 a 6 m³/t de malta.

Los tanques de remojo de fondo plano son aptos para lotes grandes y realizan un tratamiento uniforme de producto. Por lo general, se utiliza como tanque de remojo inferior, recibiendo el producto remojado de varios tanques de prerremojado.

Sus desventajas son:

- Los mayores costos de inversión, debidos a la armadura de bandeja y a la máquina de carga y descarga.
- El mayor consumo de agua con 5 a 7 m³/t de malta, debido al espacio sin utilizar debajo de la bandeja, y.
- La limpieza a alta presión debajo de la bandeja.

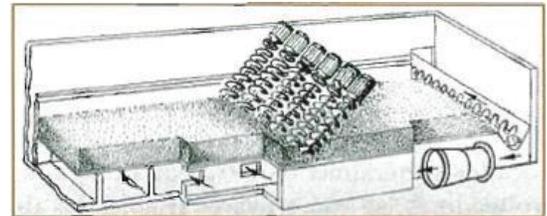
1.5.3 Germinación.



Fuente: Kunze, 2006

Figura. 15 germinador tipo "Wanderhaufen"
Planta tipo Wanderhaufen

- (1) Riel de germinación
- (2) Bandeja
- (3) Producto en germinación
- (4) Divisiones de secciones
- (5) Volteador
- (6) Sección de limpieza
- (7) Tanque de remojo
- (8) Transportador de descarga por tornillo sin fin
- (9) Volteador
- (10) Canal de aireación



Fuente: Kunze, 2006

Figura 15.1
Volteador helicoidal (forma nueva)

La planta de montón en movimiento (Figura 15) consiste en una gran caja de germinación, de 50 a 60 m de longitud y 3 a 4 m de ancho, la calle de germinación. Esta calle de germinación está dispuesta en principio como una caja normal de germinación, pero esta subdividida, debajo de las bandejas de germinación (2), en 16 secciones de medio día (4). El volteador (5) se construía en las primeras plantas, tal como se muestra en la figura, con cangilones tipo pala y rascadores de goma. Las instalaciones más nuevas trabajan con tornillos sinfín inclinado (figura 15.1) (Kunze, 2006).

El producto en germinación escurre sobre la primera sección de medio día, desde el tanque de remojo (7), ubicado directamente encima de la caja. Dos veces por día, el montón es movido hacia adelante una sección de medio día, de manera que el montón se mueve en 24 hr una sección diaria. El volteador, que trata la malta verde

con extremo cuidado, se mueve dos veces por día desde el fin de calle (es decir, desde el viejo montón) al principio de la calle (al montón escurrido) con una velocidad de 20 a 30 cm/min. Tan pronto como el volteador ha revuelto todos los montones, se eleva y retorna a mayor velocidad.

Al finalizar la germinación, la malta verde se deposita por el volteador en un cangilón de hormigón, en el extremo final de la caja. Desde ahí, la malta verde es transportada por un tornillo sinfín (8) al elevador y al tostadero. A los efectos de garantizar una limpieza de las bandejas de germinación de forma regular, se mantiene libre para limpieza de las bandejas de germinación de forma regular, se mantiene libre para limpieza una sección de un día, a intervalos uniformes (sección de limpieza 6). Las válvulas de suministro de aire a las secciones de medio día son diseñadas de forma regulable, para poder abastecer el producto en germinación con diferentes cantidades de aire, según la necesidad (Kunze, 2006).

1.5.4 Secador

1.5.4.1 Construcción del secador.

Para el secado se requiere calor, pero como la malta se encuentra dispuesta en capas gruesas, se necesita mucho aire caliente para secarla. De acuerdo con esto, el calentamiento y la aireación deben ser las funciones esenciales del secador (Kunze 2006).

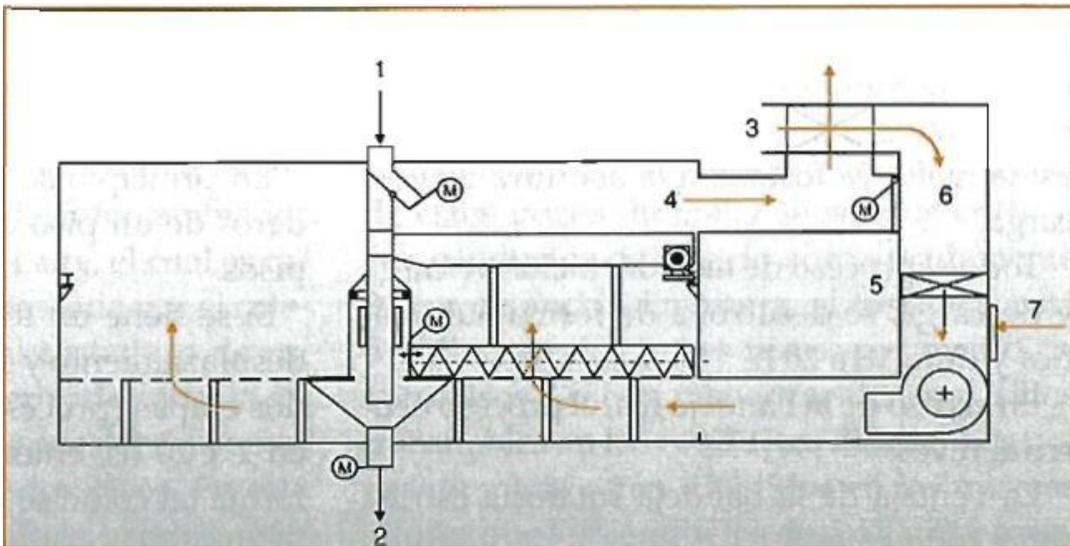
1.5.4.2 Calefacción y ventilación del secador.

Las calefacciones modernas de secador son operadas con energía primaria (gas natural o petróleo). En estos, los gases de combustión calientes son desviados varias veces en los correspondientes tubos de un intercambiador de calor y calientan así el aire de secado que fluye entre estos. Los tubos del intercambiador son de acero inoxidable, para protegerlos del condensado (ácido). Por la condensación de los gases residuales al final del pasaje, se libera calor adicional y se logra un rendimiento óptimo (Kunze 2006).

Recuperación de calor en el secado

Si no se logra reutilizar el aire de escape caliente dentro de la instalación de tostado, se pierde y con ello, también mucha energía, sobre todo si se tiene en cuenta que el aire de escape tiene una temperatura de 45 a 50 °C al calentar el secador y de 80 a 85 °C durante el curado.

Para al menos recuperar una parte importante de esa energía, se precalienta el aire frío aspirado en un intercambiador de calor de tubos de vidrio (Kunze, 2006).



Fuente: Kunze, 2006

Figura 16.

Tostadero de un piso con cargador y descargador (bandeja fija)

- (1) Alimentación de malta verde
- (2) Malta tostada
- (3) Aire fresco
- (4) Aire de escape
- (5) Calentador
- (6) Válvula de circulación
- (7) Aire de enfriamiento

Existen secadores modernos de construcción rectangular o circular, dispuestos como tostadero de un piso o de dos pisos (Figura 16). La forma circular se prefiere hoy en día cada vez más.

En el ejemplo se muestra un tostadero de alto rendimiento con una bandeja circular. El secador está equipado con un dispositivo de carga y descarga. Las

bandejas hechas de chapa perforada como cribas de barras, con un área libre de aproximadamente 30 %, están apoyadas por fuera sobre rodillos portantes y son impulsadas uniformemente por 3 a 6 motorreductores con una potencia de 1 a 2kW cada uno. Los accionamientos son conmutables para marcha a la derecha y marcha a la izquierda y son de dos velocidades.

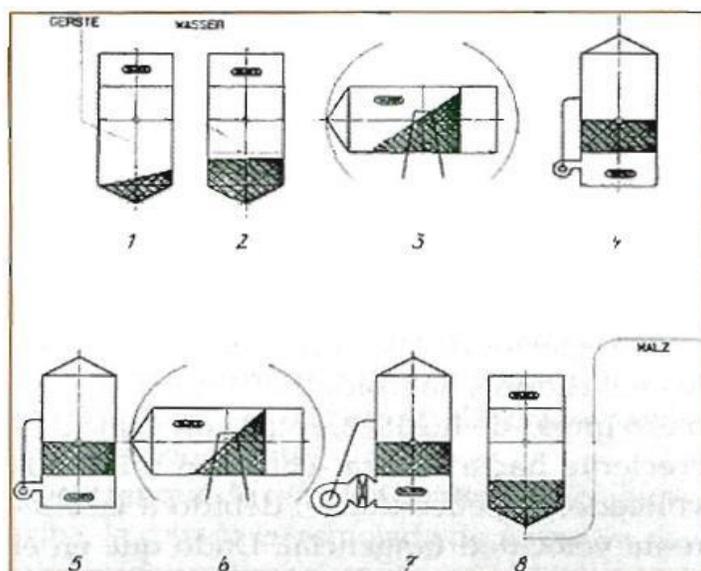
El aparato de carga y descarga, que puede ser subido y bajado, consiste esencialmente de un transportador sinfín horizontal, que transporta el producto de afuera hacia adentro o viceversa, según la necesidad. Este proceso dura una hora cada vez (Kunze, 2006).

Estos equipos de gran utilidad y con sistemas modernos que actualmente se ocupan en la industria maltera son muy útiles y de gran rendimiento a pesar de las grandes cantidades que producen de malta por año. Pero existen otras posibilidades para pequeñas malteras (de restaurante) utilizando un solo equipo en el cual se realizan todos los procesos en él como el sistema Hauner.

1.5.5 Malteado Uni-Cont

Sistema Hauner, Diespeck

Un tipo de malteado interesante desde el punto de vista termodinámico, pero que solamente puede ser tenido en cuenta para cantidades pequeñas, es el malteado Uni-Cont, según Hauner. En éste, todos los procesos son realizados en un recipiente giratorio (Kunze, 2006).



Fuente: Kunze, 2006

Figura 17.
Malteado Uni-Cont (sistema Hauner)

- (1) Llenado
- (2) Remojo
- (3) Volteo
- (4) Remojo seco
- (5) Germinación
- (6) Volteo
- (7) Tostado
- (8) Extracción de la malta

La cebada es remojada en el recipiente de hasta 3,5 m de altura (2), siendo utilizada en esto para la distribución uniforme del agua (3) y se remoja en seco, según un programa predeterminado (4), siendo evacuado CO₂ y substituido por aire fresco. La germinación y volteo ocurren de la misma forma (5+6). Para el tostado (7), se realiza la conexión para el suministro de aire caliente controlado. Para la extracción de la malta (9), se invierte el recipiente, de manera que el cono quede abajo y se vacía a través de este último (figura 17). La instalación se construye para tamaños del orden de 3.8 t de carga de materias primas; esto corresponde a una producción anual posible de 130 t = 7600 hl de cerveza y alcanza así dimensiones que son de interés para cervecerías de restaurante (Kunze 2006).

2. METODOLOGIA.

Problema: Estandarización de condiciones de proceso y dimensionamiento de una planta piloto para la elaboración de malta a partir de cebada.

Objetivo general: Estandarizar las condiciones de proceso de elaboración de malta de cebada mediante pruebas a nivel laboratorio para dar un valor agregado a la materia prima de los productores de cebada y dimensionar una planta piloto.

Objetivo particular 1: Mediante el seguimiento de la norma NMX-ff-043-SCFI-2003, determinar los parámetros de calidad de cebada maltera para llevar a cabo la elaboración de malta.

Objetivo particular 2: Establecer las condiciones de proceso de la elaboración de malta de cebada a partir de pruebas analíticas a nivel laboratorio para conocer los parámetros de proceso.

Objetivo particular 3: Mediante pruebas analíticas, determinar las características de la malta como viscosidad, recuperación maltera, Extracto de molienda fina y gruesa, %Humedad, pH, Proteína soluble, Aspecto, Tiempo de conversión de Almidón en azúcares, índice de kolbach, poder diastático y análisis de contenido de α -amilasa, para conocer la calidad maltera

Objetivo particular 4: Dimensionar una planta y los equipos de procesos necesarios para la elaboración de malta de cebada mediante la aplicación de las condiciones del sistema.

En la siguiente figura se muestra el cuadro metodológico (figura 18) con las actividades realizadas.

Cuadro metodológico

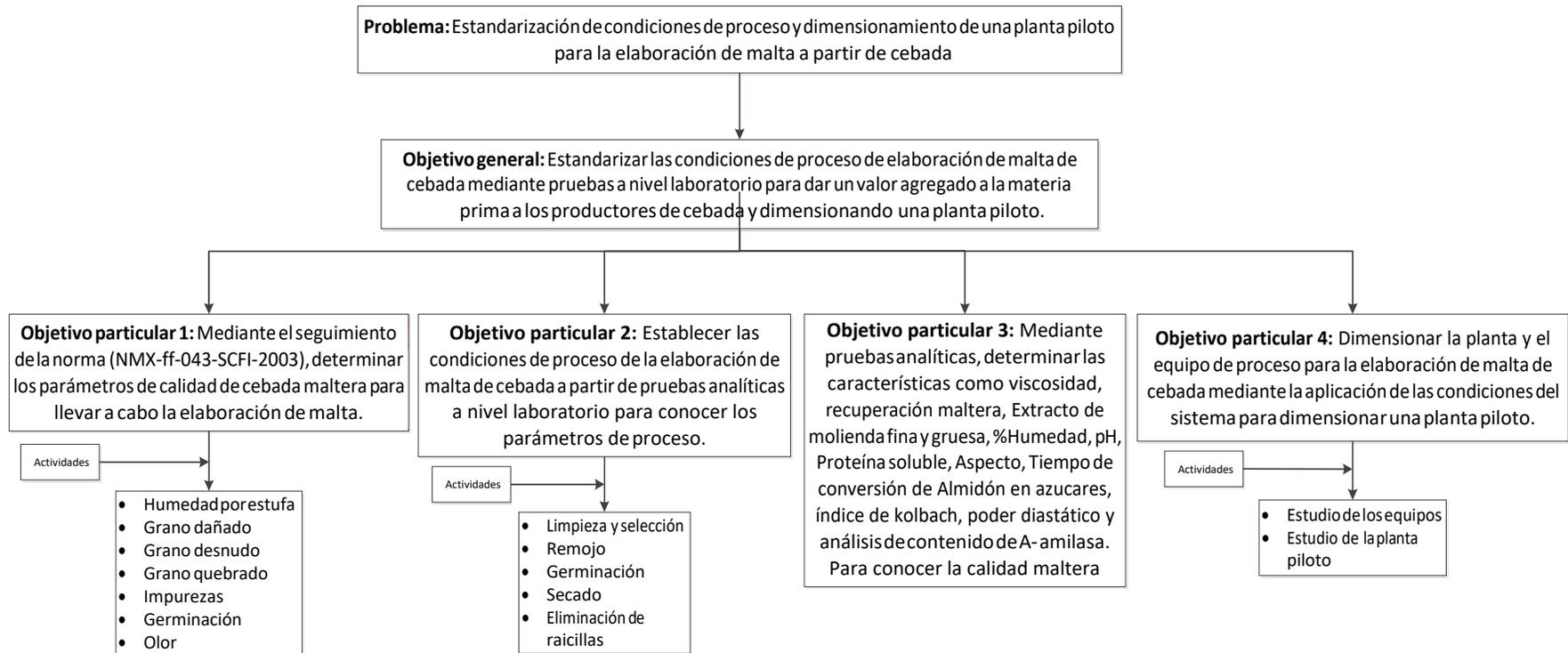


Figura 18: Cuadro metodológico

2.1.1 Humedad por estufa.

El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de agua, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire (NMX-FF-043-SCFI-2003).



Figura 19. Estufa utilizada en esta prueba.

2.1.2 Grano dañado.

Comprende a todos los granos que presentan alteraciones y que se detectan visiblemente, producidas por calor, insectos, microorganismos, inmaduros, germinados y dañados por factores meteorológicos (NMX-FF-043-SCFI-2003).

2.1.3 Grano desnudo.

Es el grano que habiendo sido clasificado dentro del tamaño para uso maltero ha perdido más de una tercera parte de la cáscara que lo cubre. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se tomaron 50 gramos de muestra, se separó y se pesó el grano en buenas condiciones del grano dañado, se calculó el porcentaje mediante una correlación masa-masa que no excediera lo establecido por la norma.

2.1.4 Grano quebrado.

Son pedazos de grano que habían quedado clasificados dentro del tamaño para uso maltero. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se tomaron 50 gramos de muestra, se separó y se pesó el grano en buenas condiciones del grano dañado, se calculó el porcentaje mediante una correlación masa-masa que no excediera lo establecido por la norma.

2.1.5 Impurezas.

Cualquier cuerpo o material extraño distinto al grano de cebada (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se tomaron 50 gramos de muestra, se separó y se pesó por separado el grano en buenas condiciones y grano dañado, se calculó el porcentaje mediante una correlación masa-masa que no excediera lo establecido por la norma.

2.1.6 Germinación.

Es la aptitud del grano para iniciar el desarrollo de su embrión. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se colocaron 50 granos de manera intercalada sobre papel para germinación envolviendo los granos, humedeciéndolo y colocándolo en una incubadora durante 5 días y observando cuantos granos germinaron calculándose el porcentaje.

3.1.7 Olor.

Los lotes de cebada maltera deben tener el olor característico del grano limpió, libre de olores extraños (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se realizó un muestreo a cuatro partes diferentes del saco y a cada muestra se realizó una prueba sensorial olfativa la cual se caracteriza por un olor fuerte con cierta característica ácida y pasto seco.

El proceso de selección se muestra en la siguiente figura 19 mediante un diagrama de bloques.

2.2 MUESTREO (NMX-FF-043-SCFI-2003).

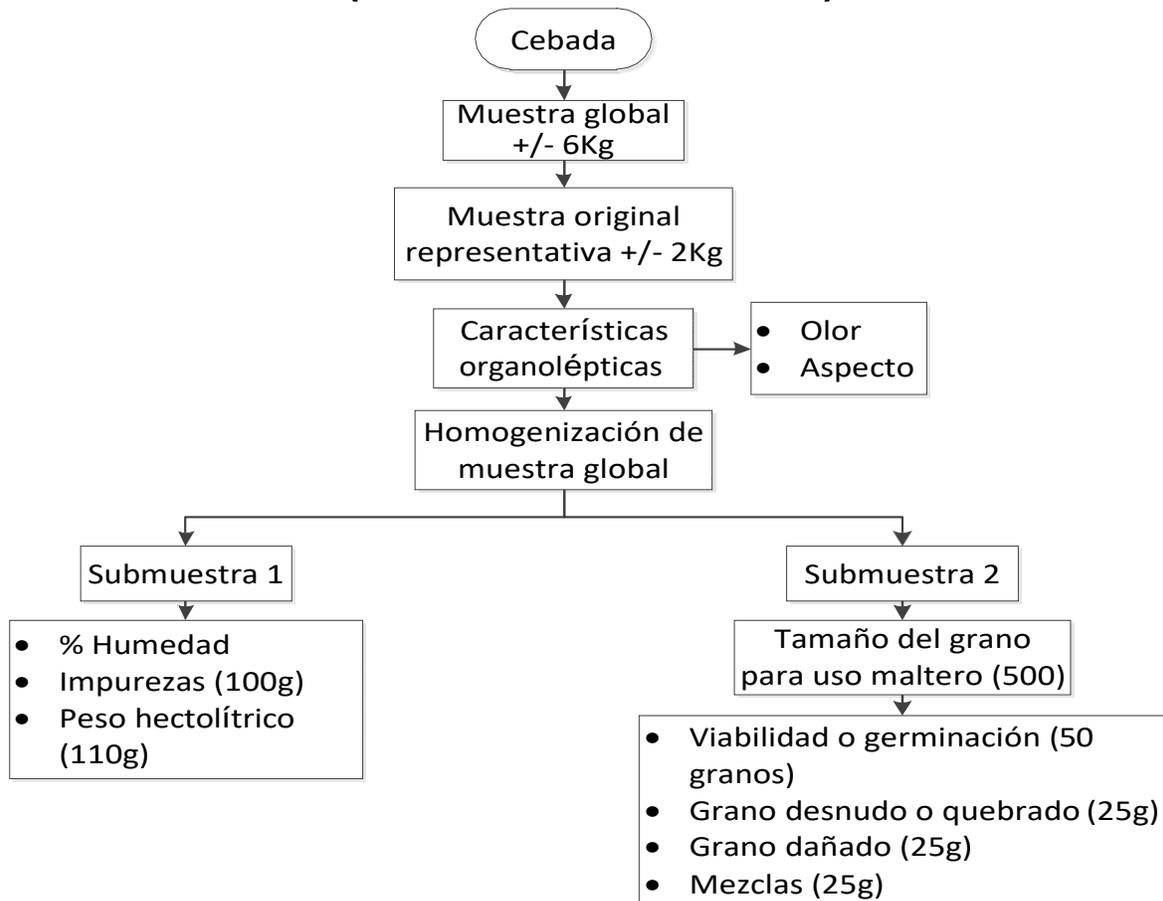


Figura 19: Diagrama de bloques del proceso de selección

El muestreo es la obtención de una porción representativa del material que se evalúa.

Las muestras obtenidas se clasifican en primaria, global y original representativa para análisis.

Muestra primaria: Es la cantidad de grano que se obtiene en cada picada del calador en el lote.

Muestra global: Es la cantidad de grano que se obtiene reuniendo y mezclando las muestras primarias.

Muestra original representativa para el análisis: Es el grano que se obtiene por reducción de la muestra global y que es representativa de todo el lote. Esta cantidad debe ser suficiente para efectuar los análisis en el laboratorio

2.2.1 Equipo y materiales para el muestreo. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Muestreadores.

Cónicos de mano para grano encostalado.

2.2.1.1 Homogeneizador borner.

Los homogeneizadores son aparatos que se utilizan para el mezclado y la reducción de la muestra global, con el fin de obtener la muestra original representativa para análisis. Se sugiere utilizar un aparato homogeneizador divisor.

2.2.2 Procedimientos de muestreo de granos. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

El manejo de la cebada maltera se efectúa a granel tanto en unidades de transporte como en locales almacenadores. El muestreo se realiza con una muestra representativa de 2 Kg, esto se efectúa tomando muestras aleatorias de un costal.

2.2.2.1 Homogeneizador.

Se utilizó un homogeneizador borner para obtener dos submuestras representativas.

Cuando se utiliza el homogeneizador divisor, antes y después de homogeneizar la muestra se debe golpear con las manos ligeramente en sus costados para eliminar las impurezas que hayan quedado en su interior.



Figura 20. Homogeneizador borner, utilizado en muestreo.

La muestra se pasó tres veces por el homogeneizador divisor para homogeneizar la muestra original y se obtuvieron dos submuestras representativas (figura 20) de aproximadamente un kilogramo cada una.

Una submuestra 1 (recipiente No. 1) se utilizó para determinar el contenido de humedad, el contenido de impurezas y el peso por hectolitro.

La otra submuestra (recipiente No. 2) se utilizó para determinar el grano de tamaño para uso maltero, la viabilidad o germinación, los granos desnudos y/o quebrados, las mezclas y el grano dañado.

2.2.2.2 Peso hectolítrico.

Es el peso de un hectolitro de grano expresado en kilogramos, de la muestra original libre de impurezas. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se tomó la medición en un “OKAUS” (balanza especial para realizar la operación).



Figura 21. Balanza semifija para peso hectolítrico.

La balanza fija o semifija está provista de una tolva cónica con una válvula de salida que debe utilizarse para el llenado del recipiente de la balanza (figura 21). La salida de la tolva debe estar situada sobre el centro del recipiente a una distancia de 5 cm, medida del extremo inferior de la salida de la tolva al borde superior del recipiente. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

2.2.3 Limpieza y selección.

Comprobar tamaño uniforme del grano, si se encuentra libre de materias extrañas tales como otras semillas, granos rotos, heces de roedores, piedras, etc.

Para limpiar la cebada se debe eliminar cualquier sustancia ajena a la misma, así como granos dañados, vanos, inmaduros, chupados o verdes que pudiesen existir (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Se utilizaron 100 g de muestra por réplica (3 réplicas) de las cuales se separaron en grano dañado, grano quebrado, fragmentos de insectos y basura para verificar que la muestra cumpla con los parámetros requeridos por la NMX-FF-043-SCFI-2003

2.2.4 Germinación o viabilidad del grano.

Es la aptitud del grano para iniciar el desarrollo de su embrión.

Fundamento.

Determinación de la cantidad de granos de cebada maltera que está en condiciones de iniciar el desarrollo de su embrión (NMX-FF-043-SCFI-2003).

Procedimiento.

La prueba de germinación se lleva a cabo con la fracción de la muestra de granos pura, se homogenizan y se toman cuatrocientas semillas al azar, en repeticiones de 50 semillas, para evitar que se amontonen o se contaminen de microorganismos que puedan alterar los resultados como se muestra en la figura 22. Las semillas se colocan entre papel de germinación.

Posteriormente se enrollan como un taco, dejando la parte doblada por debajo.

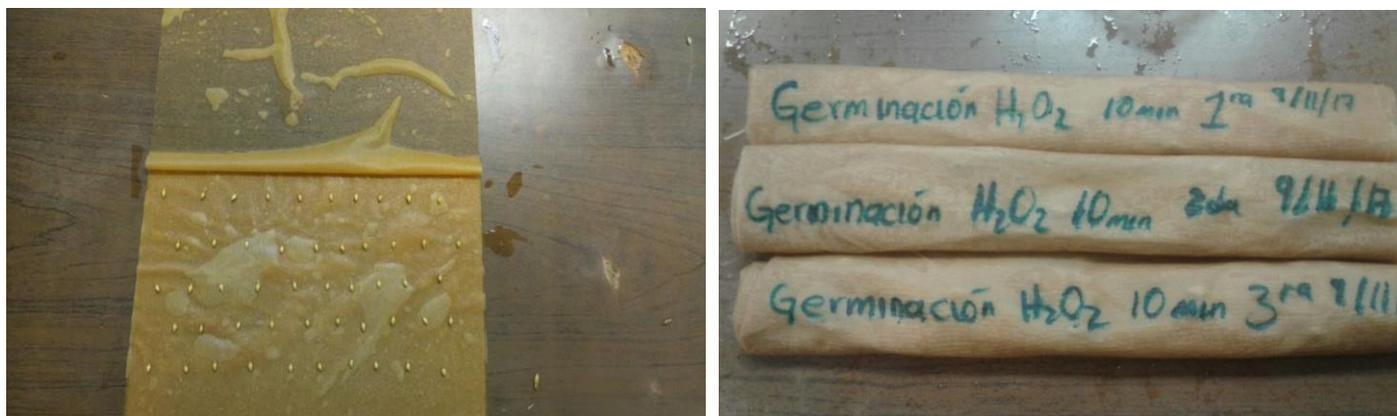


Figura 22. Papel de germinación para prueba de viabilidad.

Se rotulan y se meten en bolsas de plástico con las puntas cortadas, para evitar acumulación de agua.

Se colocaron en posición vertical en cajas de plástico, las cuales se guardan en una cámara de germinación a 25 °C a una HR de 90-95 %, lo más cercano a la saturación.

El sustrato debe estar lo suficientemente húmedo para suplir las necesidades de agua de las semillas. La adición de agua después de establecida la prueba de germinación, depende de la evaporación de esta en la cámara de germinación (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera. 2016).

La duración de la prueba es de 7 días. Se realiza un conteo a los 5 días de la prueba y otro conteo al final de esta.

Para considerar un grano adecuado deben cumplir con especificaciones dadas por la NMX-FF-043-SCFI-2003 que a continuación se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Parámetros máximos permitidos en granos. Esto dado por la norma. (NMX-FF-043-SCFI-2003).

| PARAMETROS | ESPECIFICACIONES |
|----------------------------|---|
| Humedad | Entre 11.5 y 13.5% |
| Granos quebrados | Máximo 5% |
| Impurezas | Máximo 2% |
| Granos dañados | Máximo 10% |
| Germinación mínima | Mínimo 85% |
| Mezcla de otras variedades | Máximo 10% |
| Peso hectolitro | 56 kg/l (cebada de seis hileras) |
| Olor | Característico del grano, sin olores extraños |
| Residuos tóxicos | Sin residuos |
| Contaminantes o toxinas | Sin contaminación evidente |

2.2.5 Proteína.

Método de micro Kjeldahl

Principio: El contenido en proteína bruta de un producto es el resultado de multiplicar el contenido en nitrógeno, determinado por el procedimiento Kjendahl por un factor de transformación del nitrógeno en proteína (AOAC).

2.2.6 Humedad por termobalanza.

Se realizó la prueba de humedad inicial por termobalanza (figura 23) para medir la humedad de grano ya que es necesario para las pruebas preliminares para la obtención de temperatura óptima de remojo. Posteriormente se realizó una curva de tiempo vs humedad para conocer la absorción de agua del grano durante el remojo.



Figura 23. Termobalanza utilizada para curva de remojo.

Se realizan las pruebas de calidad maltera para comprobar su eficiencia en la elaboración de la malta. En la siguiente figura se muestran las diferentes pruebas que se realizaron para verificar su calidad y ver si las condiciones de proceso fueron las ideales.

2.3 PRUEBAS DE LA MALTA.

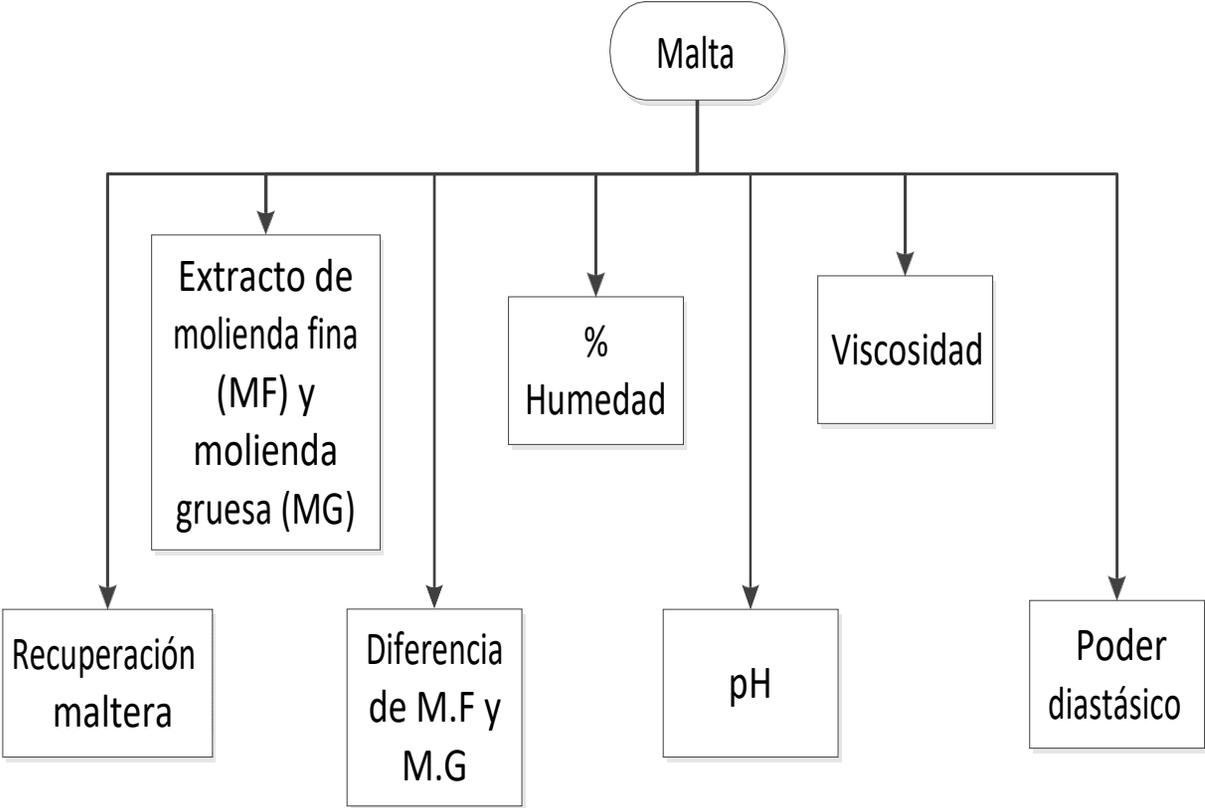


Figura 24: Cuadro de las pruebas de calidad maltera

2.3.1 Recuperación maltera

Este es uno de los primeros parámetros a evaluar en la malta, en esta prueba se elimina la raíz y la plúmula, así como la cascarilla floja. Se refiere al peso de malta recuperado y expresado en porcentaje base seca, es decir, lo que se cuantifica es el peso de malta obtenido. Pérdidas mayores de 10% traen como consecuencia una disminución en el rendimiento en extracto (Figueroa, 1985).

Procedimiento

Se frota 100 g de malta suavemente con la mano en una criba 5/64" con perforaciones oblongas, (para eliminar raíz, plúmula y cascarilla).

Cálculo.

El porcentaje de recuperación maltera se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Recuperacion Malta} = \frac{\text{peso de la malta limpia (BH)} \times (100 - H)}{\text{peso de la cebada (BS)}}$$

Donde:

BH = Base Húmeda

BS = Base Seca (peso de la cebada antes del malteado)

H = Humedad

3.3.2 Extracto de molienda fina y gruesa.

La determinación de extracto se realiza a partir de la gravedad específica de un mosto proveniente de una muestra de cebada malteada, cuya humedad se ha determinado previamente (NTC1119, 2000).

- a) Equipo.

- Molino de cono para triturado fino graduado de 300 r.p.m. y de rodillo para triturado grueso graduado a 150 r.p.m. También se puede utilizar como alternativa un molino de disco para molienda fina (Analytica- EBC, 1987).
- Tamiz 595 μm (No. 30 serie Tyler).
- Vasos de maceración de níquel puro, acero inoxidable o latón, de dimensiones tales que durante la molienda aseguren una conexión hermética entre estos y el molino.
- Aparato de maceración: Se emplearán vasos, agitadores y soldaduras hechas del mismo metal. La cuchilla del agitador debe estar a 2 mm de la base y a 5 mm de las paredes del vaso. El agitador debe operarse a velocidad constante entre 80 r.p.m. y 100 r.p.m. La agitación mecánica debe hacerse en un baño de agua con control de temperatura.

b) REACTIVOS.

- Solución de yodo 0.02 N: Se prepara disolviendo 1.27 g de yodo y 2.5 g de yoduro de potasio, en 20 ml de agua destilada y diluyendo a 500 ml con agua destilada.
- La solución debe prepararse mensualmente, almacenarse en un lugar oscuro. Para el uso diario, se tiene una pequeña porción en un frasco gotero, pequeño, de color ámbar.

NORMALIZACION DEL MOLINO.

Se determina con una malta de las características indicadas en el cuadro 3 y de acuerdo con los procedimientos indicados en calibración del molino para molienda fina y gruesa.

Cuadro 3. Características de la malta para la normalización del molino.

| Requisitos. | Limites. |
|---|---|
| Variedad | Malta hecha de variedades de cebada de 6 hileras. |
| Humedad en % | 4.2 – 4.8 |
| Extracto molienda fina de malta, en base seca, en % | 74.0 – 77.0 |
| Color Lovibond del mosto, celda ½ pulgadas, serie 52 grados Lovibond | ≤ 1.8 |
| Fuerza diastática en base seca, en grados L | ≥ 100 |
| Proteínas solubles en base seca (Índice de Kolbach). | 36 – 42 |
| Harinosidad en % | |
| Vidrioso | ≤ 5 |
| Harinoso | ≥ 90 |
| Crecimiento del acróspiro en % | ≤ 5 |
| 0 – ¼ del grano | ≥ 80 |
| ¾ - 1 | ≤ 5 |
| Sobre crecimiento | |

Fuente: NTC1119, 2000

CALIBRACION DEL MOLINO PARA MOLIENDA FINA (MOLIENDA DE CONOS).

Se muelen 51 g de malta de las características indicadas en el cuadro 3, en un vaso de maceración. Se mezcla bien la malta así molida y se tamizan 50 g exactos a través del tamiz No. 30. Se agitan en un plano horizontal durante 30 min golpeando cada 15 segundos en la cubierta de la mesa o empleando un rotap. Se retira el fondo y la tapa y se agita el tamiz por encima de una hoja de papel hasta que no caigan más partículas. Se considera que el molino que queda en el tamiz es de 4.5 g a 5.5 g, es decir, del 9% al 11%. El molino debe ajustarse con la debida frecuencia para mantener su exactitud.

CALIBRACION DEL MOLINO PARA MOLIENDA GRUESA (MOLINO DE RODILLOS).

Se procede igual a como se hizo en el caso anterior. Se considera que el molino tiene un ajuste normal cuando la porción de malta molida que queda en el tamiz es de 37 a 38 g, es decir, igual al 74% - 76% (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

CALIBRACION DEL MOLINO DE DISCO.

Se coloca el anillo de ajuste del molino en posición “molienda fina” o en posición “Molienda gruesa”. Se agregan 52 g de cebada malteada patrón, manteniendo el motor encendido y se muelen.

Se pesan 50 gramos de cebada malteada patrón molida y se transfieren a un cernidor mecánico “rotap” (figura 23) y se tamizan la muestra sobre la malla número 30 durante 3 minutos (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).



Figura 25. Rotap (Martínez y Jiménez 2016).

Posteriormente se pesa la cebada malteada retenida sobre la malla número 30. Para molienda fina esta debe ser de 4.5 g a 5.5 g ($10 \% \pm 1 \%$) y para la molienda gruesa debe ser 37 g a 38 g ($75 \% \pm 1 \%$).

Si los porcentajes retenidos no corresponden se reajusta la posición del tornillo de calibración del molino.

PROCEDIMIENTO

Preparación de la muestra por molienda fina

Se pesan 55 g de la muestra aproximadamente, y se muele en el molino fino o de disco ya normalizado. Se recoge la Malta molida en un vaso tarado para la determinación del extracto, haciendo bajar por medio de un cepillo todas las partículas adheridas al molino. Inmediatamente se coloca el vaso con su contenido en la balanza y se ajusta la masa de Malta a $50 \text{ g} \pm 0.05 \text{ g}$ trasladando el exceso a un pesa-sustancias tarado para determinar la humedad (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

Preparación de la muestra por Molienda gruesa

Se pesan 50.5 g de la muestra y se muele en el molino grueso o de disco ya normalizado. Se recoge la Malta así molida en un vaso tarado para la determinación del extracto haciendo bajar por medio de un cepillo todas las partículas adheridas al molino. Inmediatamente después se coloca el vaso con contenido en la balanza y se ajusta la masa de Malta a $50 \text{ g} \pm 0.05 \text{ g}$ retirando el exceso (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

2.3.2.1 Extracto molienda fina

Extracto de molienda fina: es el contenido de sustancias solubles obtenidas de la maceración de Malta, de la Molienda fina filtrada y cuantificada a partir de la gravedad específica. Este extracto es el factor primordial que considerar. Los materiales solubles presentes en el extracto son aproximadamente del 90 al 92%, estos materiales están constituidos por los carbohidratos como disacáridos de maltosa y generalmente dextrinas ramificadas. El resto se compone de aminoácidos, péptidos, productos de la hidrólisis de ácidos nucleicos y bajas concentraciones de compuestos fenólicos, varios lípidos, vitaminas y minerales (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

Material

- macerador

Procedimiento

Se toma una muestra de 20 g de Malta obtenida de molienda fina, los cuales se agregan en los vasos del macerador con 135 mL de agua destilada. Posteriormente se colocan los vasos en el macerador a una temperatura de 45 °C durante 30 minutos, después se incrementa la temperatura 1°C por minuto hasta llegar a 70°C. Cuando la temperatura llega a los 70°C se mantiene así durante 1 hora y al final del tiempo se enfrían los vasos y se retiran las partículas adheridas al agitador con agua destilada, posteriormente se secan los vasos y se ajusta el peso de cada vaso 180 g con agua destilada, enseguida se filtran las muestras agitando el recipiente y vaciando de una sola vez en un papel filtro de poro grande. Se regresan los primeros 25 mL del filtrado para que la velocidad de filtración sea constante (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

El filtrado o mosto obtenido se mantiene a temperatura de 20°C, posteriormente se determina el peso gravedad específica del filtrado para relacionarlo con la gravedad específica del agua, esto se hace con un picnómetro, el cual, se seca en cada pesada con una gamuza (cuero de vaca). El peso obtenido permite calcular la gravedad específica y luego obtener el porcentaje de extracto molienda fina (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

Calculo.

El extracto de molienda fina se obtiene de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$GS = \frac{PM - PV}{PA - PV}$$

DONDE:

GS = Gravedad Especifica a 20 °C

PM = Peso del picnómetro con muestra (g)

PV = Peso del picnómetro vacío (g)

PA = Peso del picnómetro con agua (g)

$$\% \text{ Extracto (BS)} = \frac{(GS \times 244.26872) - 244.038511 \times (H + 800)) \times 100}{100 - (GS \times 244.26872) - (244.03851) \times (100 - H)}$$

DONDE:

BS = Base Seca

H = Porcentaje de Humedad

Al mismo tiempo que se realiza esta prueba se puede realizar el tiempo de filtración

2.3.2.2 Extracto de molienda gruesa

Extracto de Molienda gruesa: Es el contenido de sustancias solubles obtenidas de la maceración de Malta molienda gruesa, filtrada y cuantificada a partir de la gravedad específica (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

El procedimiento se realiza en la misma forma que el extracto de molienda fina.

El extracto de Molienda grueso se calcula en base húmeda mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Extracto (BH)} = \frac{P(H + 800)}{100 - P}$$

DONDE:

E = Extracto, tal cual, en porcentaje.

P = gramos de extracto en 100 g de mosto (° plato), calculados a partir de las tablas de grado plato en función de la gravedad específica.

H = humedad de la malta, expresada en porcentaje.

DIFERENCIA DE EXTRACTOS DE MOLIENDA FINA Y MOLIENDA GRUESA

Es un indicador del grado de modificación de la malta desde el punto de vista de carbohidratos.

Una diferencia en extracto de menos de 2 puntos porcentuales es considerada una modificación satisfactoria (Briggs, 1978)

Este resultado se obtiene de la diferencia de extractos de las moliendas finas y gruesas.

La diferencia fino-grueso se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Diferencia fino - grueso} = \%E_{bsf} - \%E_{bsg}$$

DONDE:

E_{bsf} = Extracto en base seca molienda fina.

E_{bsg} =Extracto en base seca molienda gruesa.

El resultado se reporta con una sola cifra decimal.

2.3.3 Humedad.

La Malta es un material higroscópico por lo tanto la humedad debe ser de 3 a 5 % de otra manera un exceso o deficiencia de agua altera el tamaño de partículas en la molienda, dando como consecuencia diferencia de extractos no adecuados (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

En cada molienda se determina la humedad en estufa a 135 °C por media hora en cada una de las muestras como especifica (Figuroa, 1985).

Procedimiento

Regular la estufa a una temperatura constante de 130 °C

Tarar la caja de aluminio 130 °C por una hora

Pensar en una caja de aluminio 2 a 3 g de molienda fina. La pesada debe hacerse con aproximación de 4 decimales.

Distribuir la muestra en la caja de aluminio y colocar éstas dentro de la estufa a temperatura constante por una hora.

Retirar la muestra de la estufa y cerrar la cápsula. Dejar enfriar a temperatura ambiente dentro del desecador.

Pesar la caja con la muestra seca. La pérdida de peso se calcula como porcentaje de humedad.

Cálculo de Humedad:

$$\%H = \left[\frac{W_2 - W_3}{W_1} \right] * 100$$

W_1 =Peso de la muestra (g)

W_2 =Peso de la muestra húmeda (g)

W_3 =Peso de la muestra seca (g)

2.3.4 pH.

Es importante medir el pH ya que se acorta la curva de maceración, filtración más rápida, menor generación de color en el hervido, mejor rendimiento, fermentación más rápida, mejor espuma. El valor de pH debe estar entre 5.80 - 5.95, valores por

debajo de 5.7 advierten una sulfuración de la malta al secarse, a través de la cual pueden esconderse defecto de su calidad, importante para la carga y la actividad enzimática.

Una forma de medir el pH es con cintas las cuales se mojan en el líquido y cambian de color en función del pH del medio. En malta este método tiene un uso limitado dado que el color resultante puede quedar enmascarada por el color de la malta que estamos midiendo. La medición de pH en malta se realiza con un instrumento electrónico, previa hacer la medición, se debe calibrar el instrumento.

Se enjuaga con agua destilada el sensor, se introducen la solución de Malta y se toma la lectura luego de que se haya estabilizado la pantalla moviendo suavemente el sensor dentro del envase donde está la muestra. La lectura se hace directa y por triplicado (Wagner, 2005).

2.3.5 Viscosidad.

La viscosidad es causada por la presencia de beta-glucanos y pentosanos. Una alta viscosidad es indeseable porque causa problemas en la filtración y almacenamiento de la cerveza (Boan, 2009).

El valor recomendado es menor a 1.55 mPa*s

Procedimiento

La Malta se ajusta a una temperatura de 20 °C y se determina la viscosidad con un viscosímetro de Ostwald y se realiza el cálculo Como se muestra a continuación:

$$\text{Viscosidad} = \frac{(\rho \text{ del problema } \times \text{ tiempo en segundos del problema})}{(\rho \text{ del agua } \times \text{ tiempo en segundos del agua})} \times 0.01005 \times 100$$

2.3.6 Poder diastásico.

Representa la acción complementaria de dos tipos de enzimas α -amilasa y β -amilasa. Con el poder diastático podemos conocer la medida de la actividad de las enzimas de la Malta para hidrolizar los carbohidratos complejos en azúcares y

dextrinas de bajo peso molecular, dado principalmente por la acción de la β -amilasa (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

Material

- Baño maría
- matraz volumétrico de 200 ML
- embudos

Procedimiento

Se pesan 5 gramos de malta de molienda fina y se le añade 100 mL de cloruro de sodio al 0.5%, se colocan en una hidrotérmia de temperatura regulada a 20°C durante 2.5 horas con agitación cada 20 minutos. Terminado el tiempo se agita y filtra, regresando los primeros 25 mL de filtrado. Se toma un mililitro de filtrado y transfiere a un matraz volumétrico de 200 mL que contenga 100 mL de almidón a intervalos de 20 segundos entre una muestra y otra, se toma el tiempo desde que la primera gota de extracto hace contacto con la solución de almidón y se mantiene a temperatura de 20 grados en un baño maría por 27 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se retiran las muestras y 30 minutos después a cada muestra se le añaden 10 mililitros de hidróxido de sodio 0.5 N a intervalos de 20 segundos entre cada muestra con agitación para enseguida aforar con agua destilada y agitar. Se toman 5 mililitros de esta infusión almidón y se añaden a un matraz que contenga 10 mL de solución de ferrocianuro de potasio 0.05 N los cuales se tapan y colocan en una hidrotérmia de temperatura regulada a ebullición intensa por 20 minutos, al transcurrir el tiempo se retiran y enfrían, enseguida se añaden 25 mililitros de solución acético-salina y 1 mililitro de solución indicadora de almidón. Con una solución estándar de tiosulfato de sodio 0.1 normal se neutraliza la solución, el vire está dado por un color blanco (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

CÁLCULO:

$$PD (BS)^{\circ}L = \frac{(GB - GM) \times 24 \times 100}{(100 - H)}$$

DONDE:

PD = Poder diastático

| BS | = Base seca

°L = Grados linter

GB = mL de tiosulfato de sodio usado en la titulación del tratamiento blanco

GM = mL de tiosulfato de sodio usados en la titulación de la muestra

H = Porcentaje de humedad en la muestra

24 = (Tiempo en horas)

14. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE α -AMILASA

Denota el grado de dextrinización de un almidón para producción de azúcares (Briggs, 1978; Burger & Lamberge, 1978; Figueroa, 1985).

Para la determinación de α -amilasa los métodos empleados son el color fijo y tiempo variable y el método tiempo fijo y color variable (ASBC, 1996 y Figueroa, 1985).

En la siguiente figura se muestra el diagrama de proceso de elaboración de malta en los que se visualiza las condiciones del mismo y las etapas para identificar cada paso.

2.4 PROCESO DE MALTEADO DE CEBADA.

2.4.1 Diagrama de proceso.

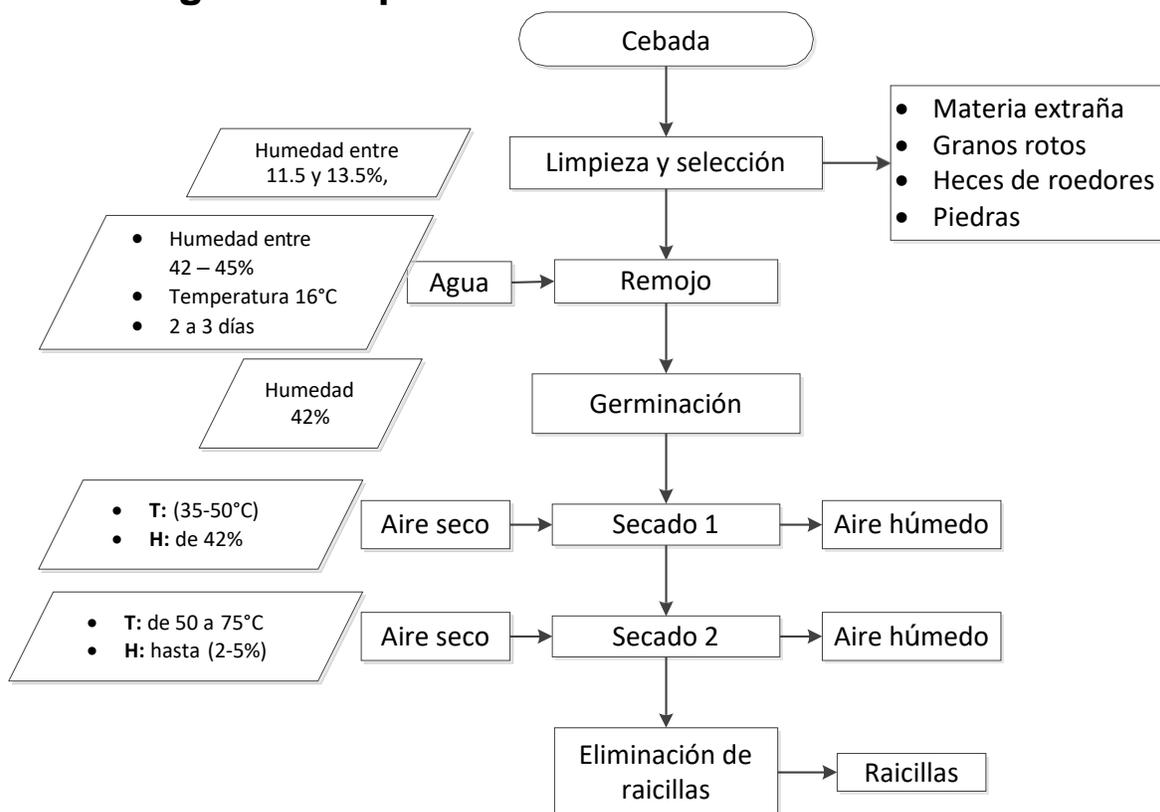


Figura 26: Diagrama de proceso de elaboración de malta.

Nota: Ver página 11 para su descripción.

2.5 PLANTA PILOTO.

2.5.1 ESTUDIO DE LA PLANTA PILOTO.

Generalidades

- a) **Nombre de la planta:** Maltera “Asociación campesina”
- b) **Función:** Elaboración de malta tipo Pilsner para la industria cervecera
- c) **Tipo de planta:** Almacenamiento, Selección, Remojo, Germinación, Secado y Ensacado

CAPACIDAD Y RENDIMIENTO

Factor de servicio: 305 días hábiles de trabajo por año

De acuerdo al artículo 123 de la “Ley Federal del Trabajo”

Artículo 76. Los trabajadores que tengan más de un año de servicios disfrutarán de un período anual de vacaciones pagadas, que en ningún caso podrá ser inferior a seis días laborables, y que aumentará en dos días laborables, hasta llegar a doce, por cada año subsecuente de servicios. Después del cuarto año, el período de vacaciones aumentará en dos días por cada cinco de servicios.

Artículo 77. Los trabajadores que presten servicios discontinuos y los de temporada tendrán derecho a un período anual de vacaciones, en proporción al número de días de trabajos en el año.

Artículo 78. Los trabajadores deberán disfrutar en forma continua seis días de vacaciones, por lo menos.

Artículo 79. Las vacaciones no podrán compensarse con una remuneración. Si la relación de trabajo termina antes de que se cumpla el año de servicios, el

trabajador tendrá derecho a una remuneración proporcionada al tiempo de servicios prestados.

Artículo 80. Los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor de veinticinco por ciento sobre los salarios que les correspondan durante el período de vacaciones.

Artículo 81. Las vacaciones deberán concederse a los trabajadores dentro de los seis meses siguientes al cumplimiento del año de servicios. Los patrones entregarán anualmente a sus trabajadores una constancia que contenga su antigüedad y de acuerdo con ella el período de vacaciones que les corresponda y la fecha en que deberán disfrutarlo.

Por ley de igual forma no se laborará los días que son puentes obligatorios: 1 de enero, 1 de febrero, 21 de marzo, 27 de marzo, 1 de mayo, 16 de septiembre, 21 de noviembre, 12 y 25 de noviembre.

Capacidad: 885 ton anuales

SERVICIOS AUXILIARES

- Agua fría→ Temperatura: 16 °C (para remojo)
- Agua fría→ Temperatura: 17 °C (para germinación)
- Vapor saturado→ Temperatura: 120 °C Presión: 2 kg/cm² (Para secado)

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del proceso pudiendo observar los equipos a utilizar para el proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO

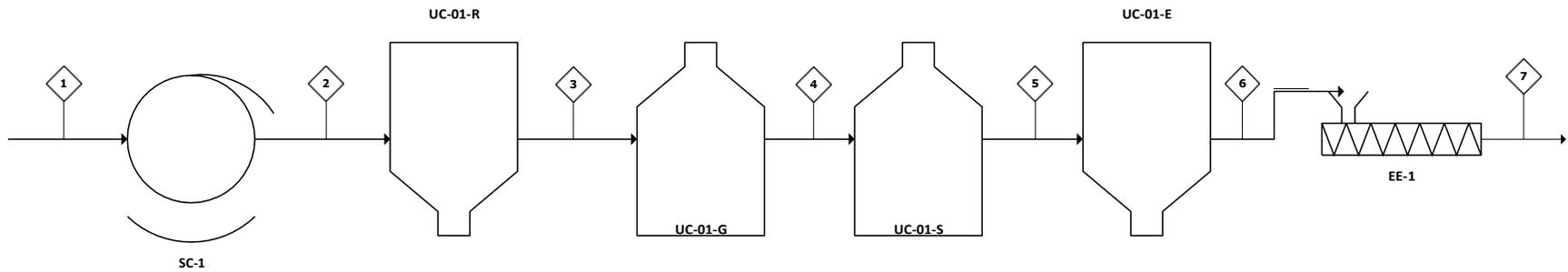


Figura 27: Diagrama de flujo de proceso de malteo.

Cuadro 4: Denotación de los equipos

| Denotación | Equipo |
|------------|----------------------------------|
| SC-1 | Seleccionador/Clasificador |
| UC-01-R | Uni-Cont Remojo |
| UC-01-G | Uni-Cont Germinación |
| UC-01-S | Uni-Cont Secado |
| UC-01-E | Uni-Cont Eliminador de raicillas |
| EE-1 | Ensacadora |

Cuadro 5: Balance de materia del proceso

| Corriente Parámetro | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------------------|------|------|-----|-------|------|-----|-----|
| Masa (Ton) | 5.35 | 5.06 | --- | 16.43 | 4.25 | 3.8 | 3.8 |
| T (°C) | 25 | 25 | 16 | 17 | 20 | 25 | 25 |

Cuadro 6: Pasos de los procesos

| Entrada | Materia |
|----------------|------------------------------|
| 1 | Cebada |
| 2 | Cebada limpia y seleccionada |
| 3 | Cebada remojada |
| 4 | Cebada germinada |
| 5 | Malta c/raicillas |
| 6 | Malta limpia |
| 7 | Malta ensacada |

Nota: Los cuadros 4,5 y 6 corresponden a la figura 27

PRODUCCIÓN

Un lote para la elaboración de malta dura 8 días siendo así que anualmente se pueden realizar 45 corridas por cada equipo. Se contará con 5 equipos (*Uni-Cont*) para la producción de malta en un sistema en el cual por cada equipo se pueden producir 3.8 ton de cebada, sí se realizan las 45 corridas anuales se podrán convertir 885 toneladas de cebada en malta.

El proceso de elaboración fue planeado de tal manera que el equipo se adapta a los espacios y producción limitados ya que un equipo de esta índole solo alcanza a procesar 3.8 ton de cebada estos dados bajo los criterios heurísticos (Kunze, 2006)

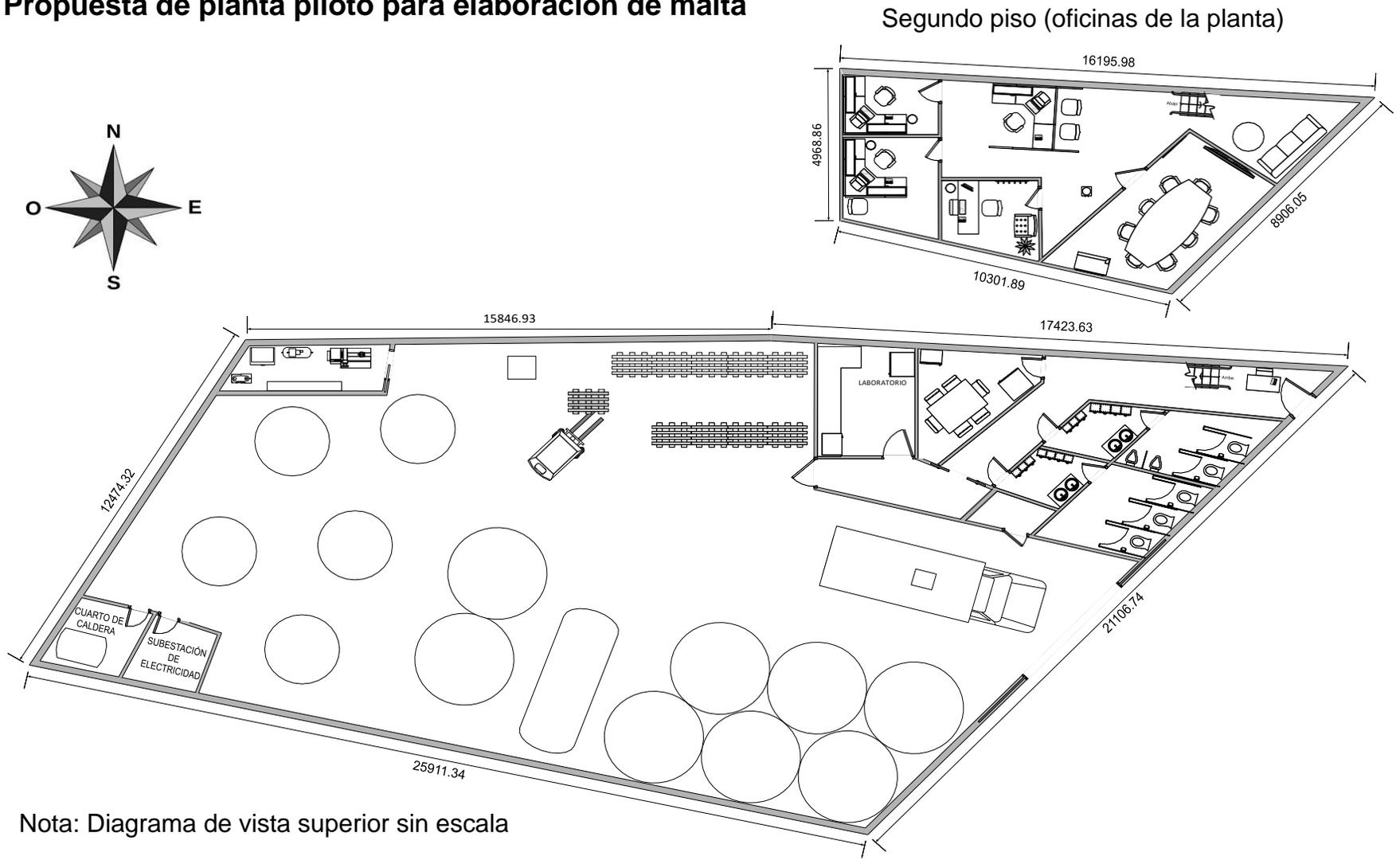
Se elaboran cinco lotes por cada ocho días haciendo una producción de 19 toneladas en dicha frecuencia mientras que los días donde se deje remojar y germinar se pueda limpiar la cebada y seleccionar y/o retirar las raicillas de la malta aprovechando los tiempos muertos.

Cuadro 7: Ingredientes necesarios para la producción de un lote

| Ingredientes | Cantidad |
|---------------------|-----------------|
| Cebada | 3.8 ton |
| Agua | 1357 L |

2.5.3.1 PLANO.

Propuesta de planta piloto para elaboración de malta



Nota: Diagrama de vista superior sin escala
(Dimensiones en unidades de cm)

Figura 28: Plano de la planta maltera

Vista satelital y coordenadas geográficas del área



Figura 29: Localización geográfica de la planta

Fuente: Google Earth, 2018

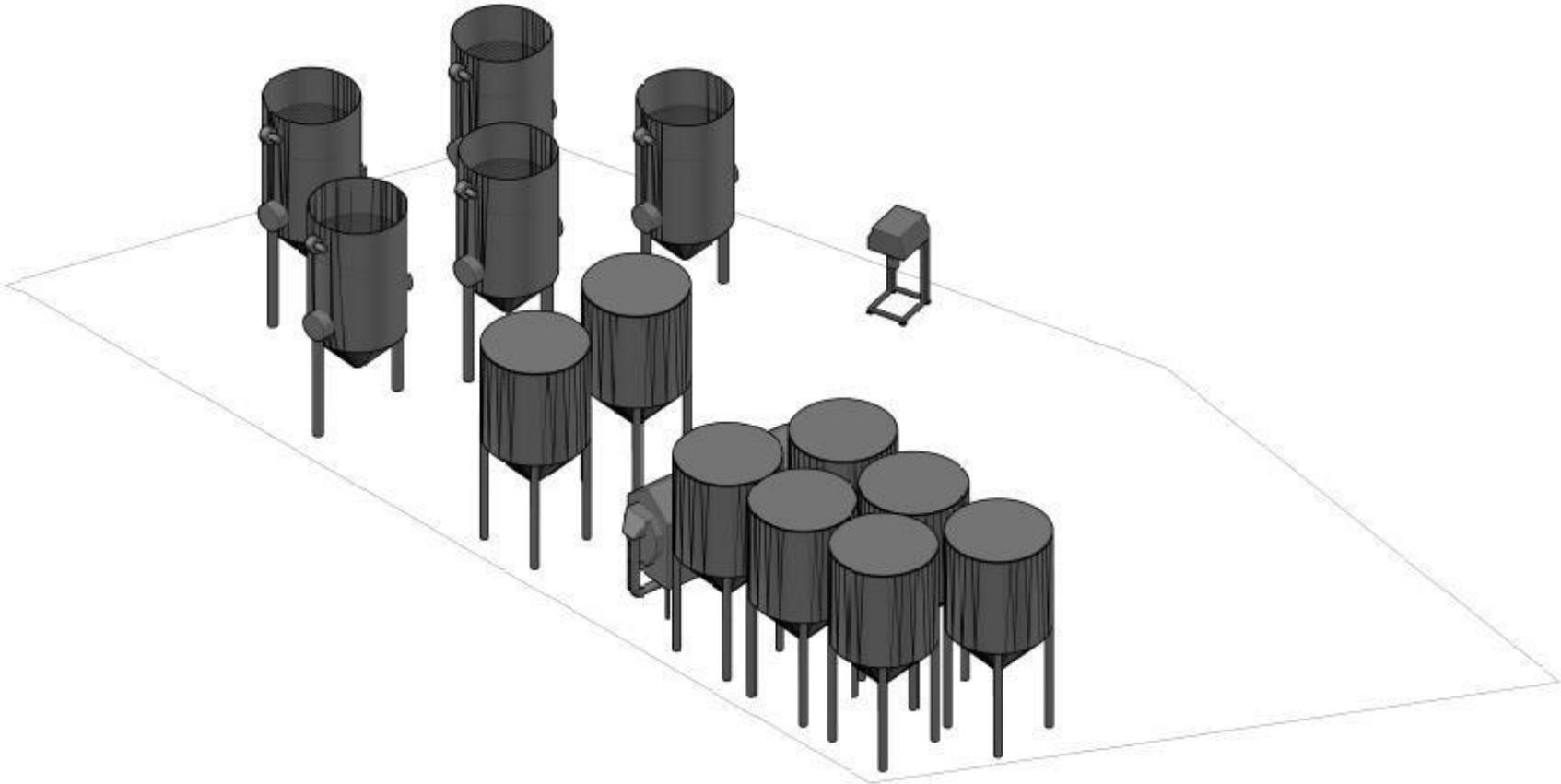
Latitud: 19°42'13.12"N

Altitud: 98°44'38.10"O

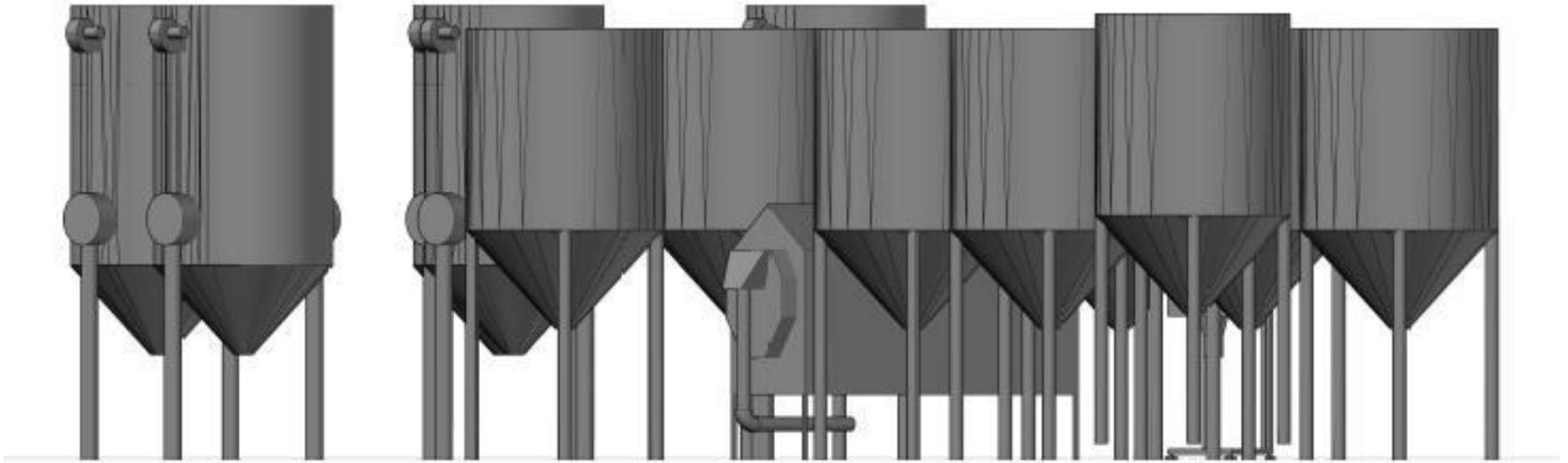
Otumba Estado de México cerca de Av. Fray Bernardino de Sahagún (direcciones a autopista CDMX y arco norte)

Suministro de agua potable municipal y con un valor de \$200,000.00 (Catastro, 2019)

Vista isométrica de la planta



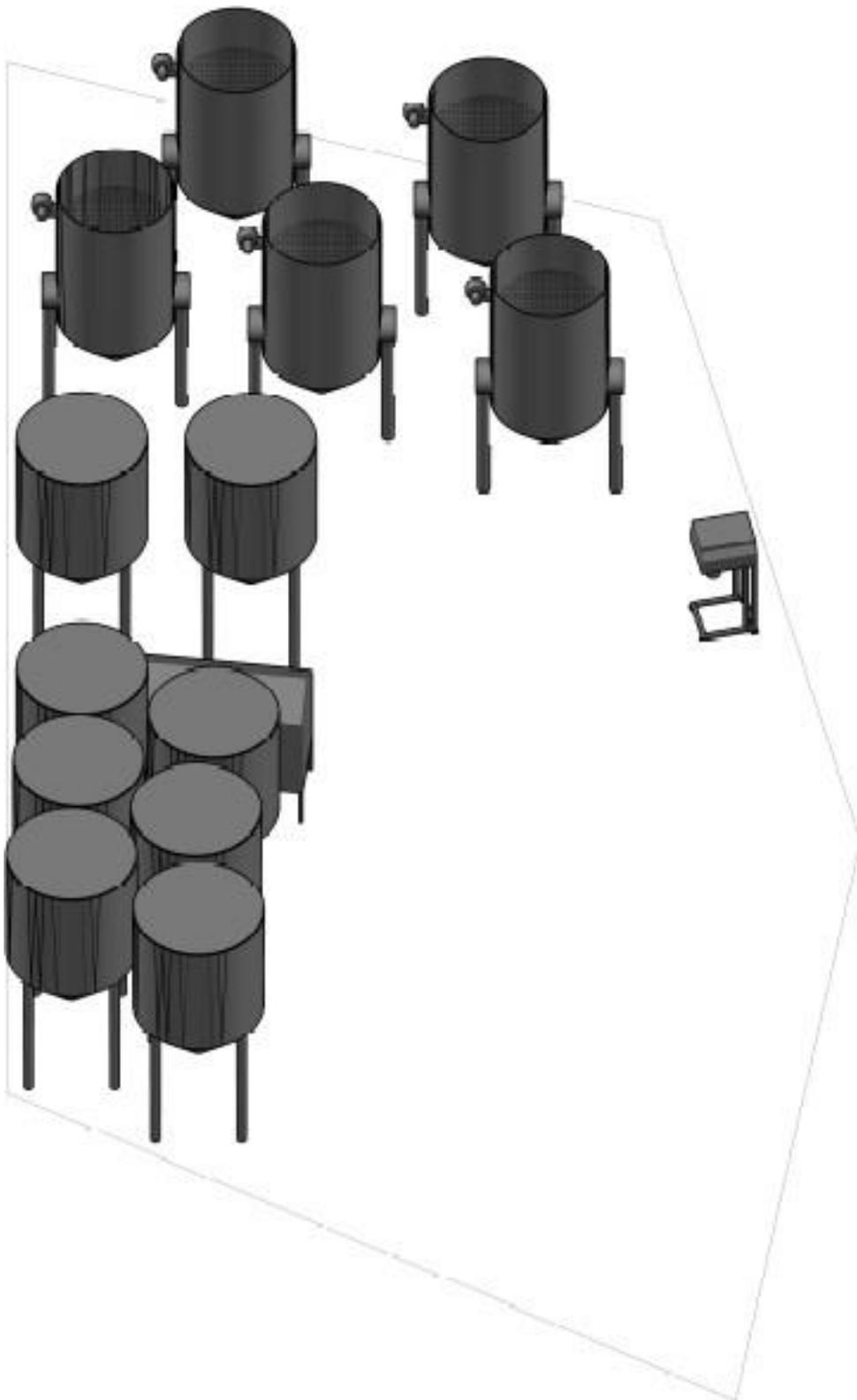
Vista frontal-derecha de la planta



Nota:

Las vistas son una representación visual de la planta procesadora de malta para identificar el acomodo de equipos.

Vista frontal-derecha



Listado y justificación de áreas.

Producción: Considerada como una de las áreas más importantes, ya que formula y desarrolla los métodos más adecuados para la elaboración de productos, al suministrar y coordinar: mano de obra, equipo, instalaciones, materiales y herramientas requeridas.

El área productiva o de fabricación es el proceso de mayor generación de valor agregado en cualquier organización. Los sistemas productivos han sido el eje de los procesos de desarrollo de las empresas de manufactura e industria alrededor del mundo.

Es el área responsable de la fabricación de los productos y de las partes componentes (Casp, 2005).

Para dar cumplimiento a la NOM-251-SSA1-2009:

Baños: La distribución de los baños será asignada de tal manera que estén lo más alejados posibles del área de producción para evitar una contaminación, esta área contará con una dimensión de 34 m². Estarán dotados de lavamanos y bebederos con llaves de cierre automático. El número de lavamanos estará en proporción de 1 por cada 10 personas. Se recomienda que estén distribuidos por toda la planta. Los obreros no deberán hacer recorridos mayores a los 30 metros. El acceso debe ser franco sin usar puertas sino trampas visuales.

Los sanitarios no deben tener comunicación directa con el área de producción. Las puertas de entrada deben poseer sistema de cierre automático.

Los baños deben estar provistos de retretes, papel higiénico, lavamanos, jabón, jabonera, secador de manos (aire o toallas de papel) y recipiente para la basura. Es conveniente que los grifos no requieran accionamiento manual.

Deberán colocarse rótulos en los que se indique al personal que debe lavarse las manos después de usar los sanitarios (Casp, 2005).

Vestidores: Se considera un número de 10 trabajadores por turno por lo que se consideró tener lavamanos en los baños porque no hay una gran capacidad de

empleados. Deberán contar como mínimo con un casillero para cada persona. Para guardar ropa, objetos e implementos de higiene.

No deberán depositarse ropa ni objetos personales en las áreas de producción (Casp, 2005).

Comedor: Es necesario para los empleados; debe contener sillas o bancas, parrillas y cafeteras. El mobiliario, así como las dimensiones dependerán del número de empleados promedio.

Se brinda el servicio de alimentos preparados, estos son preparadas en nuestras instalaciones, con todos los niveles de seguridad e higiene necesarios, los alimentos son trasladados a las instalaciones de la empresa y en servidos en el comedor.

Todos los utensilios utilizados son trasladados a la empresa y retirados para su limpieza y sanitización. Así mismo, se establece un sistema de medición de calidad, en el cual se brinda acceso aleatorio a los responsables de la empresa para supervisar en cualquier momento las instalaciones, así como la operación de la preparación y servicio de los alimentos garantizando las condiciones de la operación (Casp, 2005).

Subestación eléctrica: La industria de transformación requiere de una subestación eléctrica. Se sitúa próxima al área de producción. Será supervisada por la compañía de luz. Es fundamental la presencia de una planta eléctrica auxiliar para cubrir los desperfectos del sistema general. Esta planta no es para la producción sino para la evacuación del personal y el control de las áreas susceptibles de robos (Casp, 2005). Existen dos sistemas el de gasolina y el de batería que diferencian por su área de cobertura. El sistema de gasolina es el más extenso.

Almacén: Es una unidad de servicio y soporte en la estructura orgánica y funcional de una empresa comercial o industrial con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos.

Se prevé cubierto y descubierto. Su diseño puede ser forma cerrada o un simple cobertizo, cuando el material no exija un control estricto.

Proyectar varios locales al inicio, al medio (varios) y al final de proceso de fabricación.

La organización de la materia prima se efectúa considerando orden alfabético o numérico; almacenamiento por espacio; código de ubicación.

Las dimensiones, tipo y forma están determinadas por el flujo, tipo, cantidad y frecuencia de las entradas y salidas del producto.

Acceso de materia prima: se ubica al principio de flujo de producción y puede ser por diferentes redes viales. Será controlado por una caseta y una báscula para pesar las mercancías.

El objetivo principal del mejoramiento se enfoca en la optimización del espacio y en dotar de medios de manipulación de cargas normalmente a gran altura y con volúmenes de trabajo medios (Casp, 2005).

Oficinas: Se deben tomar en cuenta el tipo y dimensiones.

Existen dos tipos básicos: oficinas que supervisan y administran el proceso de producción, las cuales deben estar situadas cerca del mismo; y las encargadas de la venta de los productos, administración y bienestar del personal. Se deben ubicar cerca de la calle.

En caso de concentrar todas las áreas en un solo edificio, las oficinas deben estar en el primer nivel y en la planta baja se ubican las funciones relacionadas con el proceso productivo (Casp, 2005).

Laboratorio: Las tareas de control determinan el área del laboratorio. Se puede utilizar un sistema modular con el fin lograr una flexibilidad completa.

Será necesario un laboratorio de control de calidad que se ubique en el edificio administrativo o separado.

El espacio donde se lleva a cabo el control de calidad se sitúa contiguo a producción. Debe estar equipada con computadoras, laboratorio de química,

evaluación sensorial, etc. Estos elementos dependen del tipo de producción (Casp, 2005).

Recepción: Esta zona debe contar con un espacio para descarga de materia prima desde vehículos, como tráileres, etc.

Espacio libre o cubierto; esta área debe de ser amplia para maniobrar y estacionar además debe estar cerca de los almacenes (Casp, 2005).

Cuarto de mantenimiento: Comprende los locales que almacenas herramientas y material para la limpieza interna y externa de edificio para mantener la construcción en condiciones adecuadas. Generalmente se encuentra atrás o al costado de la planta (Casp, 2005).

Tanque de combustible: Deben ser en todos los casos cilíndricos horizontales de doble contención y pueden ser subterráneos, superficiales, confinados o superficiales no confinados (Casp, 2005).

Basura: Toda la basura será retirada de las áreas de preparación de alimentos tan pronto como sea posible, para prevenir olores, plagas y posible contaminación.

La basura no será cargada sobre la comida.

Los recipientes de basura son a prueba de goteo, a prueba de agua y plagas, disponen de tapas bien ajustadas.

Los basureros disponen de fundas (bolsas) plásticas para facilitar que sean retiradas de las áreas y hacer más fácil la limpieza.

Los contenedores de basura deben limpiarse completamente y con frecuencia. Los contenedores de basura deben mantenerse tapados, estos deben estar lo más retirado posible de las áreas de preparación, preferiblemente fuera del establecimiento (Casp, 2005).

Cuarto de caldera: Es una edificación independiente de una planta, dedicado a alojar una o más calderas y sus equipos auxiliares, construido según el Código de Construcción.

Pueden estar centralizadas, ser locales y estar operadas por válvulas y mecanismos de mando (Casp, 2005).

Cisterna: Es un depósito subterráneo que se utiliza para recoger y guardar agua de lluvia (aljibe) o procedente de un río o manantial. También se denomina así a los receptáculos usados para contener líquidos, generalmente agua, y a los vehículos que los transportan (camión cisterna, avión cisterna o buque cisterna). En algunos lugares se denomina también tinaco. Su capacidad va desde unos litros a miles de metros cúbicos (Casp, 2005).

Vigilancia: Se puede realizar de forma visual o apoyada en sistemas de video portero, colocados en algunos puntos estratégicos, consta de timbre de vigilante, alarmas contra robos, focos de aviso, barreras automatizadas, protección eléctrica (Casp, 2005).

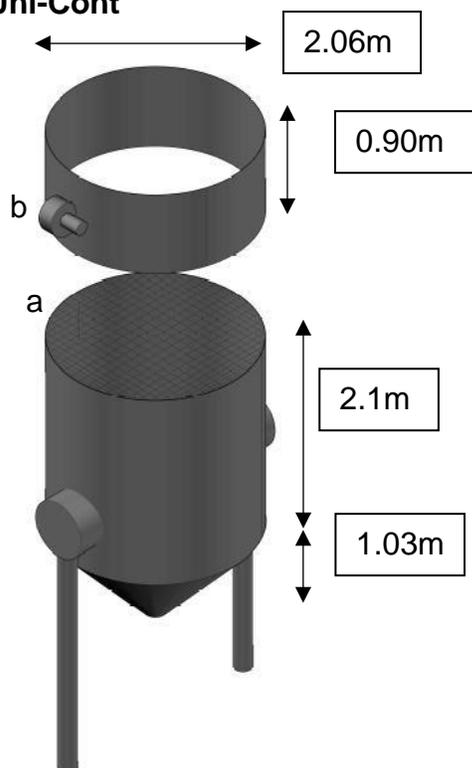
2.5.2 EQUIPOS

Ya que se cuentan con una cantidad grande de equipos estos deben ser identificados como un control preventivo en caso de alguna falla y para dar trazabilidad a la frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo, así como su ficha técnica citadas como se muestra en la tabla....

Cuadro 8: Denotación de equipos

| Denotación | Equipo | Cita |
|------------|----------------------------------|---------|
| SC-1 | Seleccionador/Clasificador | Anexo 1 |
| UC-01-R | Uni-Cont Remojo | |
| UC-01-G | Uni-Cont Germinación | |
| UC-01-S | Uni-Cont Secado | |
| UC-01-E | Uni-Cont Eliminador de raicillas | |
| EE-1 | Ensacadora | Anexo 2 |

Uni-Cont



Equipo Uni-Cont

Construido con material en acero inoxidable 316

Con rejilla para evitar la salida de la cebada en los movimientos giratorios en los procesos (a)

Cuenta con un ventilador (b) para el aire requerido en las condiciones que requiera el proceso en el cual se detalla en anexo 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 CEBADA.

3.1.1 MUESTREO

Se realizó un muestreo por triplicado contando 100 g de muestra previamente homogeneizada.

Se pesaron en cada repetición los granos dañados, quebrados, impurezas y fragmentos de insectos (cuadro 4). Dando como resultado el cumplimiento de la norma según los estándares marcados en el mismo cuadro.

Cuadro 9. Resultados y porcentaje máximo permisible

| 100g. | G. DAÑADO. | G. QUEBRADO. | IMPUREZAS. | FRAGMENTOS DE INSECTOS. |
|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| | 0.998% | 0.12% | 0.693% | 3.6 |
| POR NORMA. | Máximo 10% | Máximo 5% | Máximo 2% | Máximo 100 |

Fuente: NMX-FF-043-SCFI-200

La limpieza del grano se realizó pesando 100 gramos de muestra, de ella se separaron los granos dañados e impurezas (figura 25) para pesarlos y obtener un porcentaje.

Por lo tanto, se observa que las muestras se encuentran dentro de la norma, por lo que se procedió a efectuar los análisis planteados.

En la figura 30 puede observarse la proporción de granos dañados y quebrados obtenida de la muestra de 100 gramos utilizada.



a



b

Figura 30. Limpieza del grano: (a), grano dañado (b), grano quebrado e impurezas.

3.1.2 Germinación o viabilidad del grano.

Se realizó una prueba de viabilidad, ya que el grano cuenta con un periodo de dormancia como un sistema de defensa del grano para no germinar extemporáneamente, el cual tiene un periodo de 6 a 8 semanas después de su cosecha. Se usó un pretratamiento de peróxido de hidrógeno ya que el grano aún no pasaba su periodo de dormancia (figura 31);

Se utilizó un pretratamiento de H_2O_2 ya que se realizaron varias pruebas a diferentes tiempos y este fue el que daba una germinación a mayor número de granos.

La prueba de germinación sin utilizar tratamiento previo dio una germinación de 56%.



Figura 31. Germinación deficiente de un 56% dado por el periodo de dormancia.

Al utilizar el tratamiento con peróxido de hidrógeno la germinación se elevó hasta un 98%, lo cual era óptimo y superaba el mínimo marcado por norma de un 85% (figura 32), esto sucedió porque se produce una activación del metabolismo, incluyendo la producción de especies reactivas de oxígeno (Bailly *et al.*, 2008)



Figura 32. Granos germinados a un 98% con tratamiento de H₂O₂.

3.2 MALTEADO DE CEBADA

3.2.1 Remojo.

Se realizaron curvas de humedad vs tiempo en el periodo de remojo a diferentes temperaturas para encontrar la óptima para que el proceso llegará en menor tiempo al porcentaje de humedad requerido, el cual era de 42 %.

Se utilizaron 4 temperaturas para el proceso de remojo, las cuales fueron: 12 °C, 16 °C, 18 °C y 20 °C.

La obtención de los datos se llevó a cabo mediante una termobalanza para medir la humedad del grano quebrado durante todo el proceso obteniéndose los siguientes resultados (figura 33).

Curvas de humedad a diferentes temperaturas.

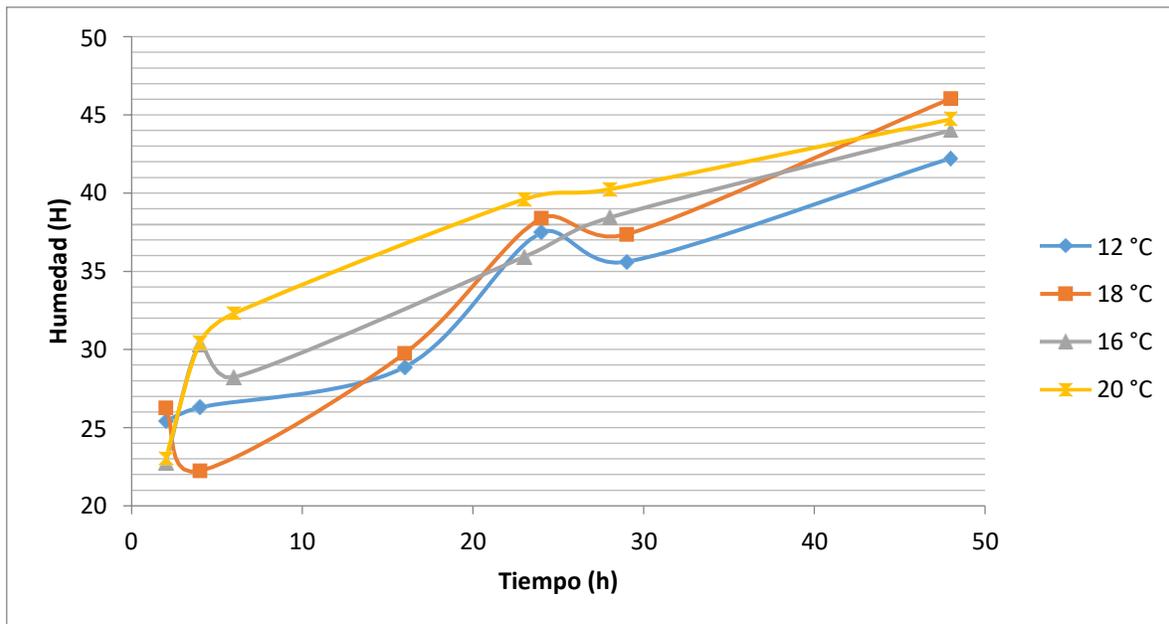


Figura 33. Curvas de absorción de agua para los tratamientos evaluados.

La velocidad de hidratación es función de la condición en que hayan crecido la cebada, de la variedad, del tamaño de los granos y de la temperatura del agua (Hough, 1990). Se llegó a la conclusión que para el proceso de remojo las temperaturas óptimas para que llegara en menor tiempo al porcentaje de humedad requerido fueron las temperaturas de 16 °C, 18 °C y 20 °C como se observa en la figura 31 ya que estas alcanzaban en menor tiempo los 42 % de humedad (Analytica EBC, 2003).

3.2.2 Germinación.

Se realizaron pruebas en una germinadora variando las temperaturas previas de remojo.

Esto se realizó usando diferentes repeticiones de muestra en una germinadora durante un periodo de tiempo de entre 3 y 6 días

En la germinación se debe controlar la temperatura a 17 °C y una aspersion de agua controlada cada 10 min.

En el tablero de control de la germinadora se van monitoreando las condiciones para que el proceso se pueda llevar a cabo bajo las condiciones mencionadas las cuales se pueden observar en la figura 33.



Figura 33. Germinadora utilizada para la experimentación.

Las charolas se colocan en los diferentes niveles del germinador después de haber concluido el remojo y se dividen en tres columnas (figura 34) para poder realizar las pruebas de germinación a cada una de ellas y obtener un promedio de los resultados.



Figura 34. Corrida realizada que se hizo a 17°C con un tiempo de aspersión cada 10 minutos durante un periodo de 6 días.



Figura 35. Resultados de la germinación en un periodo de 6 días

El crecimiento del cotiledón y de raicillas de la cebada es conocido como desagregación, de acuerdo con el grado alcanzado en el proceso de transformación, las maltas son más o menos desagregadas, de esta forma, las maltas menos desagregadas, es decir con tamaños de raicillas menores se emplean para la elaboración de cervezas claras (1.5 veces la longitud del grano), mientras que las maltas con grados mayores de desagregación son utilizadas para elaborar cervezas oscuras con raicillas de hasta 2 veces la longitud del grano, mientras que la acrospira debe alcanzar $\frac{2}{3}$ de la longitud del grano (Callejo, 2002). Con un total de 2 corridas, la primera con un periodo de 6 días de germinación se observó que el tamaño de la plúmula excede el tamaño suficiente que es de $\frac{3}{4}$ la longitud del grano como se observa en la figura 35.



Figura 36. Se observa el tamaño de plúmula con un tiempo de remojo de 4 días.

Posteriormente se modificó el periodo a 4 días como se observa en la figura 36 ya que el tamaño de la plúmula fue la ideal.

3.2.3 Secado

El proceso de secado se llevó a cabo mediante un equipo de secado BLUE M (figura 37)



Figura 37: Estufa de secado BLUE M

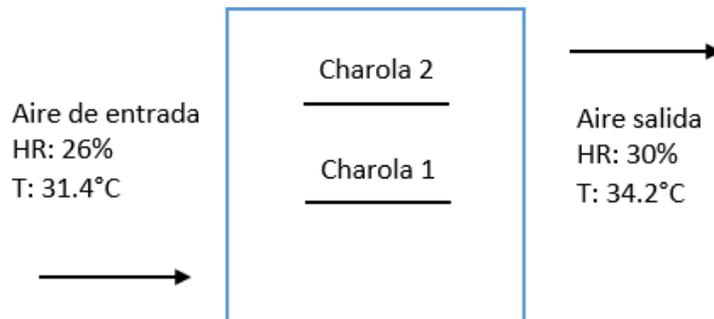


Figura 38: Condiciones de proceso de secado antes de la primera etapa

El proceso de secado se llevó a cabo colocando una charola en cada nivel de la estufa de secado, del lado donde entra el aire exterior (aire de entrada) se registraron las lecturas que nos marca el medidor de humedad relativa y temperatura marca A-VALY. Así también, se registra la temperatura de salida del aire (figura 38).

Debe de recordarse que requerirse el calor latente de evaporación se enfría significativamente el aire. Por consiguiente, se dará una cierta diferencia entre las temperaturas del aire de entrada y las temperaturas del aire de salida (Hough, 1990). En la entrada del aire únicamente se medían las condiciones antes de pasar por las resistencias de la estufa de secado y la temperatura de salida es mayor, aunque menor de la que sale por la resistencia como ya se había explicado.

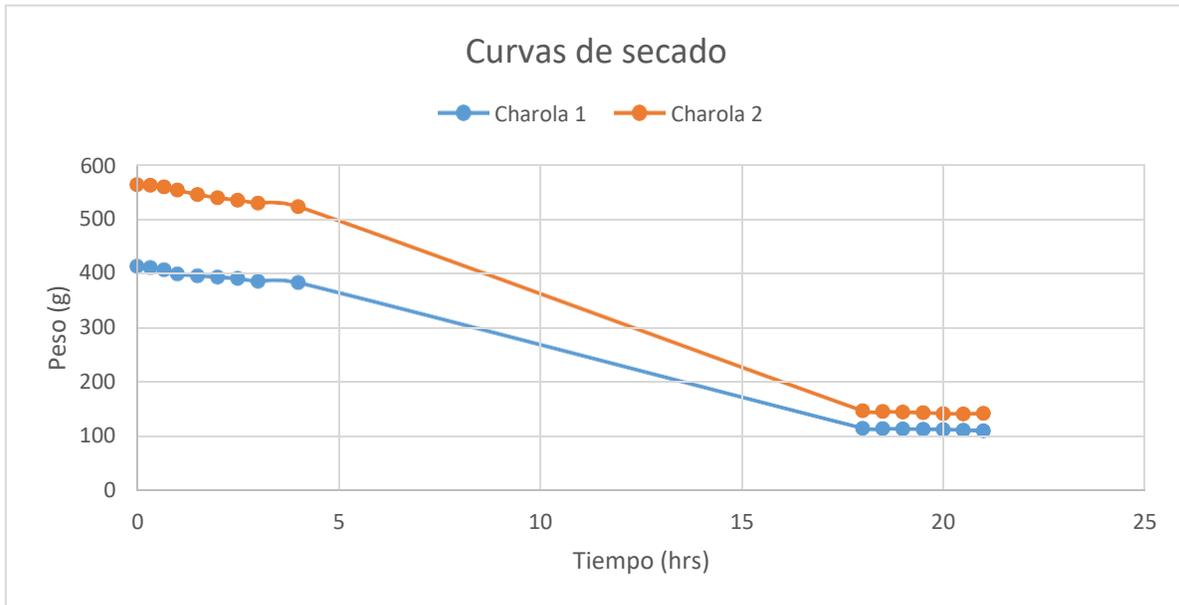


Figura 39: Curvas de secado de malta verde

En la figura 39 se pueden observar las tendencias de las curvas de secado que se realizaron los pesos en diferentes tiempos, habiendo una línea recta debido a que el laboratorio no se podía acceder después de cierto tiempo y en esa línea no se pudieron registrar las lecturas de los pesos. Dichas tendencias en las primeras 18 horas nos muestra un descenso con una pendiente más inclinada ya que en esta etapa debe haber un control de temperatura de 35 a 50°C para no desnaturalizar las enzimas que se requieren en la elaboración de la cerveza (α y β amilasa).

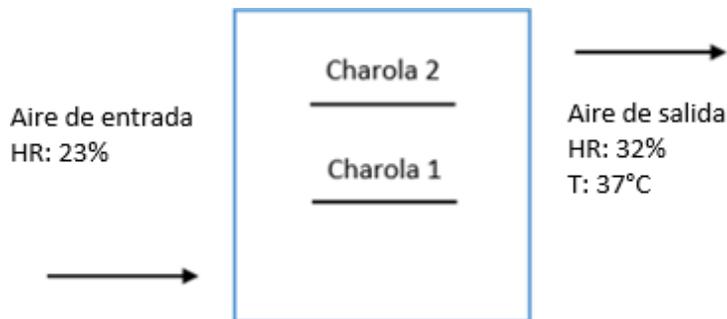


Figura 40: Condiciones de proceso de secado en la primera etapa

El secado es un proceso que requiere un riguroso control y comúnmente, se inicia a bajas temperaturas (35-50 °C), las cuales se van incrementado hasta llegar a temperaturas próximas a 75 °C para la elaboración de maltas claras (Meilgaard, 1993). En las condiciones iniciales la temperatura interna era de 34.2 °C; se prosigue a aumentar la temperatura para que sea superior a los 35 °C y los datos registrados quedan en las condiciones que se muestran en la figura 40.

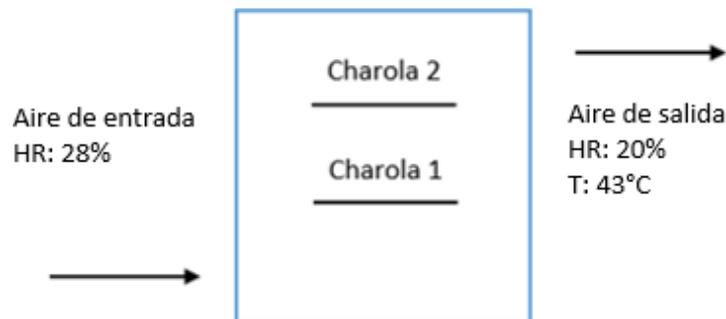
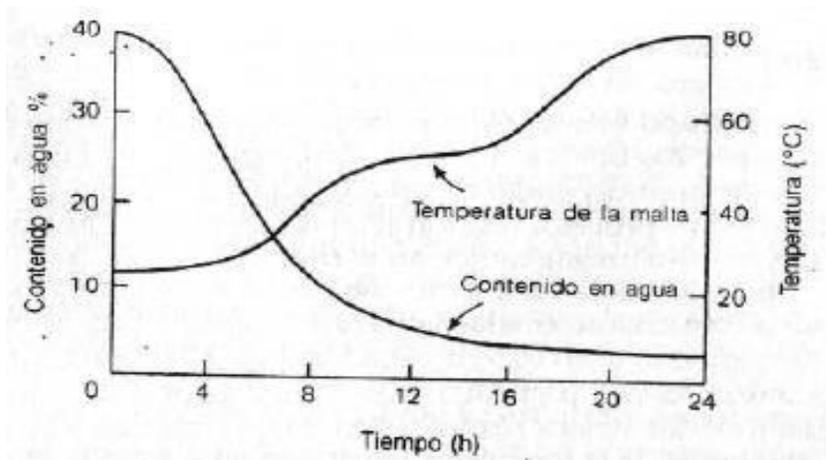


Figura 41: Condiciones de proceso de secado antes de la primera etapa

A las 18 horas las condiciones del proceso se presentan en la figura 41 y se toman muestras de malta para medir la humedad del grano obteniendo un valor del 19.2 % en promedio. Cuando se ha eliminado aproximadamente el 60 % del agua (malta con contenido en agua de 25 %), la deshidratación subsiguiente se ve dificultada por la naturaleza ligada, del agua residual. Llegando este punto de ruptura se sube la temperatura del aire de entrada y reduce el flujo (figura 42).



Fuente: Hough

Figura 42: Pérdida de agua de la malta y su temperatura durante una deshidratación en el tostadero típico de un piso.

La estabilidad térmica de las enzimas es ahora mayor que cuando la malta contenía un 45 % de agua. Cuando el contenido de agua llegue a ser del 12 % toda el agua que permanece en el grano está ligada, por lo que se sube la temperatura del aire de entrada a 65-75 °C (Hough, 1990).

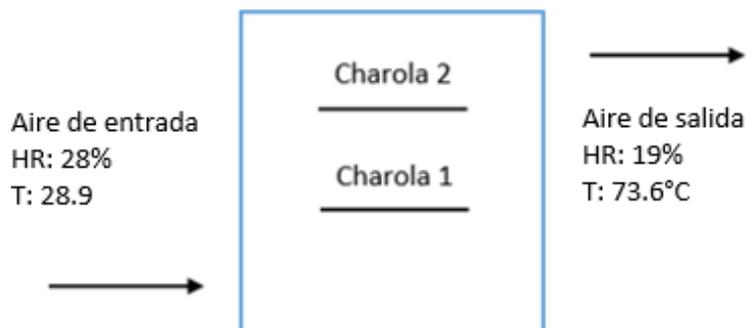


Figura 43: Condiciones de proceso de secado en la última etapa

En la figura 43 se muestran las condiciones finales del proceso a partir de las 18 horas de secado en donde se aumenta la temperatura ya que en esta etapa la extracción de agua es más lenta y por ello mayor gasto de aire. Al cabo de las 21 horas la humedad de la malta alcanza un porcentaje de 5.29, obteniendo una malta con las características ideales para posteriormente retirar las raicillas las cuales componían el 4 % del total de la malta seca haciendo de ello el porcentaje esperado según Kunze (2006).

3.3 MALTA.

3.3.1 Poder diastásico.

En la figura 44 se presenta una comparación entre la malta a diferentes temperaturas de remojo y su poder diastático respectivamente.

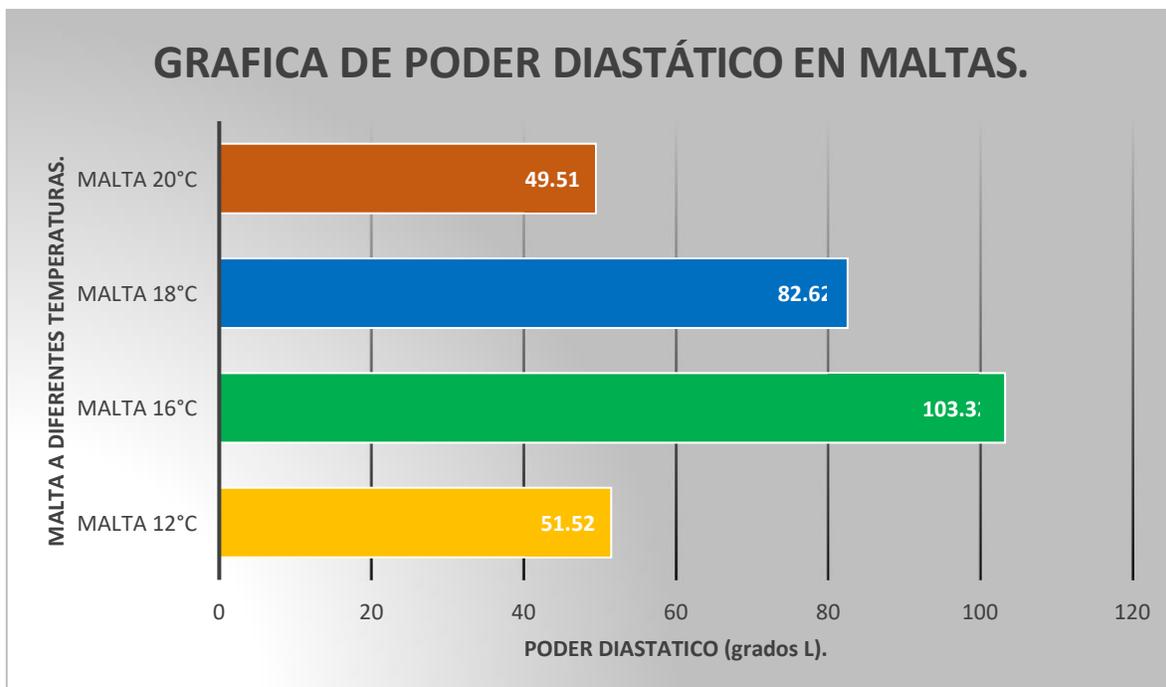


Figura 44. Poder diastático en maltas

Para que se lleve a cabo una fermentación exitosa en el proceso de elaboración de cerveza es necesario un alto poder diastático, lo recomendado teóricamente es no menos a 100 grados L. (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

Se realizaron varios procesos de malteado a diferentes temperaturas de remojo para determinar las condiciones más adecuadas para la creación y activación de dos enzimas de gran importancia que se encargarán de hidrolizar los azúcares complejos y dextrinas de bajo peso molecular.

Con los resultados obtenidos se demostró que el proceso de malteado de cebada con temperaturas de remojo de 16°C y 18°C son las más efectivas dentro de las

establecidas, esto provocado por las condiciones del remojo, ya que a esta temperatura hay una mejor captación de agua que se convierte a sí mismo en un mayor estímulo enzimático para el germen.

Por lo tanto, se optó por continuar la investigación utilizando los dos procesos de malteado en donde la temperatura beneficiaba el proceso enzimático, que fueron 16 °C y 18 °C.

3.3.2 pH.

En la figura 45 se presenta una gráfica representando los valores de pH del mosto obtenido de las maltas a temperaturas de remojo de 16 °C y 18 °C.

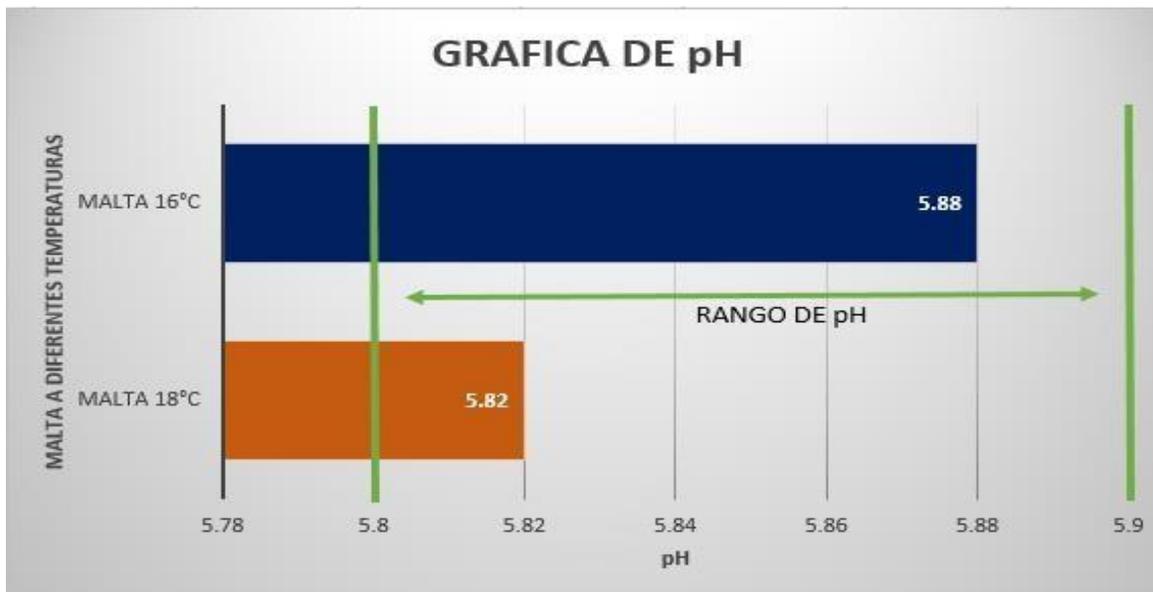


Figura 45. pH de cada muestra de mosto de 18 y 16 °C

El pH es muy importante para que las enzimas puedan llevar a cabo la conversión de los azúcares, si el valor de pH es bajo (menor a 5.7) habrá una sulfuración en la malta provocando una mayor temperatura en el secado y provocando defectos de calidad importantes.

Los valores de pH indicados para que haya una buena actividad enzimática y no se encuentren defectos de calidad es entre 5.8 y 5.95 (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

El pH influye en el macerado de la cerveza ya que en estos rangos de pH es más eficiente la actividad enzimática para la conversión de azúcares.

Aunado a eso, aunque ambas presenten un pH aceptable de la muestra de 16 °C tiene un mayor poder diastático, y de esta manera aprovechando más el pH en la maceración dado a su mayor contenido enzimático.

Al realizar la técnica de análisis por medio del potenciómetro se determinó un valor de pH de 5.82 para la malta a 18 °C y de 5.88 para la malta de 16 °C, de esta manera se mostró que ambas se encuentran dentro del límite permitido.

3.3.3 Viscosidad.

La figura 46 muestra los resultados de viscosidad obtenidos de las maltas a temperaturas de remojo de 16 °C y 18 °C.

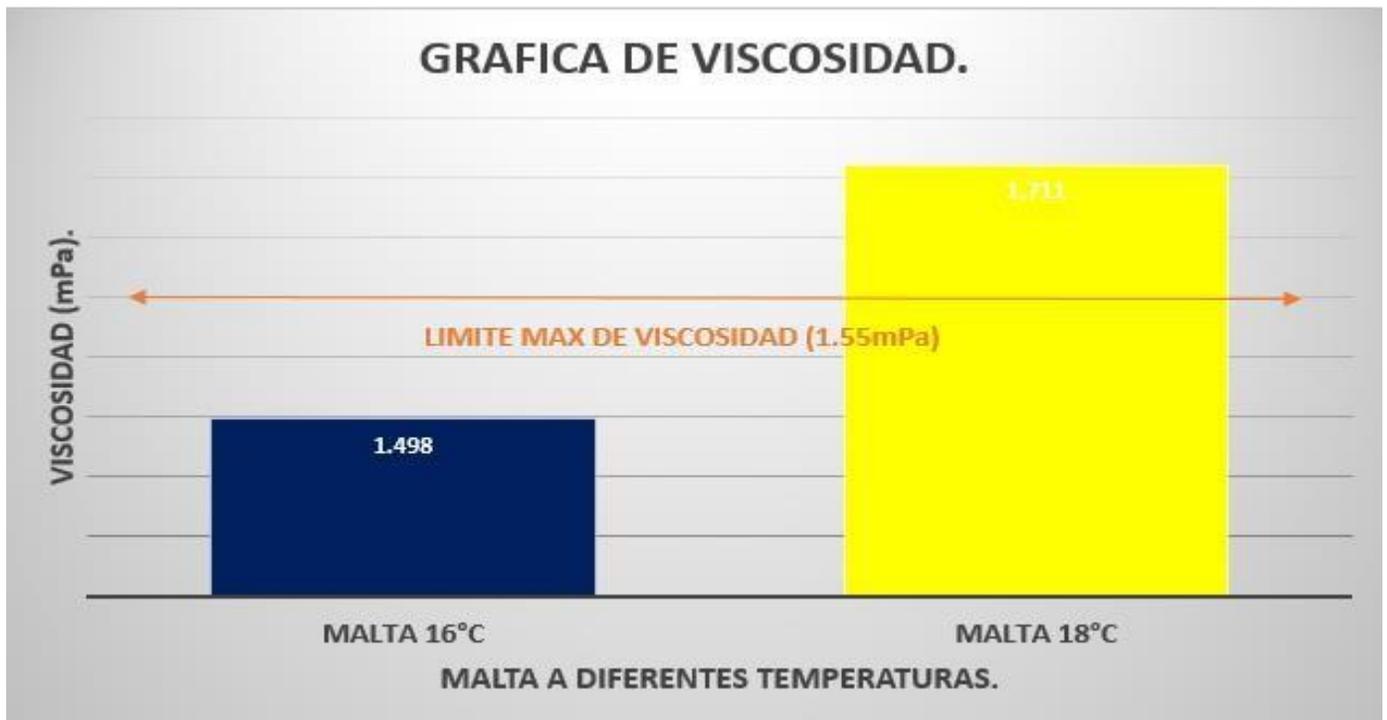


Figura 46. Viscosidad de las muestras de mostos de 18 y 16 °C

Para el resultado de viscosidad para la malta de 16°C se obtuvo un dato de 1.498 mPa, de esta manera reportando un valor de viscosidad menor al teórico, y así asegurando que la cerveza hecha con esta malta no tenga inconvenientes en su elaboración, por otro lado, la malta de 18°C reportó un valor de viscosidad mayor al recomendado, y esto pudiera tener efectos negativos en la elaboración de cerveza.

La viscosidad es causada por la presencia de beta-glucanos y pentosanos, se debe tener extremo cuidado en el tiempo de germinación, si es poco tiempo el periodo de germinación habrá más presencia de almidón ya que no dará el tiempo adecuado para su transformación en dextrinas y por ende se provocará un mayor porcentaje de viscosidad en la malta (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

Una alta viscosidad en malta es indeseable ya que es causante de problemas en la filtración y en el almacenamiento de la cerveza. Se requiere tener una viscosidad menor a 1.55 mPa/s para que no se tenga ningún inconveniente en la preparación de cerveza (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

3.3.4 % Extracto molienda fina en base seca.

En la figura 47 se muestra la gráfica comparativa entre las dos temperaturas de remojo de las maltas y el % de extracto.

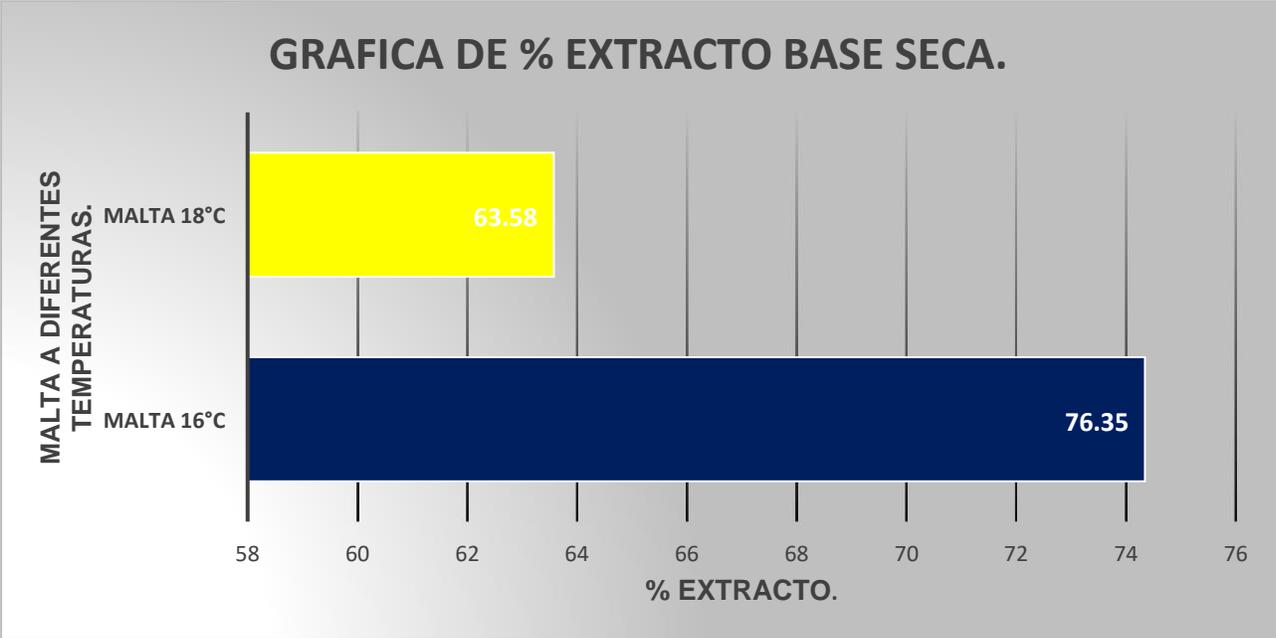


Figura 47. Extracto de molienda base seca de las muestras de los mostos de 18 y 16 °C

La especificación para el grano de cebada maltera marca un mínimo de extracto de 76 y un máximo de 78.5. (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2016).

La malta de 16 °C de temperatura de remojo es la que cumple con este parámetro ya que desde un principio fue la que mayor poder enzimático obtuvo, por ende, mayor conversión de almidón en azúcares habrá y mayor % de extracto de molienda.

El extracto de molienda fina es el contenido de sustancias solubles obtenidas de la maceración de la malta, estos materiales están constituidos por carbohidratos como disacáridos de la maltosa y dextrinas en su mayoría.

De esta manera se observa que entre mayor sea el % de extracto entonces habrá mayores azúcares y por esto habrá un mayor rendimiento en el proceso de elaboración de la cerveza.

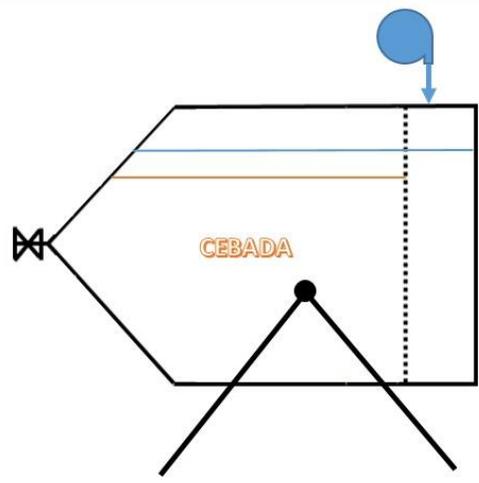
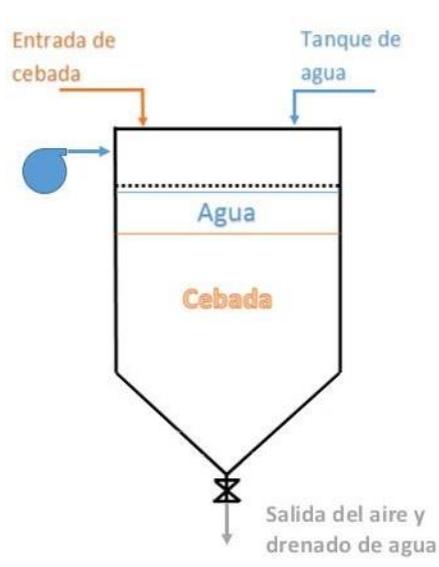
Por lo tanto, se considera que las condiciones de temperatura de 16 °C de remojo es la que se utilizará para el proceso de la cebada.

3.4. PLANTA PILOTO

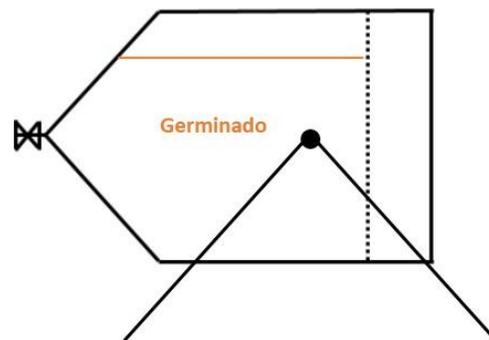
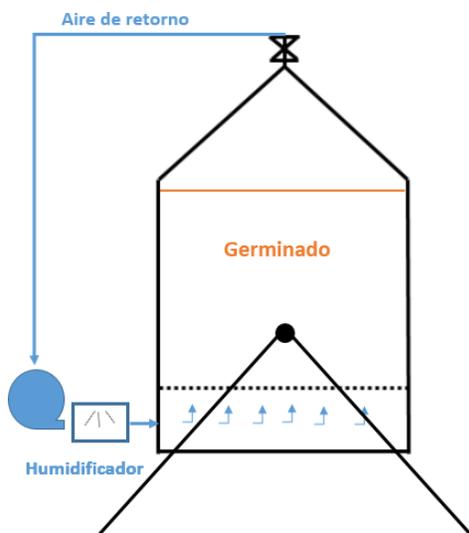
El sistema Uni-Cont es un sistema único de proceso de malteo que permite reducir espacios y al mismo tiempo el costo del equipo se abarata.

Debido a que el proyecto se pretende realizar en un área reducida las limitaciones de espacio orillan a la elección de un equipo (Uni-Cont) que permita ahorrar el volumen que ocupen dichos equipos es decir: que permita realizar las producciones necesarias ocupando un espacio reducido sin perder la demanda de producción, por ello que el sistema Uni-Cont se acomoda a las necesidades de la planeación ya que en este equipo se cuenta con todos los procesos a realizar en el recipiente giratorio.

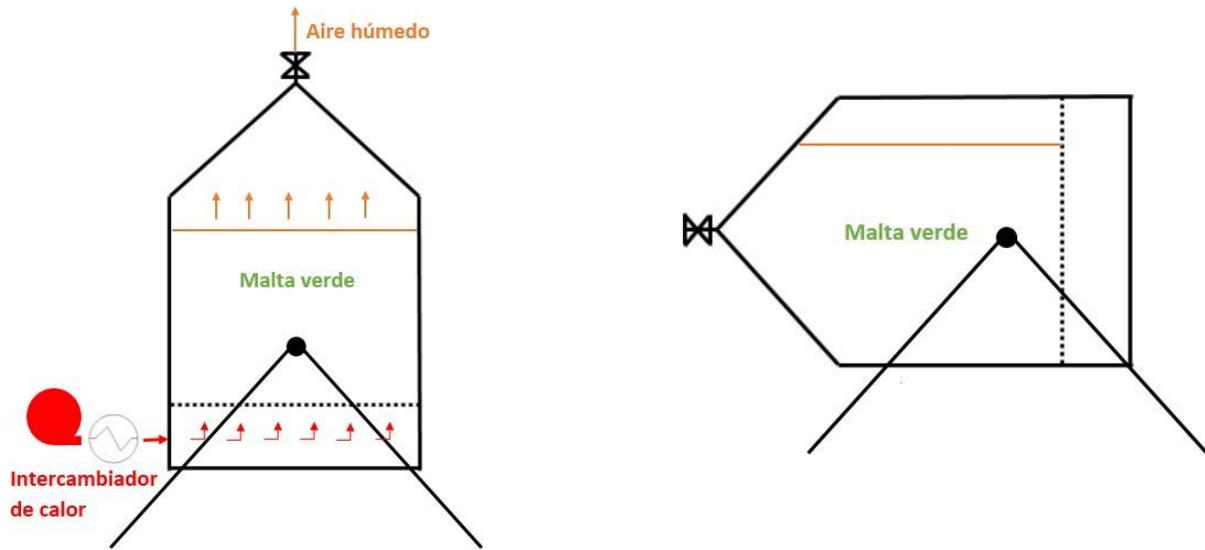
La cebada se remoja en el recipiente de hasta 3.5 m de altura, siendo utilizada en esto para la distribución uniforme del actual y se remoja en seco, según un programa predeterminado, evacuado CO₂ y que es substituido por aire fresco.



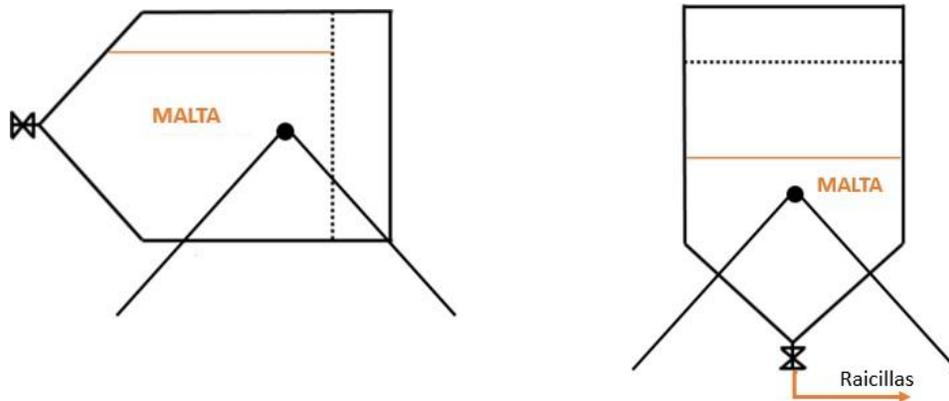
La germinación y el volteo ocurren de la misma forma.



Para el tostado o secado se realiza la conexión para el suministro de aire caliente controlado. Para la extracción de malta se invierte el recipiente de manera que el cono quede abajo y se lo vacía a través de este último (Kunze, 2006).



Posteriormente el equipo se le hace girar consecutivamente para ir separando la raicilla del grano y mediante el ventilador ir removiéndolas para eliminarlas al otro extremo.



Para la extracción de malta se invierte el recipiente de manera que el cono quede abajo y se vacía a través de este último (Kunze, 2006).

CONCLUSIONES

Al finalizar la experimentación siguiendo los parámetros de la norma NMX-043 dieron como resultado que la cebada fue apta para el uso maltero ya que cumplió con las especificaciones requeridas por dicha norma. Posteriormente, mediante las pruebas analíticas establecidas en la metodología se llegó a la conclusión de que los parámetros de pH, poder diastásico y viscosidad de la malta a 16 °C de remojo fueron los más adecuados para conseguir una calidad óptima en las características de una malta tipo Pilsner.

Una vez teniendo estas condiciones se dimensionó una planta adecuada para poderla elaborar, considerando el terreno con dimensiones suficientes, equipos grado alimenticio que permitieran mantener los estándares de calidad e inocuidad considerando los espacios y los materiales; por ende se llegó a la conclusión que para optimizar el proceso (tiempo, espacio) era necesario el uso de un equipo que cubriera las necesidades operativas del mismo, y de esta manera se optó por el Uni-Cont ya que este tiene las características necesarias (diseño reducido) que permite el proceso en un menor espacio sin que se vea afectado la calidad de las operaciones unitarias.

REFERENCIAS

1. Analytica EBC. European Brewery conention. (2003). Published by Fachverlag ans Carl Nürnberg. Germany.
2. Bailly, Hayat El-Maarouf-Bouteau, Corbineau (2008) Comptes Rendus Biologies, Elsiever. Paris, Pp806-814
3. Callejo, González M. J. (2002) Industria de cereales y derivados. Colección tecnología de alimentos. AMV Ediciones. 1º edición. Zaragoza España.
4. Casp, Vanaclocha (2005) Diseño de industrias agroalimentarias, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España
5. Figueroa, Cárdena. (1985). Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. Secretaria de Ganadería y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México D.F.
6. French, B. J. McRuer, G. R (1990). Malt quality is affected by varius aeration regimes, M. B. A. A. Technical Quarterly. Vol. 27 Pp. 10-14.
7. Galán, García D., Oliver, Pujol R. *et* Estrany, Coda F. (2004). La cerveza. Alimentación (Equipos y tecnología). España.
8. HGCA (home Grown Cereal Authoity). 2002. Ensuring good germination in malting barley. London. Topic sheet.
9. Hornsey, S Ian. (1999). Elaboración de cerveza (Microbiología, bioquímica y tecnología). Zaragoza España: Acriba S.A.
10. Hough J. S. (1990). Biotecnología de la cerveza y de la malta. España: Acribia S.A.

11. Kunze. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Alemania: VLB Berlin.
12. Martínez-Manrique E. y Jiménez Vera V. (2016) Cereales (técnicas de análisis). UNAM, México, México.
13. MacGregor, Alexander W et Batty, Rattan S. (1996). Barley. Chemistry and Tecnology. American Association of Cereal chemist, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
14. Meilgaard, M. (1993). Efectos en el flavor de las innovaciones en los equipos cerveceros y en el proceso (I). Alimentación (equipos y Tecnología). España.
15. NMX-FF-043-SCFI-2003. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – cereal – cebada.
16. Olmos, B.G. 1995. El cultivo de la cebada maltera de temporal. Impulsora Agrícola S.A de C.V. México D.F. 42 p. (Folleto Técnico).
17. Palmer, G. H. (1989). Cereals in malting and brewing. In Cereal Science and Tecnology. Ed. G. H. Palmer. Aberdeen University Press. Abeerden, Scotland.
18. Pelembe, L. A. M., Dewar, J. et Taylor, J. N. R. (2002). Effect on malting condition on pearl millet quality. Journal of the institute of Brewing. Vol. 108, N° 1
19. Schildbach, P. B., Schwarz, J. G., Zhou, A., Prom, L K. et Steffenson, B. J (2001). Effect of *Fusarium graminearum* and *Fusarium. Poe* infection on barley and malt quality. Monatsschr. Brauwiss. Vol. 54 Pp. 55-63.
20. SIAP (2009) Producción de cebada en el país. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/

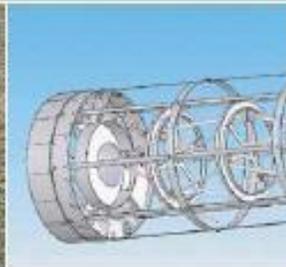
21. Solano HS, Zamora DMR, Gámez VFP, García RJJ & Gámez VAJ (2008) Alina nueva variedad de cebada maltera para riego. *INIFAP*. pp. 1.
22. Taylor J. R. N. (1991). Proteolysis in sorghum malting. In proceedings of the third Scientific and Technical Convention. The institute of brewing central and Southern African Section, Johannesburg.
23. Wainwright, T. (1986). Nitrosamines in malt and beer. *Journal of institute of Brewing*. Vol. 92.
24. Wolfgang, Vogel. (1999). *Elaboración casera de cerveza*. Zaragoza España: Acriba S.A.
25. Zamora, D.M. 2009. Variedad de cebada maltera para temporal de mediana y buena productividad en Valles Altos. *Catálogo de Productos y Servicios*. Valles altos de la Región Centro de México. CIR-CENTRO. México, D.F. p. 39-42 (Catálogo No. 2).

Anexo 1 Equipo seleccionador de semilla

KDC 8000 Dual Cleaner



Foreign impurities removed from wheat.



New strong design on screen rotor. Diagonal reduces stress load on the screens.



Two layers, one layer for oversize impurities, a second layer for under-size impurities.



Gear with parallel shaft's makes it easy to turn drum by hand, makes screen change easier.

KDC 8000 cleaner is a dual cleaner with both a screen cleaning function for size separation and an aspirator function for removing of dust and light impurities.

- Capacity in pre cleaning up to 80t/h
- All components exposed to the ambient made in galvanized steel for outdoor installation.
- Quick release system is securing easy and fast replacing of screens.
- Wear spots on FK 250 inlet made of stainless steel bottom.
- Only rotating parts – no vibrations transmitted.

- Large screen area.
- Standard screens for all common crops.
- Aspirator cleaner after screen, cleaning maximize removal of dust.
- Screens for size separation of grain kernels.
- Dampers on torque arm for gear drive reduces stress load on screen drum.
- Vacuum in drum compartment limits dust content inside.
- Jack for easy adjusting of declination on screen drum. Beneficial when used on different locations.

Accessories:

1. Cleaning brushes for cleaning outer screen. Used when doing size separation of kernels.
2. Wheel set for short distance transport of KDC 8000 between different locations.
3. Rain cover for gear motor on drum shaft and electric panel.
4. OK 200 pipe system and cyclone, to connect to the outlet on the aspirator blower to convey the impurities.

Anexo 2. Ensacadora de malta

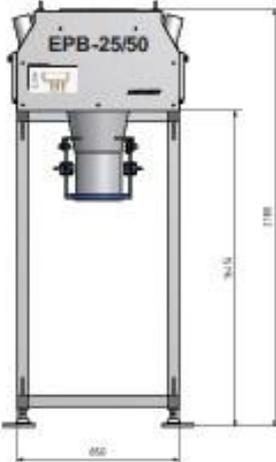


ENSACADORA PESADA BRUTA EPB25-50

HEAVY GROSS PACKER EPB25-50

ENSACADORA PESADA BRUTA EPB25-50

| | | | |
|--|--|--|-----------------------------------|
| DIMENSIONES / DIMENSIONS | Alto / Height: 1940mm | Ancho / Wide: 950mm | Profundidad / Depth: 960mm |
| PESO / PACKER WEIGHT | En vacío / Vacuum: 200Kg | | |
| PRODUCCIÓN / PRODUCTION | Para saco de 25 Kg, en base a densidad producto de 0,6 Kg/litro a 1,6 Kg/litro: de 4,5 Tn/hora a 9 Tn/hora | For 25 Kg bag according to product density from 0,6 Kg/litro to 1,6 Kg/litro: from 4,5 Tn/Hour to 9 Tn/Hour | |
| CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS MECHANICAL CHARACTERISTICS | <ul style="list-style-type: none"> - Bastidor de apoyo/suspensión. - Suspendida por 3 células de carga. - Ensacadora de pesada bruta. - Detector de presencia de saco. - Tolván con pinza sujetasacos. - Altura boca de ensaque: 1,175 m.(Regulable fase de proyecto) - Goberna da electroneumáticamente. | <ul style="list-style-type: none"> - Chasis for Support/Suspension.. - Weighing system with 3 load cell. - Gross weight sacking machiner. - Bag presence detector. - Bin with bag holder peg. - Height of bag filling mouth: 1,175 meters. - ElectroNeumatic Control System | |
| CARACTERÍSTICAS ELECTRÓNICAS ELECTRONIC CHARACTERISTICS | <ul style="list-style-type: none"> - Armaño de maniobra sobre chasis de la ensacadora con mandos manuales. - Equipo de control AE2-4205. | <ul style="list-style-type: none"> - Maneuver rack over sacking machine chassis(with manual controls). - Equipment control AE2-4205 | |





ACCESORIOS/ACCESSORIES

BASTIDOR REGULABLE
CHASS ADJUSTABLE:

MET 7396000



ALIMENTADOR POR SINFIN
SCREW FEEDER

MET 73960031



ALIMENTADOR POR BANDA
BELT FEEDER:

MET 73960080



BASTIDOR FIJO
CHASS: FIXED:

MET 73960000



CINTA RECOGIDA DE SACOS
CONVEYOR BELT COLLECTION BAG

MET 73960400



SELLADORACOSEDORA
SEALER/SEWER:

MT077105





EQUIPO DE CONTROL AE2-4205

Equipo de control que dispone de:

- Peso en saco.
- Estado del equipo.
- Mensajes de Alarma

CONTROL EQUIPMENT AE2-4205

Control Team that has:

- Weight in Saco.
- State of the computer.
- Alarm Messages

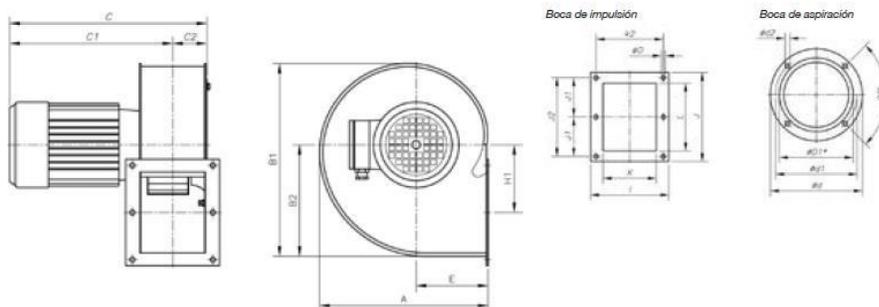
Anexo 3 Ventilador

CMP/AL CJMP/AL



Dimensiones mm

CMP/AL-512...820



| Modelo | A | B1 | B2 | C | C1 | C2 | øD1* | øD | øD1 | øD2 | E | H1 | I | J | J1 | J2 | K | k2 | L | ø0 |
|---------------|-----|-----|-------|-------|-----|------|------|-----|-------|-----|-------|-------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| CMP-512-4M/AL | 182 | 207 | 118 | 197,5 | 159 | 38,5 | 112 | 140 | 132 | M4 | 81 | 69 | 106 | 118 | - | 105 | 72 | 93 | 86 | 5,5 |
| CMP-514-4M/AL | 225 | 254 | 150 | 210 | 165 | 45 | 140 | 169 | 151,5 | M4 | 100 | 91 | 122 | 147 | 64 | 128 | 83 | 105 | 107 | 9,5 |
| CMP-616-4M/AL | 258 | 297 | 173,5 | 270 | 214 | 56 | 160 | 204 | 180 | M6 | 110 | 105,5 | 153 | 172 | - | 147 | 103 | 128 | 125 | 7 |
| CMP-820-4M/AL | 322 | 377 | 223 | 345,5 | 277 | 68,5 | 200 | 247 | 230 | M6 | 137,5 | 137 | 184 | 213 | 94,5 | 189 | 130 | 160 | 156 | 9 |

* Diámetro nominal tubería recomendada

*Las características del equipo se encuentran en el recuadro color rojo