

The background is a repeating pattern of various beer-related icons in a light yellow color. These icons include beer glasses, beer bottles, wheat stalks, and wooden barrels. The icons are arranged in a grid-like fashion, creating a textured, thematic background.

UD
Universidad del Desarrollo
facultad de diseño

INDUSTRIA CERVECERA ARTESANAL

SISTEMA DE SECADO PARA EL BAGAZO

ELISA FRANKE BERTOLOTTO

INDUSTRIA CERVECERA ARTESANAL SISTEMA DE SECADO PARA EL BAGAZO

Memoria presentada a la Facultad de Diseño de la Universidad del Desarrollo
para optar al Título Profesional de Diseñador

Elisa Franke Bertolotto - Santiago de Chile - Junio 2023

Profesores a cargo:
Sra. Mariana Donoso
Sr. Allan Urban





Imagen: Nodar Chernishev, Getty Images

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco profundamente a todos los que sido parte de este proceso de titulación y me han apoyado y acompañado durante el desarrollo del proyecto de título y a lo largo de la carrera. A mis profesores tutores por guiarme en el proceso, y especialmente a mis papas, Rossana y Guillermo, quienes han sido un apoyo incondicional siempre.

Introducción

1. Resumen	9
2. Introducción	10
3. Metodología del Proyecto	12

Antecedentes

4. Industria Cervecera	
4.1 Contexto en Chile	20
4.2 Cervecería Artesanal	22
4.3 Producción de Cerveza	24
4.3.1 Ingredientes	25
4.3.2 Proceso de Elaboración	28
4.3.3 Subproductos de la Producción	35
5. El Bagazo	
5.1 Características	42
5.2 Composición	43
5.3 Aplicaciones	44
6. El secado	
6.1 Teoría del Secado	50
6.2 Parámetros	54
6.3 Tipos de Secadores	56
7. Usuario	62





Desarrollo Proyectual y Proyecto Final

8. Definición de la Oportunidad de Diseño	
8.1 Oportunidad de Diseño	67
8.2 Estado del Arte	68
8.3 Objetivos	70
8.3.1 Objetivo General	70
8.3.2 Objetivos Específicos	70
8.4 Requerimientos	71
9. Desarrollo Proyectual	
9.1 Propuesta Conceptual	73
9.2 Propuesta Formal	74
9.3 Referentes	75
9.3.1 Referentes Indirectos	75
9.3.2 Referentes Directos	76
9.4 Propuestas Preliminares	78
10. Proyecto Final	
10.1 Planimetrías	104
10.2 Renders y Fotomontajes	108
10.3 Especificaciones Técnicas	112
10.4 Presupuesto	116

Conclusiones

11. Bibliografía	119
------------------------	-----



INTRODUCCIÓN

RESUMEN

Este proyecto nace con la intención de aprovechar el bagazo, el principal subproducto que genera la industria cervecera y que representa el 85% de los residuos en el proceso productivo.

En Chile, la industria cervecera ha crecido considerablemente en los últimos años, siendo la industria artesanal la que representa el 66% de las empresas de este rubro. Con el aumento de empresas, aumenta la producción, y en consecuencia, aumentan los residuos.

Una cervecería artesanal puede producir hasta 80.000 hectolitros de cerveza al año, lo que se traduce en 1.600 toneladas de bagazo. Este bagazo tiene la capacidad de ser aprovechado por la industria alimenticia, tanto para animales como para humanos. Se puede utilizar para la producción de energía, ya sea por combustión directa o para generar biocombustibles, también puede ser utilizado como ingrediente para compost. Se ha explorado su uso como biomaterial en recubrimientos para prótesis, implantes odontológicos e injertos óseos. También se ha aplicado en materiales para la industria farmacéutica, alimentaria y química, entre otras.

El principal problema de su aprovechamiento, es que por el alto contenido de humedad con que se obtiene (75% aproximadamente), comienza a deteriorarse en 24 horas, limitando su vida útil.

Debido a esto, este proyecto busca una forma de prolongar la vida útil del bagazo, poniéndolo en valor y transformándolo en un nuevo insumo para diferentes usos y aplicaciones.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión adecuada de los residuos se ha convertido en una preocupación a nivel global, debido a los crecientes problemas medioambientales. A medida que la sociedad continúa su desarrollo consumiendo recursos a un ritmo acelerado, la acumulación de residuos se ha convertido en un desafío. No obstante, se puede cambiar la perspectiva, y enfrentar los residuos no como un problema sin solución, sino, como una oportunidad de aprovechar su potencial como recursos, que además es una forma de impulsar una economía circular y fomentar la sostenibilidad.

En Chile la industria cervecera ha crecido en más de 1.000% en los últimos 10 años, junto con su consumo, que ha aumentado en más de 100% desde 2005. El principal sector en crecimiento es el artesanal, contabilizando 386 empresas en el año 2018, distribuidas a lo largo de todo el país, existiendo al menos una cervecería por región. Sin embargo, más del 50% de las cervecerías catastradas se concentran entre la región Metropolitana y la región de Valparaíso. A pesar de la centralización de las empresas, los canales de comercio les permite distribuir sus productos en todo el país. En consecuencia al crecimiento de la industria aumentan los residuos que se generan.

En la producción de cerveza el principal residuo que se genera es el grano de malta gastado que principalmente es de cebada, denominado bagazo. Este bagazo representa el 85% de los subproductos de la producción, y tiene múltiples aplicaciones y usos. Entre estos, se puede utilizar para la producción de energía, ya sea por combustión directa o para generar biocombustibles a través de su fermentación anaeróbica. Se puede utilizar como ingrediente para compost; para la fabricación y exploración de biomateriales aplicables en diferentes industrias tales como la farmacéutica, alimentaria, química, entre otras.

Se destaca su incorporación como alimento animal, siendo esta la principal forma de aprovecharlo a nivel mundial, y como alimento humano, ya que el bagazo conserva el 30% de las propiedades del grano sin gastar, convirtiéndolo en una fuente de fibra y proteína de menor costo que las tradicionales. En la dieta humana se han estudiado los beneficios de su consumo, entre los que se destaca la prevención de distintas enfermedades, entre ellas el cáncer de colon, trastornos gastrointestinales, diabetes, enfermedades cardiovasculares y ayuda también en la disminución del colesterol, entre otros. Como alimento animal tiene propiedades lactogénicas, que estimulan la producción de leche. Su consumo se relaciona directamente la calidad de la carne.

Sin embargo, a pesar de la capacidad del bagazo para ser aprovechado, el principal limitante es su corta vida útil. El bagazo se obtiene con un alto porcentaje de humedad, que varía entre 75 a 80% aproximadamente, y es el principal actor en el deterioro, ya que emplea el ambiente idóneo para el crecimiento de hongos y microorganismos que lo descomponen. Este proceso de descomposición comienza en menos de 24 horas desde la obtención, por lo que se compromete su capacidad de ser aprovechado y se limita también su alcance y distribución, ya que, la producción esta centralizada, y se cuentan con 24 horas de vida útil, por lo que no puede ser distribuido a lo largo del país.

Una forma de prolongar la vida útil, es disminuyendo el contenido de humedad hasta lograr un porcentaje en que se impida la actividad de los microorganismos encargados de la descomposición.

La principal forma de reducción de humedad es a través de un proceso de secado térmico. Este proceso existe a escala industrial y a nivel casero, por lo que su aplicación en industrias artesanales no es común.

De esto nace la oportunidad de crear un sistema de secado para el bagazo de la industria artesanal.

Al incorporar un proceso de secado de bagazo en la industria artesanal, se prolonga la vida útil de este subproducto, beneficiando a la cervecería, ya que convierte un residuo en una materia de valor, aplicable en diversas industrias. Otro beneficio, es la expansión de su distribución, ya que no se ve limitada por 24 horas. Junto con diversificar la distribución, se puede descentralizar su aprovechamiento, ya que como mencionamos anteriormente, la mayoría de las empresas se encuentran en la región Metropolitana y la región de Valparaíso, y al extender la vida útil puede ser distribuida a lo largo del territorio.

Por todos estos beneficios, es que este proyecto propone una solución para el secado del bagazo que sea efectiva para la industria cervecera artesanal.

METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Para la recopilación de información y el análisis de esta, se trabajó con post-it, conceptualizando y sintetizando la información relevante, ordenando y jerarquizando, lo que sirvió para el desarrollo del proyecto.



Para la investigación de casos y las entrevistas, se visitaron distintas cervecerías en la Región Metropolitana y en la Región de O'Higgins.

CERVECERÍA COLINA *Región Metropolitana*

3000 lt al mes en cajón del maipo, 20.000 abriendo la nueva planta en colina

Los restos los recolectan para los animales.

La levadura se reutiliza dependiendo el tipo, se reutiliza hasta 10 veces. Ahora no lo hacen porque no manejan las condiciones para hacerlo. En la nueva planta si lo harán.

No se sabe si se va a afrecho, seguramente la botan.

En la nueva planta se puede manejar la producción remotamente. Siempre debe haber alguien en la cocina de producción pero se pueden manejar ciertos factores.

La materia prima se compra a navarro o gcort que abastecen a casi todas las cervecerías en chile (malta, cebada, lúpulo)

CERVECERÍA VIEJO LOBO *Región de O'Higgins*

Golden Ale, más malteada que lupulizada.

Hacen cerveza una vez por semana

Sacos de 25 kg de malta

En un día hacen 680 y 725lt de cerveza al día

Se agrega la malta al agua de manera manual, y revuelven con un remo constantemente durante 4 hrs. Después rescatan el mosto, lo traspasan a otra cuba y le agregan el lúpulo (el lúpulo lo compran, y este es antiséptico, protege al mosto de gérmenes y bacterias) (industrialmente el lúpulo viene en pellet, ellos tb utilizan en formato pellet) después del lúpulo, se pasa a un fermentador donde ellos no controlan la temperatura, después del fermentador (1 semana) pasa a la maduración durante 10 días para que descanse.

Después de la maduración, viene la gasificación natural, la embotellan y la guardan en una bodega a 18-26 grados, para agregarle un poco de azúcar y que termine la fermentación naturalmente en la botella (este proceso dura un mes).

Si reutilizan la levadura, la rescatan hasta dos veces. En el fermentador, queda una gran capa de levadura en el fondo, la sacan y la guardan en refrigeración, antes de poder reutilizarla la sacan para que esté a temperatura ambiente o tibia porque fría no fermenta; luego la echan nuevamente. Es como un mousse la levadura (como un manjarate)

Guardan la levadura hasta que vuelvan a cocinar (1 a dos semanas)

Después de cocinar se limpian todas las cosas, a mano.

Usan agua del pozo del lugar.

TAMANGO BREBAJES

Región Metropolitana

Para hacerme un panorama general de ustedes:

- ¿cada cuanto hacen producción de cerveza? Casi todos los días de la semana, pero es variable.

Con respecto a los residuos:

BAGAZO:

- ¿que hacen con el bagazo? A MODO GENERAL, DESTINAMOS TODOS NUESTROS RESIDUOS ORGÁNICOS A UN PRODUCTOR LOCAL QUE TIENE SU CAMPO PARA PRODUCIR HUMUS DE LOMBRIZ.

- antes de tener la solución que tienen hoy, que hacían con el bagazo. TRABAJAMOS EN CONJUNTO DESDE EL DÍA 1.

LEVADURA:

- ¿reutilizan la levadura en otras producciones? SÍ, EL 50% SE REUTILIZA EN OTRAS PRODUCCIONES.

- ¿cuantos kilos de levadura generan como residuo? si no son kg, en qué formato obtienen la levadura residual. LA LEVADURA SE OBTIENE EN LITROS, LA CANTIDAD ES VARIABLE.

- ¿que hacen con la levadura residual? EL 50% SE REUTILIZA PARA OTRA PRODUCCIÓN, Y EL OTRO 50% SE ACUMULA EN UN BIN ICB PARA EL PRODUCTOR LOCAL.

- si la botan, ¿donde? (cañería, tierra, se lo lleva la recolección de basura...) NO SE BOTA NADA.

si me puedes comentar la logística que tienen hoy en día como solución:

si me puedes comentar la logística que tienen hoy en día como solución:

- ¿como hicieron el contacto si es alguien externo? POR UN CONOCIDO EN COMÚN Y LLEVAMOS 4 AÑOS TRABAJANDO EN CONJUNTO.

- ¿de qué manera ustedes almacenan el bagazo? SE DISPONE EN BINS COSECHEROS DE PLÁSTICO (LOS CUALES SON RETORNABLES), Y BIN ICB PARA SUSTANCIAS MÁS LIQUIDAS COMO LEVADURAS Y LUPULOS.

- ¿como hacen el retiro si se lo dan a un tercero? VIENE DIRECTAMENTE UN CAMIÓN 3/4 PROPIO DEL PRODUCTOR LOCAL A LA PLANTA A RETIRAR.

- ¿cada cuanto tiempo se hace el retiro? TODOS LOS DÍAS QUE HAY PRODUCCIÓN (CASI TODOS LOS DÍAS DE LA SEMANA).

- ¿cuánto tiempo lo almacenan ustedes antes de que lo retiren o hagan algo con él? NO LO ALCANZAMOS A ALMACENAR YA QUE LO RETIRAN EL MISMO DÍA DE PRODUCCIÓN EN LA TARDE.

- ¿sabes en que utilizan el bagazo? SÍ, EL PRODUCTOR LOCAL PRODUCE HUMUS DE LOMBRIZ.

AGROCAMPO CHILE

Región Metropolitana

Solucionar el tema forrajero para los animales del norte y del sur de Chile.

(Luis Pino)

Se aliaron a un proyecto, en que con el bagazo aportan a la falta de forraje que hay en el norte y sur de Chile. Con la ley de reciclaje deben pagar para botar este residuo. Ellos lo que hacen es recuperar este residuo en un principio con un camión (Becker 50.000 toneladas de bagazo semanales) a él le pidieron que el camión tuviera el certificado de residuo orgánico no peligroso y no se lo dieron, por lo que se acercaron. Una empresa en que generara menos bagazo, de manera de poder utilizarlo y entregarlo a lecherías de la RM. El proyecto era recuperar el bagazo, secarlo y peletizarlo para vacas lecheras. 8 kilos diarios de bagazo por vaca (lechera) se hacen dependientes del bagazo, y si se lo quitan producen menos leche que con bagazo.

Ellos peletizan el bagazo con una peletizadora, primero lo secan. Él retira el bagazo, para dárselo a lecherías.

El recoge el bagazo en bines. Retira todos los días jueves y entrega a las lecherías. La lechería también recibe bagazo de Becker.

El bagazo de las cervecerías industriales vs artesanales es mejor y mejor recibido por el ganado artesanal.

Después de 24 hrs se forman un hongo en el bagazo (en verano) en invierno no pasa. Si se guarda en bines cerrados se puede controlar el crecimiento del hongo.

En la zona viene con menos porcentaje de agua (30% aproximadamente)

Las moscas llegan a penas empieza la fermentación del bagazo. Crece el hongo y nacen gusanos.

Si le ponen melosa se puede controlar el tiempo de duración del bagazo.

El problema llega cuando las personas que reciben el bagazo ya no lo requieren más.

No se aplica como ingrediente para compost porque no tiene valor comercial.

Lo más caro y difícil de procesar el bagazo es el secado.

CERVECERÍA LOA *Región Metropolitana*

Le dan los desechos a los chanchos, a una empresa
La levadura una vez que no se puede seguir reutilizando la botan por la cañería
Se cocina dos veces al día
De la molienda pasa el grano al estanque del macerado. La malta molida llega por un tubo al estanque de 1.700 lt aprox. El mosto pasa a un estanque y la malta se bota en un bean
El proceso anterior a la fermentación dura aprox 8 horas.
En el fermentador están desde 15 días. Después de la fermentación hacen un proceso de centrifugación para quitar todo el resto sólido que puede quedar.
Producen 25.000 litros mensuales. Y para 2023 esperan 80.000 litros, equivalente a 8 bean al día
No hacen proceso de pasteurización.
En la centrifugación reducen la merma de pérdida de cerveza que se pierde por la acumulación de sólidos en el fermentador.
Venden casi el 98% en barril.
La misma centrifugadora va botando el residuo de lúpulo, malta, levadura.
Al día botan aprox. 2 de los cajones de malta (350kg por bin)

El lúpulo es en pellet del extranjero
El agua que usan es de la llave, pero la procesan con osmosis inversa para lograr el pH ideal.
Agrocampo Chile se llega el bagazo y lo vende. Vienen a buscar el mismo día a buscarlo. Si se queda afuera se pudre y llegan los ratones a comerla. Agrocampo les da los bean donde loa bota la malta, se la almacenan y el mismo día agrocampo viene a buscar la malta. Loa se la regala ya que agrocampo hace toda la logística del residuo.
Van a usar un propagador de levadura, que es una máquina aparte de la producción, que va alimentando la levadura como se cuida una masa madre y así no usan levadura nueva en cada producción.
Maltexco vendedor de malta más popular a nivel nacional.
El pellet de lúpulo se debe almacenar en frío.
La centrifugadora se usa una vez que la cerveza ya fermento, se centrifuga y vuelve a un fermentador donde sigue fermentando para llegar a los niveles de gas y carbonatación y una vez listas se embarrilan.
Hoy en día cocinan todos los días, dos veces al día, y la cuba maceradora es para 1.500 litros aprox. Nunca hacen a la máxima capacidad, generalmente lo hacen con 950- 800 litros.
Para una tanda de cerveza se usan 12 sacos de cebada de 25kg cada uno.

ANTECEDENTES



INDUSTRIA CERVECERA

CONTEXTO EN CHILE

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas por los chilenos, y su mercado ha crecido durante los últimos años tanto en el volumen producido como en empresas productoras. Aunque el número de empresas productoras no se encuentra actualizado oficialmente desde 2015, el crecimiento hasta esa fecha es importante.

De acuerdo a estudios hechos por la Asociación de Productores de Cerveza de Chile A.G (ACECHI), el aumento de empresas productoras de cerveza pasa de 30 en el año 2005 a 587 en el año 2015 (ACECHI. 2019), crecimiento significativo durante este período.

1.850%

Porcentaje de crecimiento de empresas productoras de cerveza entre 2005 y 2015, según datos de ACECHI, calculado con la fórmula del porcentaje de crecimiento relativo:

*Porcentaje de crecimiento = ((Valor final - Valor inicial) / Valor inicial) * 100*

La producción nacional de cerveza también aumenta en los últimos años. En 2016 se estima una producción de 7,2 millones de hectolitros (ACECHI. (2019) que aumenta a 11 millones de hectolitros en 2021 (Tapia. 2022).

50%

Porcentaje de crecimiento del volumen producido de cerveza entre 2016 y 2021, según datos de ACECHI, calculado con la fórmula del porcentaje de crecimiento relativo:

*Porcentaje de crecimiento = ((Valor final - Valor inicial) / Valor inicial) * 100*

Junto con el aumento de empresas, el consumo per cápita de cerveza en Chile para el año 2021 fue de casi 66 litros, que significa un porcentaje de crecimiento de 118% entre el período de 2005 a 2021.

Hoy el 77% del volumen consumido de bebidas alcohólicas corresponde a la cerveza (Tapia. 2022).

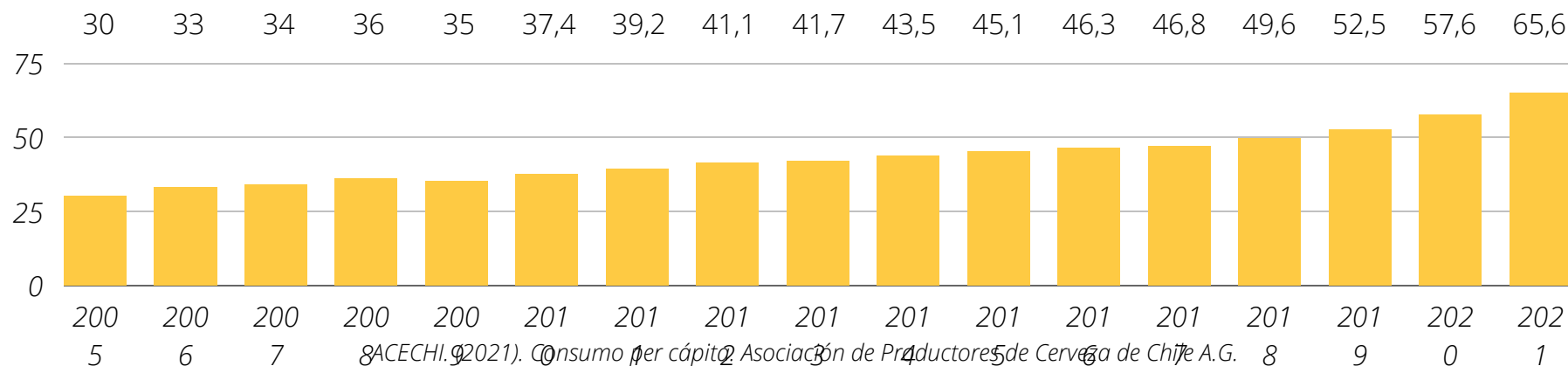
El aumento en el consumo se puede atribuir a una mayor variedad de cervezas en el mercado, la baja graduación alcohólica y un mayor conocimiento del consumidor (ACECHI. 2021).

118%

Porcentaje de crecimiento del consumo de cerveza per cápita en Chile entre 2005 y 2021, según datos de ACECHI, calculado con la fórmula del porcentaje de crecimiento relativo:

$$\text{Porcentaje de crecimiento} = ((\text{Valor final} - \text{Valor inicial}) / \text{Valor inicial}) * 100$$

Evolución del Consumo de Cerveza Per Cápita (litros)



CERVECERÍA ARTESANAL

La industria cervecera es dinámica por lo que la cantidad de empresas productoras puede variar constantemente. No obstante, en Chile se ha experimentado un auge en la industria de la cerveza artesanal en los últimos años. Solo considerando las microempresas productoras de cerveza, pasan de 17 en 2005 a 397 en 2016.

2.235%

Porcentaje de crecimiento de microempresas productoras de cerveza entre 2005 y 2016, según datos de ACECHI, calculado con la fórmula del porcentaje de crecimiento relativo:

*Porcentaje de crecimiento = ((Valor final - Valor inicial) / Valor inicial) * 100*

Según la definición de la Asociación Cervecera Independiente de Chile (ACI), para ser catalogada como cervecería artesanal, se deben cumplir los siguientes requisitos:

PEQUEÑA

Puede producir hasta 80.000 hectolitros anuales (8 millones de litros), equivalente a 3,2 piscinas olímpicas. Esto significa producir mensualmente más de 650.000 litros. (ACI CHILE. 2023)

TRADICIONAL E INNOVADOR

La cerveza debe ser elaborada con los ingredientes y métodos tradicionales (agua, malta, lúpulo y levadura) permitiendo innovar en los casos experimentales sin aditivos ni preservantes químicos. (ACI CHILE. 2023)

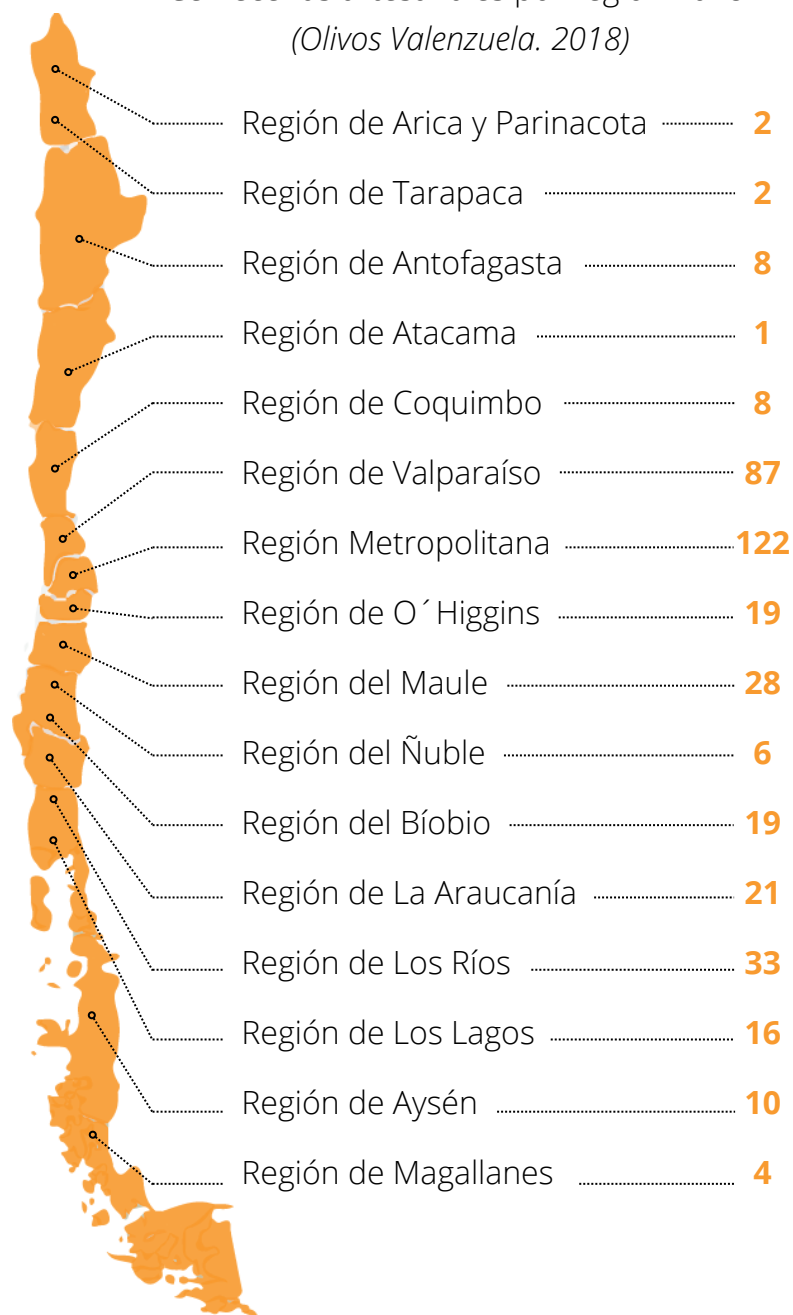
INDEPENDIENTE

No puede pertenecer en ningún porcentaje a una industria de bebidas alcohólicas industrial.

(ACI CHILE. 2023)

Cervecerías artesanales por región 2018

(Olivos Valenzuela. 2018)



De acuerdo con esta definición, en 2018 se catastraron 386 cervecerías artesanales a lo largo del país (Olivos Valenzuela. 2018) las cuales representan un 66% del total de cervecerías (artesanales e industriales) catastradas por ACECHI en el año 2015.

Las empresas se distribuyen a lo largo de todo el territorio nacional, sin embargo, en la región Metropolitana y la región de Valparaíso se concentra el 54% de las cervecerías catastradas. A pesar de la centralización de la producción, los canales de distribución y venta permiten abarcar todas las regiones, independiente de que se produzca en ellas (ACECHI. 2017).

PRODUCCIÓN DE CERVEZA

La producción de cerveza artesanal a diferencia de la industrial, es en menor cantidad y suele ser limitada. Utilizan métodos e ingredientes tradicionales, enfocándose en la calidad, innovación, diversidad de estilos y el cuidado artesanal en cada etapa del proceso.

INGREDIENTES

En la elaboración de cerveza artesanal, la receta y los ingredientes pueden variar según el estilo de cerveza y preferencias del maestro cervecero. Los ingredientes tradicionales son: agua, malta, lúpulo y levadura.

Además de estos ingredientes fundamentales, en algunos casos artesanales o experimentales, se utilizan otros ingredientes adicionales para agregar sabor, aroma u otras características únicas a la cerveza. Estos pueden ser frutas, cascaras, miel café, especias, entre otros.

AGUA



Imagen: Science Photo Library

Es un componente fundamental, aproximadamente el 95% de la cerveza es agua. El perfil del agua puede afectar el sabor y las características de la cerveza por lo que en varios casos se ajusta para obtener el perfil óptimo.

MALTA



Imagen: Kotenko Oleksandr, Kotenko

Es el ingrediente principal para la elaboración de cerveza. Se utiliza esencialmente malta de cebada, aunque también se puede maltear con otros cereales como el trigo, maíz, arroz o avena. La malta aporta los azúcares fermentables necesarios que posteriormente la levadura convierte en alcohol. Influye también en el color, sabor, aroma y textura de la cerveza.

LÚPULO



Imagen: alan64, Getty Images

El lúpulo es una planta que da flores femeninas que contienen resinas y aceites que aportan amargor, aroma y sabor característicos a la cerveza. También contiene compuestos que ayudan a conservar la cerveza. Este ingrediente se encuentra principalmente en formato de pelet.

LEVADURA



Imagen: 4kodiak, Getty Images Signature

Es un microorganismo que se añade al mosto encargado de la fermentación de los azúcares para convertirlos en alcohol y dióxido de carbono.

Los ingredientes se pueden encontrar en tiendas especializadas en insumos cerveceros, en ferias y eventos, en grupos y comunidades cerveceras entre otros. Se utilizan ingredientes nacionales como también importados. Generalmente el lúpulo se encuentra en formato de pellet. La malta, que principalmente es de cebada se encuentra como grano seco en sacos. La levadura puede encontrarse en polvo, pastillas o fresca.

En este caso nos enfocaremos en la malta de cebada, ya que genera el principal residuo de la elaboración de cerveza conocido como bagazo.

En el caso de Chile, según datos de la ODEPA en el año agrícola 2021/2022, se cultivó principalmente cebada cervecera, con una superficie estimada en **12. 254** hectáreas, es decir, el **59%** de la cebada cultivada corresponde a cebada cervecera. La superficie sembrada de cebada cervecera representa el **2,3%** de la superficie sembrada total, y el **7,1%** de la superficie sembrada de trigo harinero.

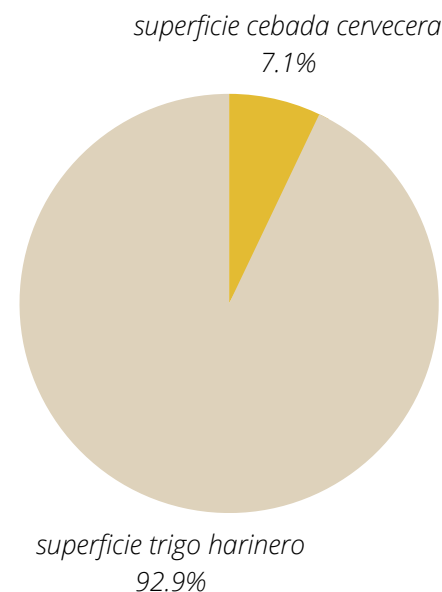
TRIGO HARINERO

173.106 ha

CEBADA CERVECERA

12. 254 ha

Superficie sembrada de trigo harinero y cebada cervecera año agrícola 2021/2022:



	<i>superficie (ha)</i>	<i>producción (qqm)</i>	<i>rendimiento (qqm/ha)</i>
CEBADA (total)	20.690	1.090.175	52,7
CERVECERA	12.254	712.065	58,1
FORRAJERA	8.436	378.111	44,8

Fuente: ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS DE CULTIVOS ANUALES, SEGÚN REGIÓN. AÑO AGRÍCOLA 2021/2022. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) Cultivos anuales regionales, 2023.

PROCESO

El proceso de elaboración de cerveza artesanal implica principalmente los siguientes pasos:

1. MOLIENDA

Es el proceso en el que la malta (granos principalmente de cebada u otro cereal) es molido o triturado para que los azúcares, almidones y enzimas presentes en el grano queden expuestos para el posterior contacto con el agua en la maceración. En este proceso se debe cuidar de no moler el grano hasta que quede como harina, ya que de suceder, no se podrá filtrar.

2. MACERACIÓN

Se mezcla la malta con el agua en un macerador, donde se elevan distintas temperaturas para convertir el almidón en azúcares fermentables. El líquido resultante que contiene los azúcares es el mosto cervecero.

3. FILTRACIÓN DEL MOSTO

Finalizada la maceración, se separa el mosto (líquido) de los granos de malta residual denominado bagazo.

4. COCCIÓN

El mosto se traslada a una cuba de cocción donde se le añade el lúpulo y se lleva a ebullición para que este aporte amargor y aroma. Luego de la cocción el mosto se somete a una especie de centrifugado para separar los restos sólidos del líquido.

4. ENFRIAMIENTO

El mosto se somete a un proceso de enfriamiento para pasar al fermentador.

5. FERMENTACIÓN

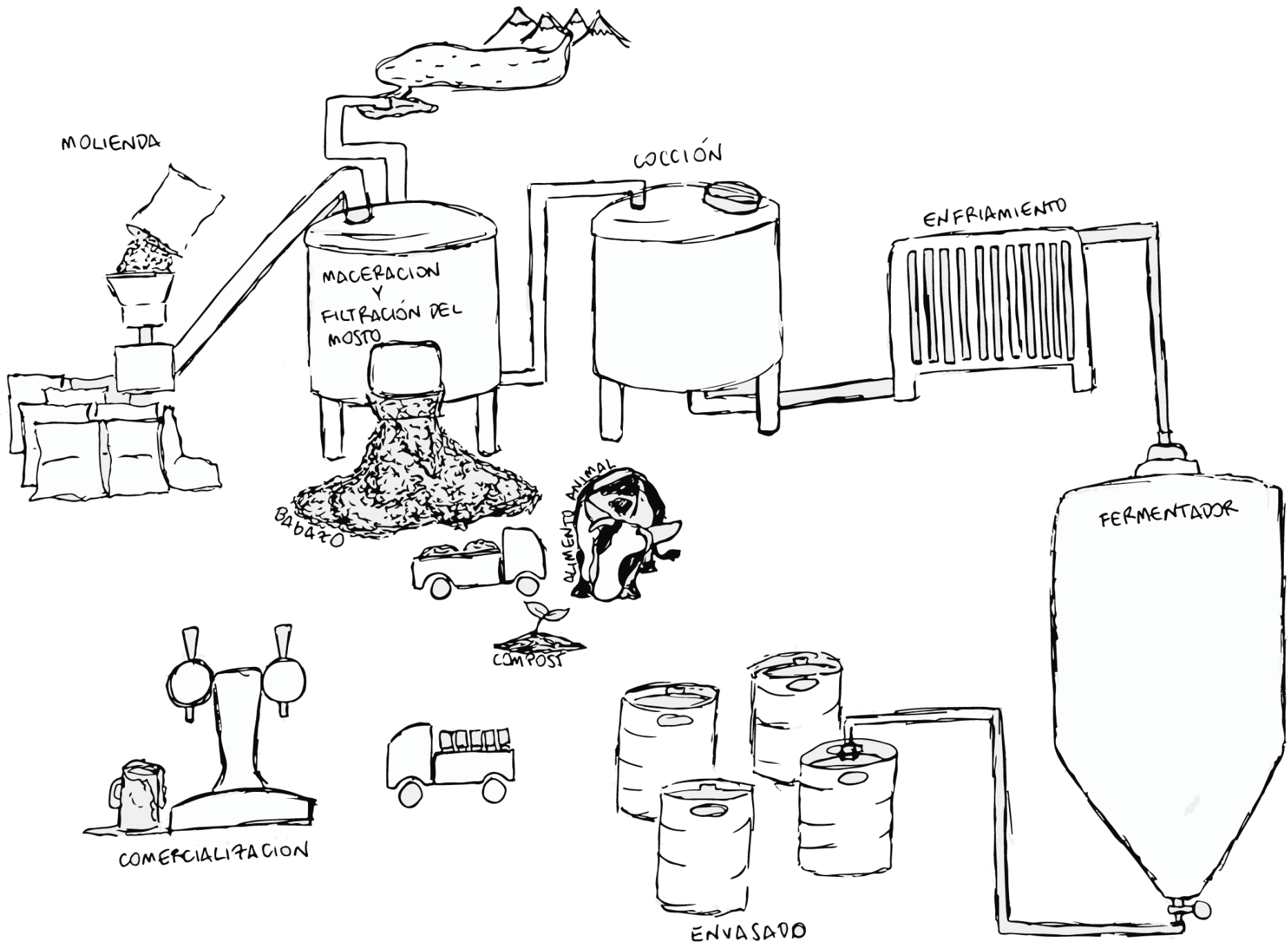
El mosto se lleva a un fermentador, donde se añade la levadura para transformar los azúcares fermentables en alcohol y dióxido de carbono.

6. MADURACIÓN

La cerveza se somete a bajas temperaturas para que se estabilice el sabor y aromas y se logre el equilibrio.

7. ENVASADO

Una vez madurada la cerveza, se envasa en barriles, botellas de vidrio o latas.





REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO DEL BAGAZO EN LA CERVECERÍA LOA



El encargado del proceso de producción busca el bin que esta en la zona de almacenamiento del bagazo y lo lleva al macerador que esta en el sector de equipos de producción. Para poner el bin bajo la salida del bagazo debe ayudarse con el cuerpo ya que el bin es más alto que la boca de salida. Cuando abre la salida del bagazo, este sale sin control y cae en el bin.



Una vez que acomoda el bin cargado de bagazo, lo tapa con una placa de astillas de madera.



Con la ayuda de una pala esparce el bagazo en el bin ya que se acumula en la caída.



El macerador tiene aspas que rotan en el interior que ayudan a que el bagazo salga.



Mientras el bagazo cae al bin, con una manguera limpia superficialmente el macerador.

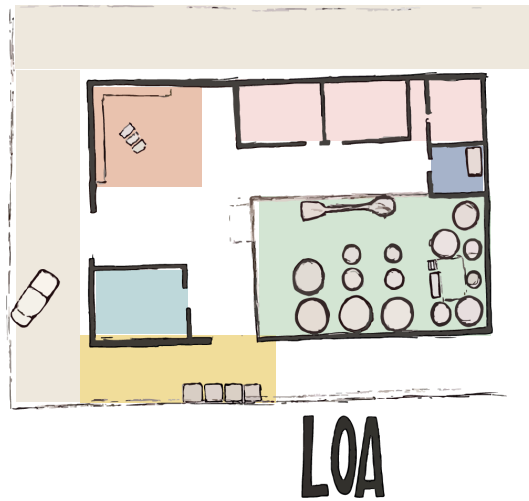


Cuando cae todo el bagazo en el bin, lo retira para llevarlo al sector de almacenamiento.



El macerador tiene dos aperturas. Desde la superior manguera para que caiga al bin todo el bagazo.

Croquis de la planta de Cervecería LOA



Con el registro fotográfico del proceso y el croquis de la planta podemos ver el emplazamiento. El proceso se realiza entre la zona de almacenamiento de bagazo y el sector de equipos de producción.

Todas las cervecerías que se visitaron almacenan el bagazo en bin o en cajas mas pequeñas en el caso de menor producción y lo guardan para un tercero que lo aprovecha como alimento animal o como ingrediente en el compost. El vínculo entre el tercero y la cervecería se da por que el tercero interesado en el bagazo, contacta a la cervecería y le pide que le guarden el bagazo para su uso. Con esta práctica, la cervecería soluciona la gestión del bagazo como un residuo, y el tercero se beneficia con un insumo que no tiene valor. El problema de esta práctica, es que se basa en la confianza de que no existirán pormenores que la alteren. Por ejemplo, si por algún motivo el tercero no puede retirar el bagazo que le guardan, le genera un problema a la cervecería, ya que el bagazo se comienza a descomponer, generando malos olores que atraen moscas y roedores, y debe gestionar en este caso como un residuo orgánico.

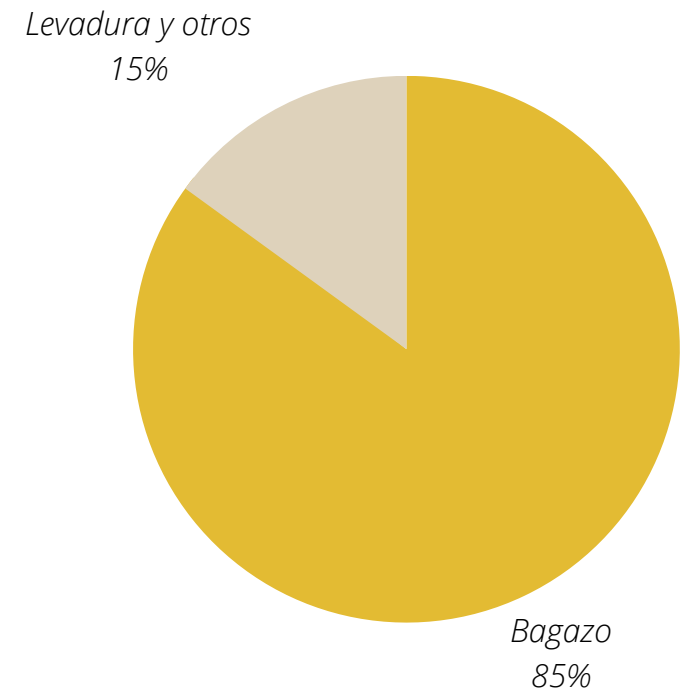
Una forma de evitar la descomposición del bagazo, es el secado, que además le alarga la vida útil. Si el bagazo se seca, puede ser aprovechado en más industrias que si se dispone fresco. Además, se le da valor a algo que en la práctica actual no lo tiene.

SUBPRODUCTOS

Los restos de la producción pueden considerarse como un residuo si no tiene utilidad posterior. Por definición de la Real Academia de la Lengua Española, residuo: “material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación” (RAE. 2023). Entonces, si el residuo tiene capacidad de ser valorizado se resignifica como un subproducto: “en cualquier proceso industrial, producto que se obtiene además del principal y que suele ser de menor valor que este” (RAE. 2023).

Aprovechar los subproductos disminuye el impacto ambiental de su disposición final en vertedero o relleno sanitario, reduce los costos de tratamiento de residuos y trae beneficios al revalorizar pudiendo generar nuevos ingresos.

Durante la producción de cerveza se obtienen principalmente dos subproductos: el bagazo y la levadura. Ambos tienen distintas propiedades y aplicaciones, y en este caso nos enfocaremos en el bagazo residual ya que es el que se genera en mayor cantidad.



Según la información recopilada en las visitas a la Cervecería LOA:

Se utilizan 300kg de malta para una carga del macerador. Por lo tanto, el bagazo que se genera en un macerado, son los 300 kilos del grano inicial más el peso de la humedad que retiene.

Si tenemos **300 kilos** de malta con un **5%** de humedad, podemos calcular la cantidad de agua presente en esos 300 kilos:

- Cantidad de agua en base al porcentaje de humedad:

cantidad de agua=peso del material(porcentaje de humedad/100)*

cantidad de agua=300kg(5/100)*

*cantidad de agua=300kg*0.05*

cantidad de agua=15kg

Por lo tanto, en 300kg de malta habrían 15kg de agua aproximadamente. Por lo que el grano seco pesa **285kg**.



Si se obtiene con un **75%** de humedad a partir de los **300kg** iniciales de malta, podemos calcular la cantidad de agua que se suma:

- Cantidad de agua en base al porcentaje de humedad final:

cantidad de agua adicional=peso del material inicial(porcentaje de humedad final/100)*

cantidad de agua adicional=300kg(75/100)*

cantidad de agua adicional=300kg(0.75)*

cantidad de agua adicional=225kg

Por lo tanto, el bagazo con 75% de humedad que se genera a partir de 300kg de cebada iniciales, suma **225kg** de agua adicionales.



Estos cálculos nos dan una aproximación de la cantidad de agua que se quiere secar. Es importante considerar que los cálculos se hacen asumiendo que la variación del peso se debe únicamente al agua adicional, sin considerar que existan pérdidas ni ganancias de otros componentes. Para una bajada de información más precisa, podemos complementar los cálculos con las observaciones de las visitas a LOA.

Para almacenar el bagazo utilizan el siguiente bin:

Bin plástico liso:

Dimensiones exteriores: 122 x 122 x 77,5cm

Capacidad: 805 litros

Capacidad de carga: 450 kilos

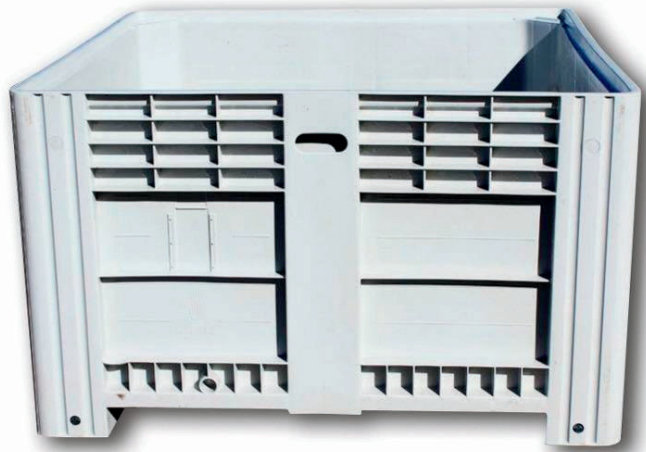


Imagen: INDUSTRIAL PARTNER, industrialpartner.cl

En la siguiente imagen podemos ver el bagazo de 300kg de malta en el bin.



Imagen: elaboración propia

De la imagen podemos deducir lo siguiente:

- El bagazo utiliza la mitad del volumen del bin, por lo que tiene un volumen aproximado en 400 litros.
- La capacidad de carga del bin es de 450 kilos, y según los cálculos el bagazo pesa 525 kilos, por lo que se evidencia una pérdida de material durante el proceso de maceración y el proceso de almacenamiento, como también la posibilidad de que no tenga un 75% de humedad sino que menos.

Sin embargo, para el desarrollo del proyecto utilizaremos los datos extremos para considerar un margen de error.

Otro dato importante que se obtiene de la visita a LOA es la frecuencia con que se genera el bagazo. En Esta cervecería, producen 4 días a la semana, ya que los viernes hacen limpieza profunda de los equipos. Los días de producción, cocinan una o dos veces al día, y como mencionamos anteriormente, en una tanda de producción utilizan 300 kilos de malta aproximadamente, ya que la cantidad puede variar según el estilo de la cerveza.

Debido a la variación entre los cálculos y la observación en terreno, estableceremos que se generan 500 kilos de bagazo en una tanda de cerveza, siendo este el caso más extremo.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
500 kg <i>bagazo</i>	500 kg <i>bagazo</i>	500 kg <i>bagazo</i>	500 kg <i>bagazo</i>

En el caso de que cocinen una vez al día en una semana, generan **2 toneladas** de bagazo.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
1 ton <i>bagazo</i>	1 ton <i>bagazo</i>	1 ton <i>bagazo</i>	1 ton <i>bagazo</i>

En el caso de que cocinen dos veces al día durante la semana, generan **4 toneladas** de bagazo.

De acuerdo a la información analizada, se establece que el caso extremo al que responde la futura solución corresponde a la producción de **1 tonelada de bagazo diaria**, o sea, 500 kilos cada descarga. De esta manera una futura solución puede aplicarse y ser efectiva hasta 500 kilos.





EL BAGAZO

Imagen: LICreate, Getty Images Signature

CARACTERÍSTICAS

El bagazo es el grano de malta macerado que se obtiene tras la filtración del mosto. Representa el 85% de todos los residuos que genera la industria y es en promedio el 31% del peso original de la malta que se utiliza (Martinez, Javier. (2020). Este es un residuo organico que tiene como disposición final vertedero o relleno sanitario y en su descomposicion genera gas metano, gas de efecto invernadero altamente contaminante, generando un fuerte impacto ambiental.

El bagazo se obtiene con un alto porcentaje de humedad, entre 70 a 80%, lo que lo hace susceptible al deterioro, y compromete su capacidad de ser aprovechado. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2019). *Bagazo de cerveza: un subproducto con múltiples aplicaciones.*) y su contenido de materia seca es de un 20 25%. (Pantoja Nazate, R. G. 2020).

Se caracteriza por conservar el 30% de las propiedades del grano.

85%

residuos de la producción

30%

conservació de las propiedades

75%

humedad

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BAGAZO CERVECERO

AGUA	75%
PROTEÍNAS	15 al 30%
FIBRAS	CELULOSA: 15 - 2% HEMICELULOSA: 28 - 35% LIGNINA: 28%
LÍPIDOS	4 al 18%
MINERALES	CALCIO - FÓSFORO - SELENIO
VITAMINAS	BIOTINA - ÁCIDO FÓLICO - VITAMINA B6 - OTRAS
AMINOÁCIDOS	LEUCINA - VALINA - ALANINA - GLICINA - ARGININA - TRIPTÓFANO - FENILALANINA - GLUTÁMICO - ÁCIDO ASPÁRTICO

Fuentes: Martínez, Javier. (2020). Producción de harina de bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera [Trabajos Finales de Áreas de Consolidación - Ingeniería Agronómica].

Barrera Martínez, Iliana del Carmen. (2019). Revalorización de residuos de la industria cervecera. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.

APLICACIONES

La ventaja del bagazo de la industria artesanal sobre el bagazo de cervecerías industriales, es que en el proceso artesanal no se utilizan aditivos químicos durante el proceso, por lo que la calidad de los subproductos es superior.

Entre las diversas aplicaciones que se le pueden dar al bagazo se encuentran las siguientes: alimento animal, producción de energía por combustión directa, biocombustibles, ingrediente para el compost, biomaterial y alimento humano, entre otros.

NUTRICIÓN ANIMAL

Es el principal uso que se le da al bagazo nivel mundial (Díaz, V. B. (2017)). Como alimento animal puede ser consumido húmedo o seco. Se emplea en la alimentación tanto de especies monogástricas: aves, cerdos, caballos; como poligástricas: vacas, ovejas y cabras. Tiene propiedades lactogénicas, que estimulan la producción de leche además de altos niveles de proteínas y fibras. (contexto ganadero. 2016).



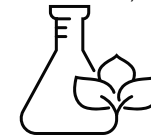
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Se utiliza como fuente de producción energética para la obtención de biocombustibles como el biogás, a través de su descomposición anaeróbica. Producción de bioetanol, biobutanol y biodiesel entre otros. También como fuente de energía por combustión directa. (C. Camacho, C. Grande. 2021). Para la producción de biocombustibles se utiliza húmedo y para la obtención de energía por combustión directa, debe tener un proceso de secado previo.



OBTENCIÓN DE BIOMATERIALES

Se ha explorado su uso como biomaterial en recubrimientos para prótesis, implantes odontológicos e injertos óseos. También se ha aplicado en materiales de diferentes industrias como la farmacéutica, alimentaria y química entre otras. (C. Camacho, C. Grande. 2021).

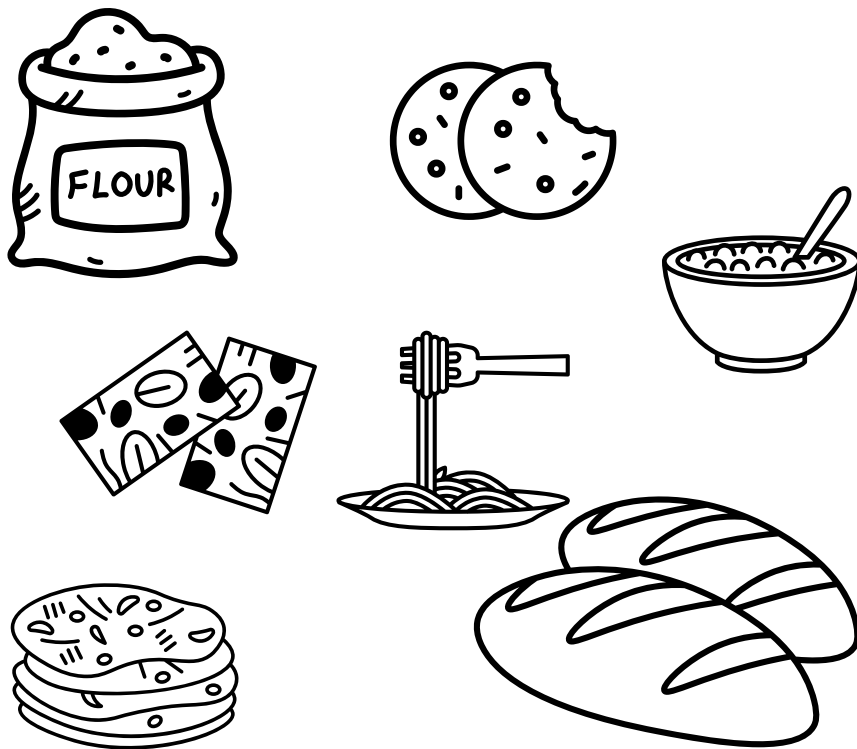


INGREDIENTE PARA EL COMPOST



NUTRICIÓN HUMANA

El bagazo en la alimentación humana es una buena fuente de fibra, proteína y minerales. Entre los beneficios de su consumo se encuentra la prevención de distintas enfermedades, entre ellas el cáncer de colon, trastornos gastrointestinales, diabetes, enfermedades cardiovasculares y ayuda también en la disminución del colesterol, entre otros. A partir del bagazo se puede hacer harina, productos horneados, granola, barras alimenticias, pan, galletas, pastas, waffles, panqueque, tortillas, etc.



Constitución química del bagazo v/s harina de trigo:

	BAGAZO	HARINA DE TRIGO
<i>Proteínas</i>	18%	13%
<i>Fibra</i>	41%	0,6%
<i>Almidón</i>	10%	81%
<i>Azúcares</i>	16%	0,2%

Fuente: Díaz, V. B. (2017). Utilización del grano agotado de cervecerías en la producción de alimentos.

El poder energético del bagazo es similar al de la harina de trigo, siendo 228 kcal/100g y 235 kcal/100g respectivamente. Esto demuestra el potencial nutritivo que tiene el bagazo (Díaz, V. B. 2017).

El rendimiento de la harina de bagazo es de un 25 a 30% aproximadamente, por lo que 300 kilos de malta rinden 75 kilos de harina.

Entonces podemos decir que en el caso de LOA, que utilizan 300 kilos de malta para una producción, y producen dos veces al día en el caso extremo, generan 150 kilos de harina. Si nos ponemos en el caso de que cocinan solo una vez al día, cuatro días a la semana, podrían producir 1.200 kilos de harina de bagazo.

Rendimiento de la harina de bagazo:

300 kg <i>malta inicial</i>	75 kg <i>harina</i>
1.200 kg <i>malta semanal</i>	300 kg <i>harina</i>
4.800 kg <i>malta mensual</i>	1.200 kg <i>harina</i>

Sin embargo, a pesar de las propiedades nutritivas y los beneficios que trae el consumo del bagazo en la dieta, y su alta disponibilidad, existe poca oferta de productos en base a este. Esto puede deberse a que el principal uso que se le da es como alimento animal, desaprovechándolo para el consumo humano. También puede explicarse por el alto contenido de humedad con el que se obtiene, que lo hace susceptible al deterioro comprometiendo su calidad e inocuidad en el consumo tanto a los animales como a los humanos.

Acorde a esto, en este trabajo se propone implementar una forma de prolongar la vida útil del bagazo para que pueda ser aprovechado en la industria alimentaria y/o como alimento animal.



Imagen: Eddie Hernandez, Getty Images





EL SECADO

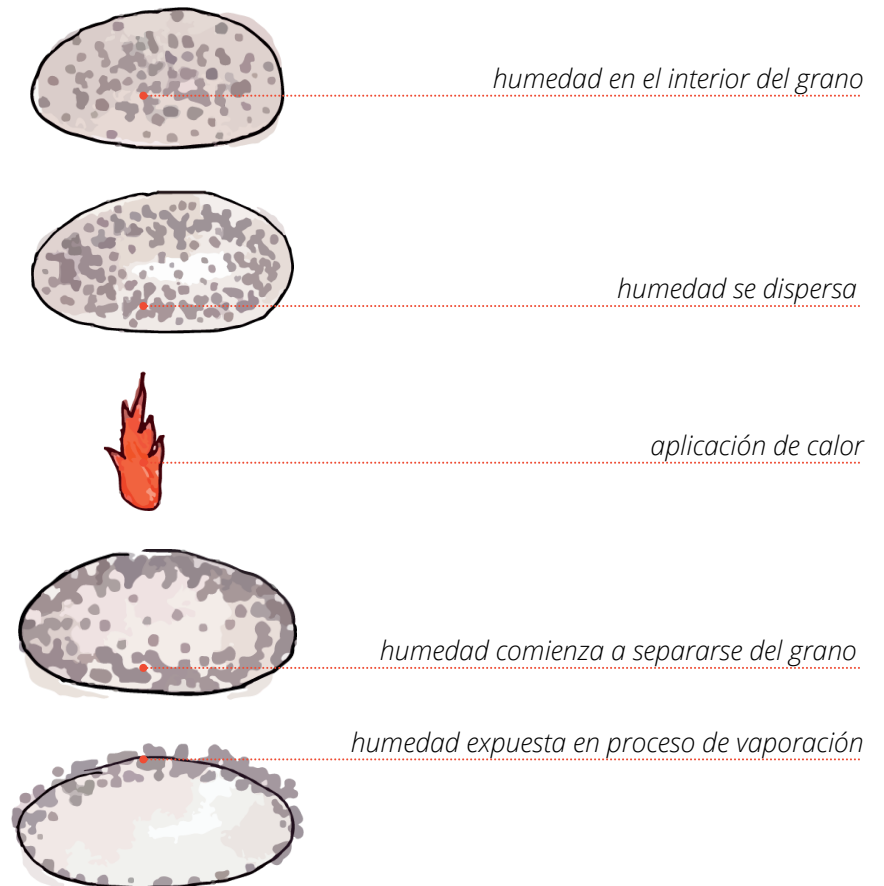
TEORÍA DEL SECADO

El secado o deshidratación es una técnica utilizada para la preservación de alimentos, que consiste en la reducción de la humedad. Un valor relativamente bajo de humedad permite alargar la vida útil de los alimentos, ya que, los microorganismos que provocan el deterioro, no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. (Torres Gallo, R. Miranda Lugo, P. J. & Martínez Padilla K. A. 2017).

El secado es el proceso que se adopta para eliminar el contenido líquido de un producto, este puede realizarse por evaporación o vaporización generalmente aplicando calor. El proceso de secado, es la eliminación de un líquido por su cambio de estado a vapor, separándose de un sólido. Para el secado se debe considerar la temperatura capaz de soportar el material sin alterar sus capacidades biológicas necesarias para lo que está destinado. (García Ortiz, C. J. 2013)

En este caso se trabaja con el bagazo de cerveza, que soporta 60°C, ya que mayor temperatura afecta su calidad nutricional y el gusto final. Este grano se obtiene con un 75% de humedad y para evitar su deterioro se debe secar hasta obtener un 10% de humedad final.

proceso físico de la vaporación de la humedad del grano:



El secado del bagazo debe responder a cuatro requerimientos:

**DISMINUIR EL CONTENIDO DE
AGUA DE LOS GRANOS**

**CONSERVAR LA MÁXIMA
CALIDAD DEL GRANO**

**EVITAR LA GERMINACIÓN DE
LAS SEMILLAS**

**ALCANZAR UN PORCENTAJE DE
HUMEDAD QUE NO PERMITA
EL CRECIMIENTO DE HONGOS Y
MICROORGANISMOS**

Características a considerar para un proceso de secado:

(Cisneros Arias, D. J. 2019)

FORMA FÍSICA DE ALIMENTACIÓN:

Se refiere a las características del material que se va a secar. En este caso, el bagazo es granular particulado, ya que el grano fue triturado en la molienda, por lo que se encuentran distintos tamaños de grano, pero no tan pequeños como para formar una masa pastosa y pegajosa.

ALIMENTACIÓN PROMEDIO:

En el caso de estudio, se da una alimentación por lote, que se refiere a que el secador será alimentado con bagazo húmedo máximo dos veces al día en tandas separadas.

COMBUSTIBLE:

Teniendo en cuenta que el bagazo a secar puede ser aprovechado posteriormente en la industria alimentaria, el fluido que se utiliza para secarlo debe ser aire, ya que el uso de gases contamina con partículas el bagazo. Por otro lado, las fuentes de energías necesarias para el funcionamiento del secador serán eléctricas y/o energía solar.

OPERACIONES ANTES Y DESPUÉS:

Previo al proceso de secado se debe obtener el bagazo del macerador, almacenarlo para el inicio del secado y posteriormente se debe almacenar en sacos.

El secado a través de un proceso térmico se puede clasificar en dos métodos:

MÉTODO ADIABÁTICO

El cambio de estado del líquido que contiene el grano se produce por vaporización, que ocurre por el aumento de la temperatura interior del líquido. El calor de la vaporización se entrega a través de un fluido que está en contacto con el material y arrastra el líquido *(García Ortiz, C. J. 2013)*.

MÉTODO NO ADIABÁTICO

El cambio de estado del líquido sucede a través de la evaporación, en que cambia su estado a gaseoso al tener la energía necesaria para superar la tensión superficial de la estructura molecular. La evaporación se produce a cualquier temperatura y la velocidad aumenta proporcionalmente a ella. El calor de evaporación se entrega por radiación y por contacto directo. *(García Ortiz, C. J. 2013)*.

PARÁMETROS

HUMEDAD DEL BAGAZO

El bagazo tiene un porcentaje de humedad inicial de **75%** aproximadamente. Y según los cálculos anteriores, de 300kg de grano seco, **225kg** corresponden a agua que se desea eliminar.

FLUJO DE BAGAZO

El secador se diseña para un volumen máximo de bagazo. El flujo del bagazo para el proceso de secado es por lotes. De acuerdo a las visitas que se realizaron a la cervecería, se determina que en el caso extremo, se trabaja con dos lotes diarios, de **500kg** cada uno.

TEMPERATURA INICIAL DEL BAGAZO

A mayor temperatura del bagazo, se necesita menos temperatura para calentarse, por lo tanto menor tiempo para que el agua sea evaporada. En el caso de estudio, el bagazo sale del macerador a una temperatura que permite la evaporación de la humedad, lo que se ve en el registro del proceso. Por lo tanto, la temperatura inicial del bagazo en este caso no es un factor que ralentice el proceso de secado.

VELOCIDAD DEL FLUIDO SECANTE

La velocidad del fluido secante afecta directamente en la efectividad del secado. A mayor velocidad del fluido, mayor es el arrastre de humedad. No obstante, se debe cuidar que la velocidad no sea lo suficientemente alta como para que se arrastren partículas de bagazo. La velocidad del fluido debe permitir el contacto parejo con los granos para lograr un secado homogéneo. Una velocidad de **2 (m/s)** puede ser un punto de partida.

TEMPERATURA DEL FLUIDO SECANTE

Mientras mayor sea la temperatura del fluido secante a la entrada del secador, más rápido podrá evaporar la humedad. Además, a mayor temperatura del fluido secante, aumenta su temperatura de rocío, que permite que arrastre mayores cantidades de agua antes de que llegue a su saturación y condensación. De acuerdo a lo investigado, la temperatura del fluido secante, que en este caso será aire es de **60°C**, ya que más temperatura afecta la calidad del grano.

HUMEDAD DEL FLUIDO SECANTE

El aire debe contener la menor humedad posible al momento del secado, ya que a medida que circula en el secador va perdiendo la capacidad de extraer humedad al ir ganándola, y al momento de saturarse no podrá extraer más humedad.

FLUJO DEL FLUIDO SECANTE

Al aumentar el flujo del aire, se aumenta la cantidad de calor en el interior, lo que provoca un menor tiempo de secado. En este caso, el flujo del fluido será constante a una velocidad aproximada de 2(m/S).

TIEMPO DE RESIDENCIA DEL BAGAZO

El tiempo de residencia es el tiempo que permanece el bagazo en el secador. Mayor tiempo de residencia puede permitir mayor disminución de la humedad. En el caso de estudio, se determina que la frecuencia de lotes de bagazo que ingresan al secador es de dos por día en el caso extremo. Por lo tanto el tiempo de residencia para un lote de bagazo es de **5 horas**.

TIEMPO DE RESIDENCIA DEL FLUIDO SECANTE

Al contrario que el tiempo de residencia del bagazo, el tiempo de residencia del aire dentro del secador debe ser lo más bajo posible para evitar su saturación. A mayor temperatura del fluido, mayor tiempo de residencia podrá ofrecer.

RESUMEN DE PARÁMETROS DEL CASO DE ESTUDIO:

- El bagazo se obtiene en **lotes**.
- En el caso extremo, se reciben **dos lotes al día**.
- Cada lote es de **500kg**.
- En un lote de bagazo se deben evaporar **225kg** de agua aproximadamente.
- Se dispone de **5 horas** para secar cada lote.
- El fluido secante para el secado es **aire**.
- La temperatura del aire es de **60°C**.
- La velocidad del fluido es de **2(m/s)** aproximadamente.

TIPOS DE SECADORES

Para poder clasificar los distintos tipos de secadores, se recopiló la información bibliográfica, luego se sintetiza en post-it y se clasifican según distintos criterios.

Clasificación de secadores según la fuente de calor



Imagen: elaboración propia.

Tipos de secadores industriales



Imagen: elaboración propia.

Si clasificamos los secadores según la fuente de calor, podemos separarlos en dos:

- Gases de combustión: los secadores que utilizan los gases de combustión como fluido secante generalmente son los industriales. Las ventajas de aprovechar los gases de combustión son una mayor entalpía y menos pérdida de calor. Otra ventaja es la disponibilidad, ya que al ser secadores industriales, aprovechan los gases que genera la misma industria en el proceso de secado. Entre las desventajas de utilizar los gases de combustión, es que la saturación del gas es más rápida si se compara con el aire, por lo tanto el tiempo de residencia en el secador es menor. Otra desventaja, es que el gas contamina el bagazo con las partículas presentes en él, comprometiendo su calidad de ser aprovechado en las industrias alimentarias.
- Aire caliente: aunque los secadores industriales utilizan generalmente los gases de combustión como fuente de calor, puede utilizarse el aire. Las ventajas de utilizar aire, es que la saturación es mas lenta, lo que se traduce en mayor tiempo de residencia. Otra ventaja, es que el aire no contamina el bagazo, por lo que no compromete su capacidad de ser aprovechado en distintas industrias. La desventaja del aire, es que necesita energía para aumentar su temperatura, por lo que se pierde energía en la transferencia de calor hacia el aire.

SECADOR ROTATIVO

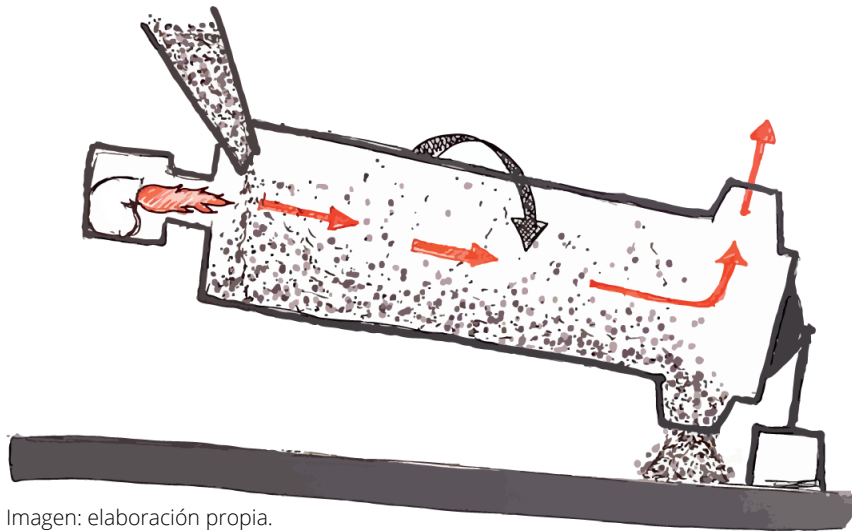


Imagen: elaboración propia.

Consiste en un cilindro hueco, montado diagonalmente. Por un extremo ingresa continuamente el bagazo y por el mismo, debajo de la entrada el material, ingresa el fluido secante. El cilindro gira sobre su eje horizontal para revolver el bagazo y entre en contacto con los gases calientes. Gracias a la inclinación, el bagazo avanza por el cilindro y sale seco por el otro extremo. En el mismo extremo, pero en la parte superior, son expulsados los gases. Estos secadores manejan volúmenes de hasta 15t/h (toneladas por hora) de material, y el puede ser introducido en el secador hasta lograr la humedad deseada.

SECADOR DE BANDA

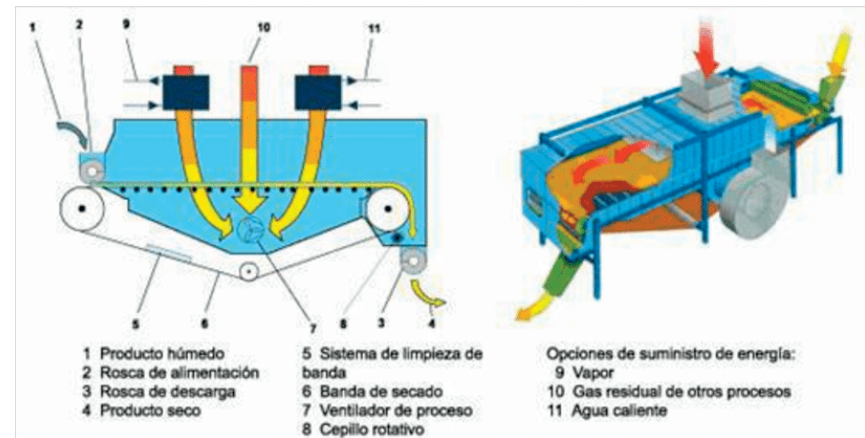


Imagen: www.otersu.es

EVALUATION OF A BAGAZO DRYER IN CHANGE IN THE FLOW AND DISTRIBUTION OF HOT GASES - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Secador-de-banda-Fuente-wwwotersues_fig1_312539285 [accessed 11 Jun, 2023]

Estos secadores logran mayor reducción de la humedad, pero el volumen de bagazo que manejan es menor que el secador rotativo, ya que en estos secadores, el bagazo ingresa por la banda en capas delgadas y a menor velocidad que el rotativo. El bagazo ingresa por un extremo y sale por el otro. Es transportado por una banda perforada que permite que los gases atraviesen perpendicularmente el material a secar.

SECADOR DE LECHO FLUIDIZADO

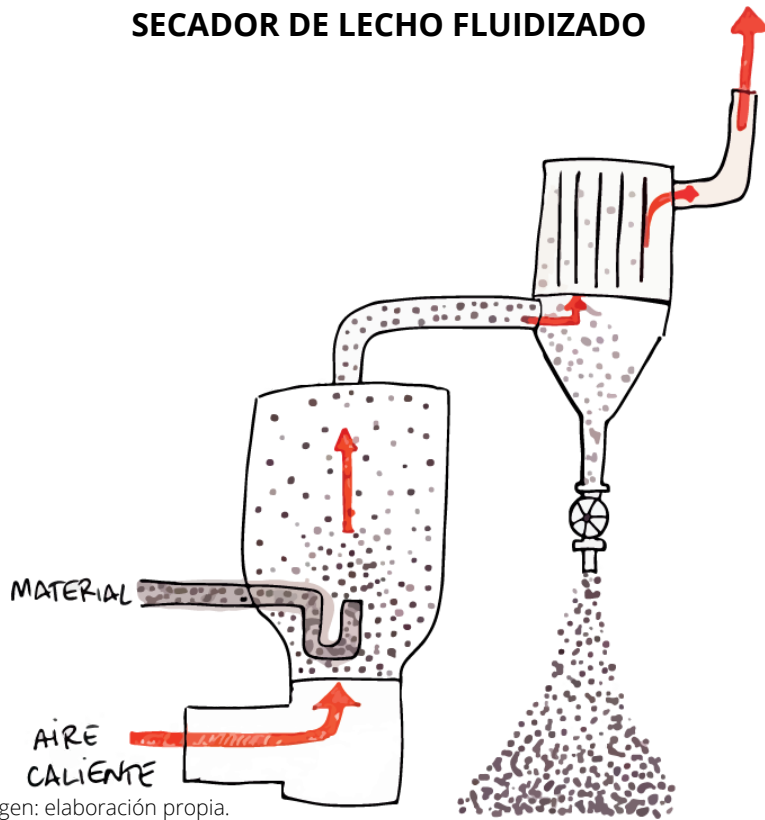


Imagen: elaboración propia.

Estos secadores son semicontinuos. El material ingresa al secador y descansa sobre una parrilla perforada que es atravesada por los gases de combustión que ingresan por la parte inferior. Las partículas que van perdiendo humedad, disminuyen su peso, fluyen hacia arriba y son arrastradas hacia un ciclón colector donde se separa de los gases. A pesar de la eficiencia del secado, este secador esta diseñado solo para un tamaño específico de partículas. Tampoco puede introducirse el material mas de dos veces ya que existe riesgo de combustión.

SECADOR VORTIGINOSO

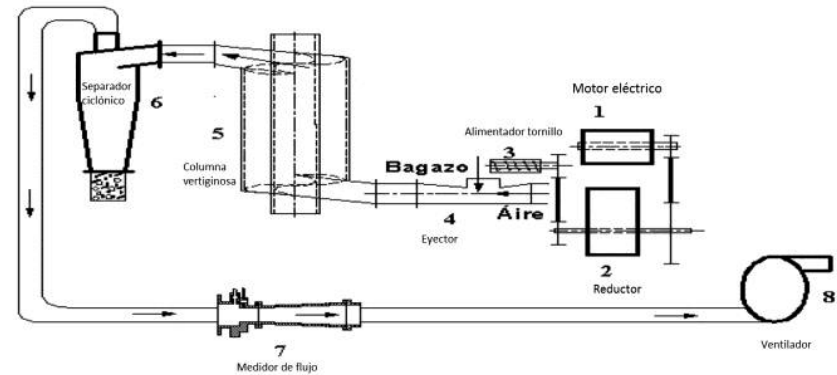


Imagen: Secador vortiginoso (Bombino 2012) BAGASSE DRYING, AN ALTERNATIVE FOR SAVING FUEL - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Figura-16-Secador-vortiginoso-Bombino-2012_fig8_301358758 [accessed 11 Jun, 2023]

Maneja menores cantidades de material, pero es muy eficiente en el secado. Consiste en alimentar en un jet de aire o gases calientes una cantidad de bagazo, que fluyen en conjunto por una tubería generando el secado. Luego los gases y el bagazo entra en un ciclón donde son separados.

Tras analizar en detalle los secadores industriales, el funcionamiento, la efectividad, los medios que utilizan para el secado y los componentes del sistema, se sintetizan en la siguiente lámina:

Componentes para un secador de bagazo

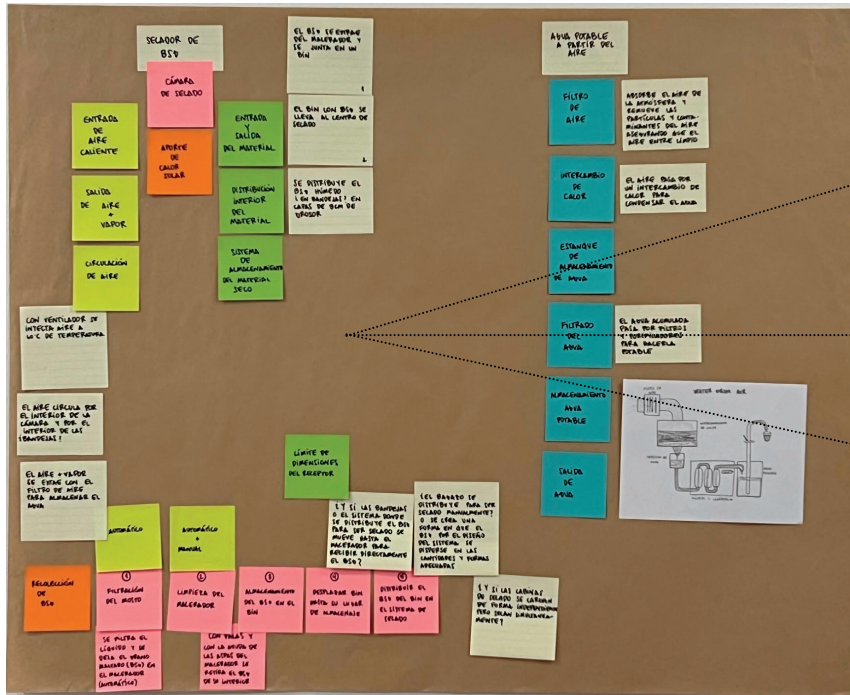


Imagen: elaboración propia.

CÁMARA DE SECADO

Es el cuerpo receptor del bagazo donde se produce el secado. Esta cámara de secado debe incluir lo siguiente:

INYECCIÓN DE AIRE CALIENTE

El aire que ingresa a la cámara de secado se introduce con un ventilador forzado.

ENTRADA Y SALIDA DEL AIRE

La cámara debe tener un ingreso para el aire caliente y una salida para el aire que arrastra la humedad.

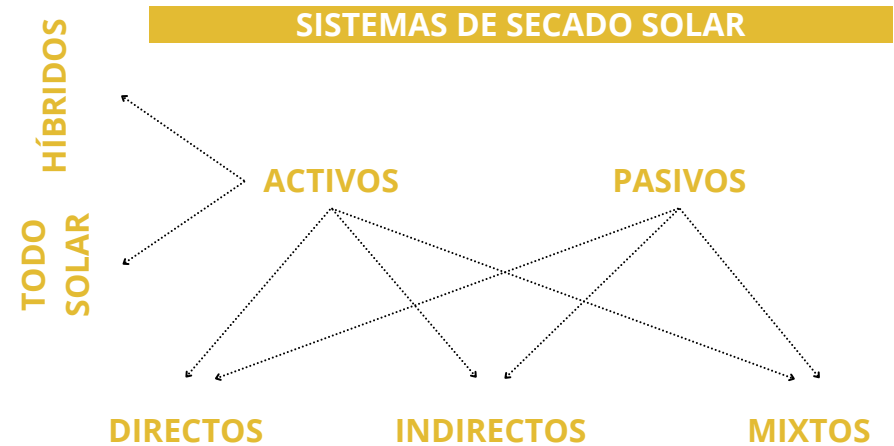
Otro tipo de secadores que se estudiaron son los secadores solares.

Estudio y análisis de los secadores solares



Imagen: elaboración propia.

De acuerdo a lo analizado en la imagen, los secadores solares se pueden clasificar en dos grandes grupos: activos y pasivo. La diferencia entre estos, es principalmente el uso de ventilador forzado para la inyección de aire al interior de la cámara en los secadores activos.



Los secadores solares también tienen en común la disposición del material a secar en bandejas. No utilizan otros medios mecánicos como presión o movimiento durante el proceso de secado, lo que los hace más lentos. A pesar de esto, podemos rescatar el uso de energía solar como fuente de energía complementaria.

USUARIO

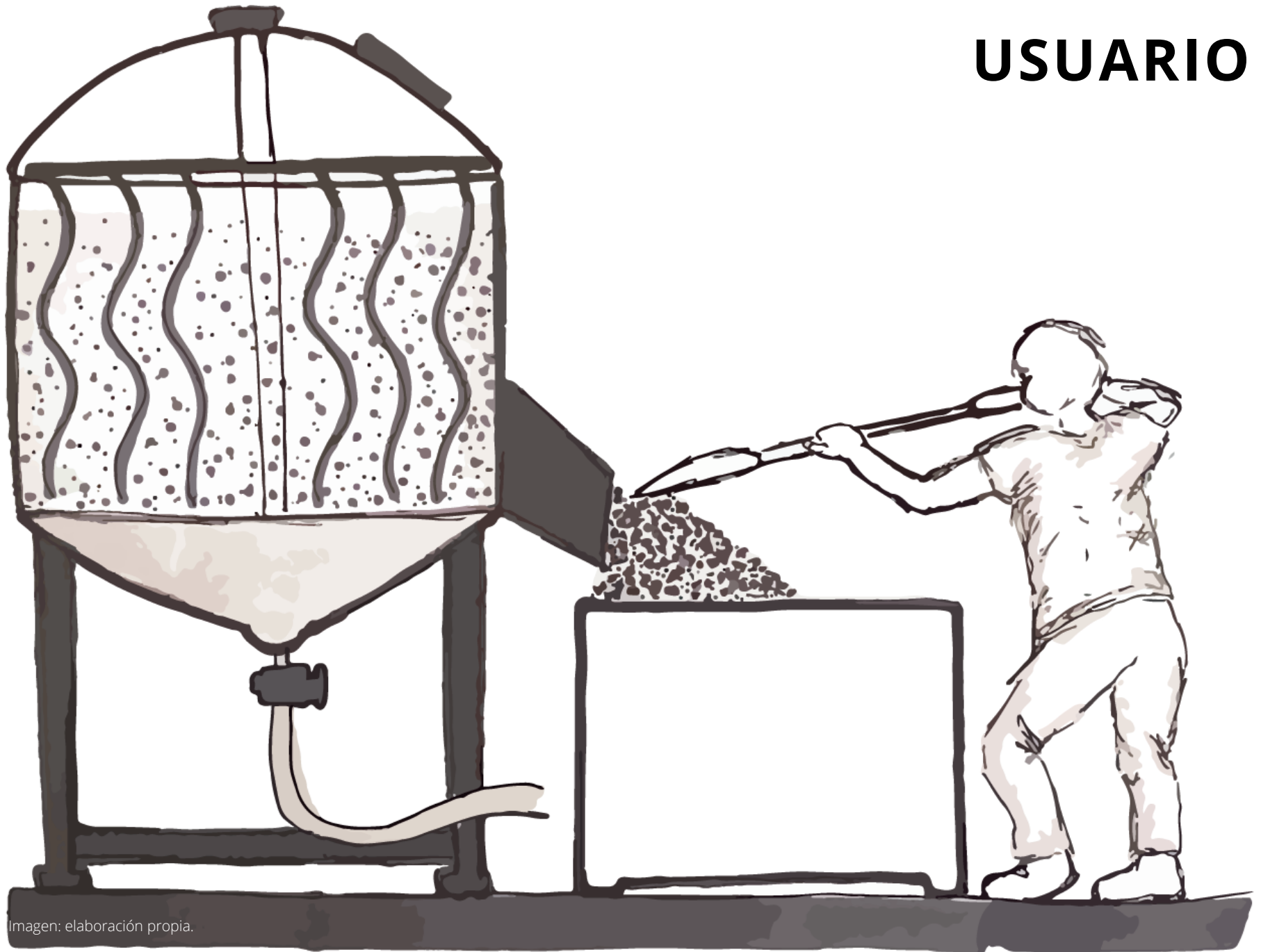


Imagen: elaboración propia.

El usuario de la propuesta es el trabajador de la cervecería artesanal, encargado del proceso de producción de la cerveza. Se distingue del maestro cervecero, ya que su tarea no es crear la receta de la cerveza, sino, reproducirla.

Debe verificar que cada paso se realice correctamente, abrir los pasos entre cada equipo para que ocurra la filtración del mosto, añadir el lúpulo en la cocción y otros ingredientes, chequear el pH, la temperatura y la ebullición, también debe tener el conocimiento técnico necesario para manejar los equipos, y poder solucionar las alteraciones del mosto en el proceso. Dentro de las tareas, también debe limpiar superficialmente los equipos para que puedan utilizarse en una nueva producción. En este proceso se encuentra el almacenamiento del bagazo. Una vez que se hizo el macerado y se filtra el mosto que se lleva a la cuba de cocción, queda el bagazo en el macerador. El encargado de la producción debe retirarlo del macerador para limpiarlo y poder iniciar un nuevo proceso de producción.

CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO:

sexo
HOMBRE

altura
173cm

edad
30 a 45 años

enseñanza
**básica completa,
superior técnica**



DESARROLLO PROYECTUAL



PROYECTO FINAL

DEFINICIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE DISEÑO

OPORTUNIDAD DE DISEÑO

**PONER EN VALOR UN SUBPRODUCTO DE
ALTA CALIDAD NUTRICIONAL QUE SE
ENCUENTRA SUBAPROVECHADO**

ESTADO DEL ARTE

Secador solar para granos de café



Imagen: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
<https://iica.int/es/prensa/noticias/pequenos-productores-de-centroamerica-construyen-secadoras-solares-para-conservar-y>

Deshidratador solar



Imagen: idma.
<https://www.idma.cl/que-es-un-secador-solar/>

Secador de granos NANO series



Imagen: MECMAR S.p.A. <https://www.agriexpo.online/es/prod/mecmar-spa/product-169695-11825.html>

Secadora de granos móvil, para pequeñas y grandes cantidades.

Fácil uso, flexibilidad y portabilidad.

OBJETIVO GENERAL

Optimizar el aprovechamiento del bagazo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

..... Poner en valor el bagazo
como insumo alimenticio

..... Prolongar la vida útil

..... Facilitar almacenamiento y
distribución

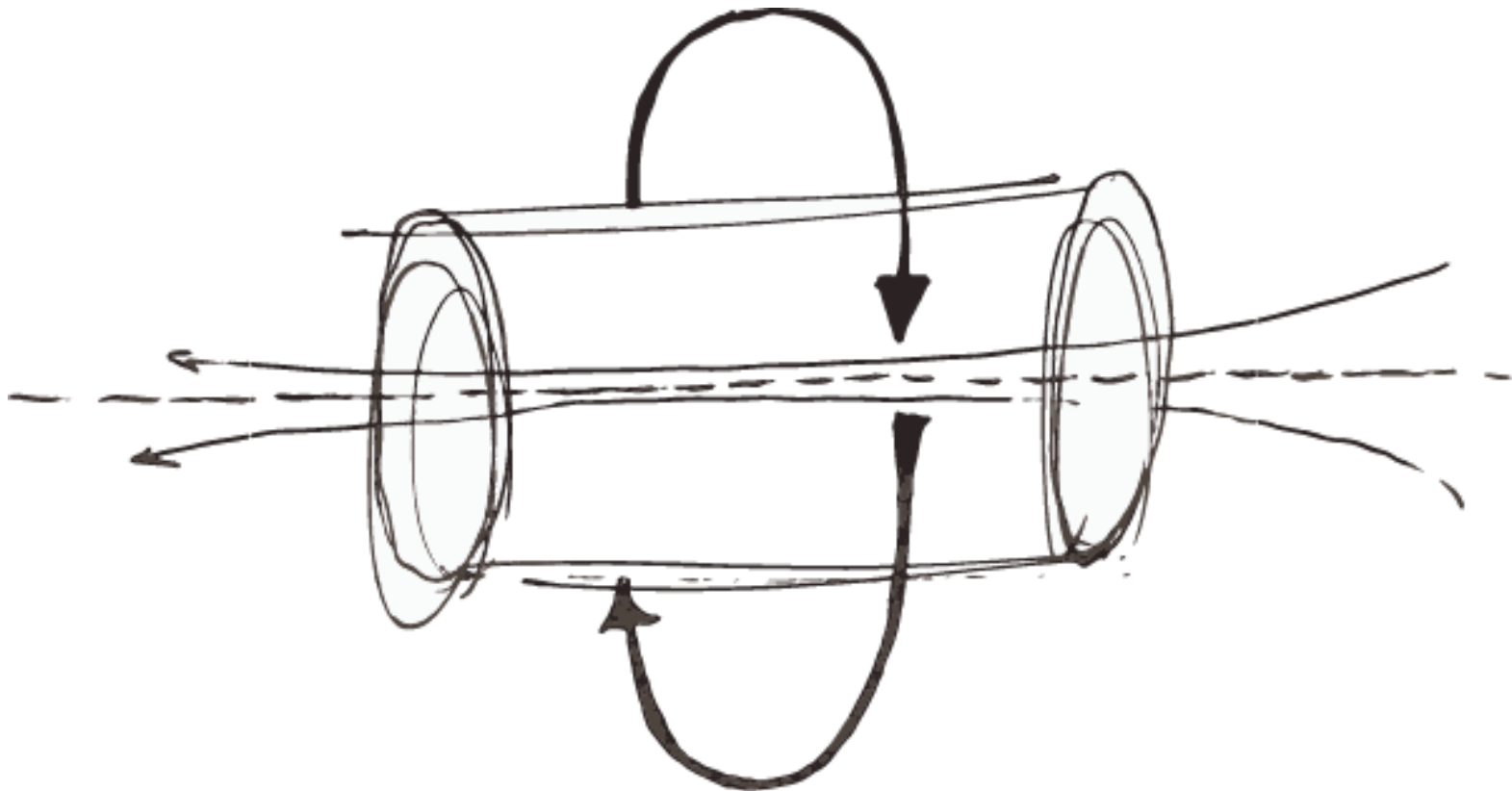
DESARROLLO PROYECTUAL

PROPUESTA CONCEPTUAL

SECAR MEDIANTE AIRE CALIENTE Y
MOVIMIENTO ROTATORIO

PROPUESTA FORMAL

CONTENEDOR CILÍNDRICO ROTATORIO EN
EJE HORIZONTAL CON FLUJO CONTINUO
DE AIRE CALIENTE FORZADO



REFERENTES INDIRECTOS

BETONERA



Imagen: Tool Mania
<https://toolmania.cl/construccion/betonera-200lt-800w-220v-mixer-bt200l-49291.html>

REFERENTES DIRECTOS

SECADOR ROTATORIO

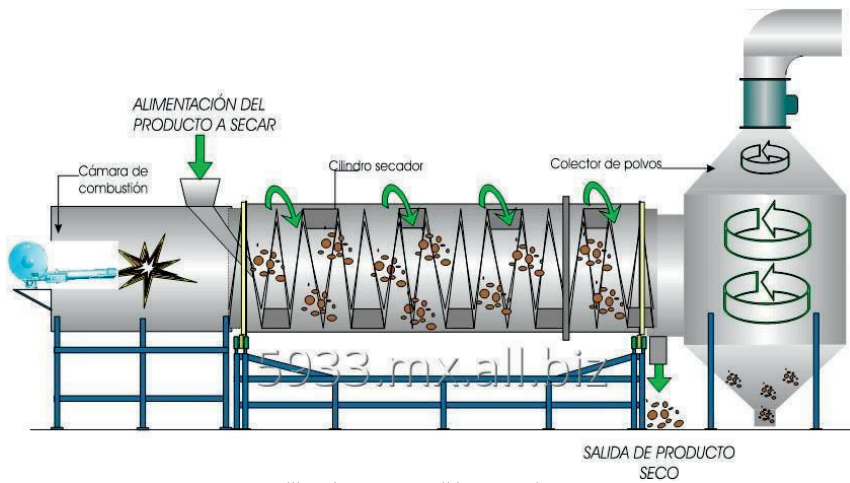
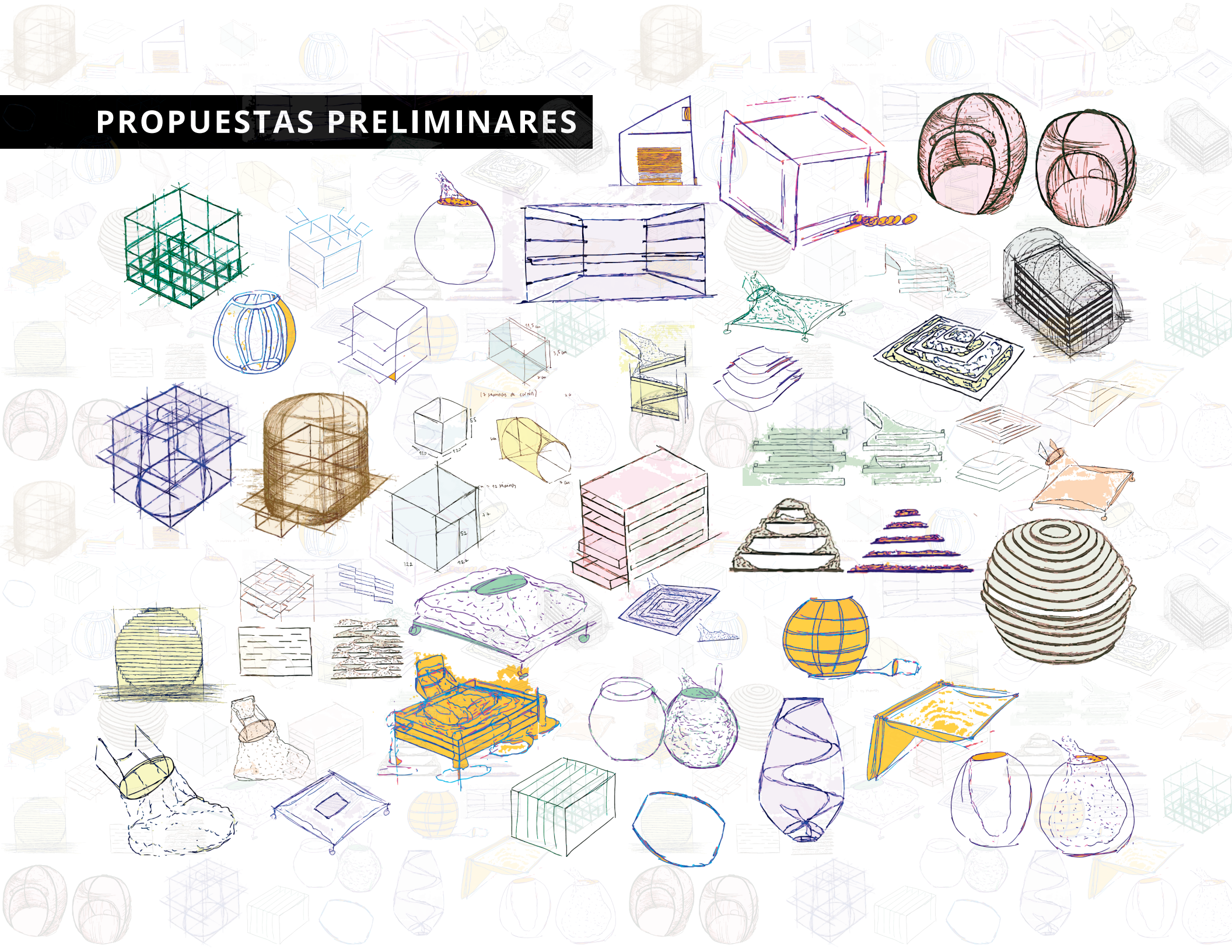


Imagen: allbiz. <https://mx.all.biz/secador-rotatorio-g37516>

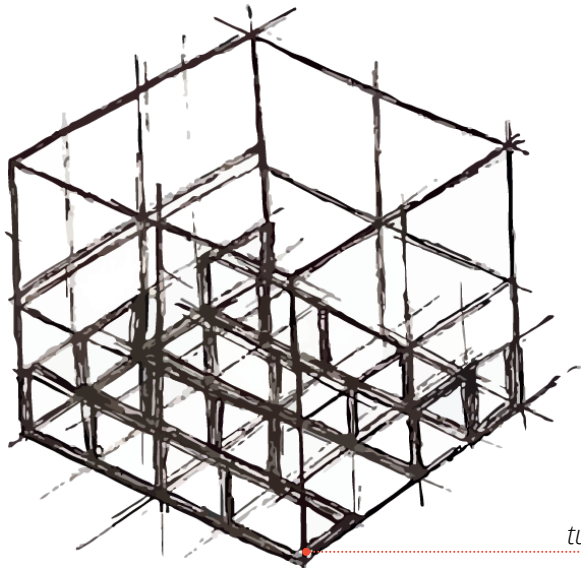
PROPUESTAS PRELIMINARES



La primera forma de plantear el secado para el bagazo, fue manteniendo el bin como contenedor para no alterar el proceso actual.

Sistema de tuberías que airean el bagazo al interior del bin.

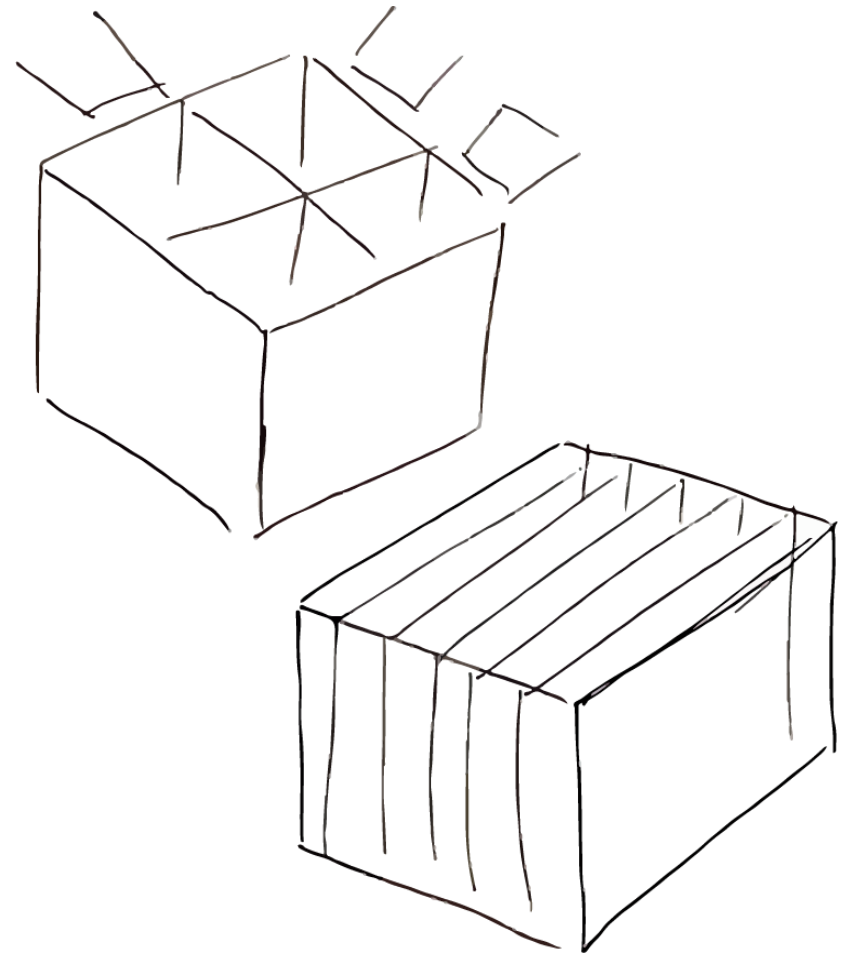
En esta propuesta se crea un sistema con tuberías que se incorpora al bin utilizado actualmente. Las tuberías tendrían perforaciones que permiten el flujo del aire caliente para que entre en contacto con el bagazo y ocurra el secado, sin necesitar una cámara de secado adicional.



tuberías que filtran el aire

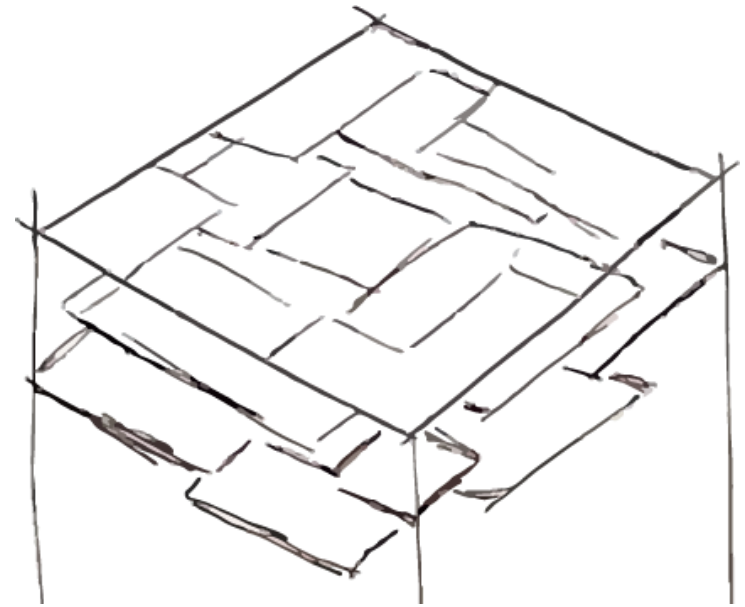
Compartimentos para separar el bagazo en el bin.

Se exploran las formas de separar en compartimentos el bagazo en el interior del bin, de manera de que al almacenar el bagazo esté dispuesto en cantidades similares y su secado sea homogéneo. Esta propuesta necesitaría de un sistema de aire forzado adicional.

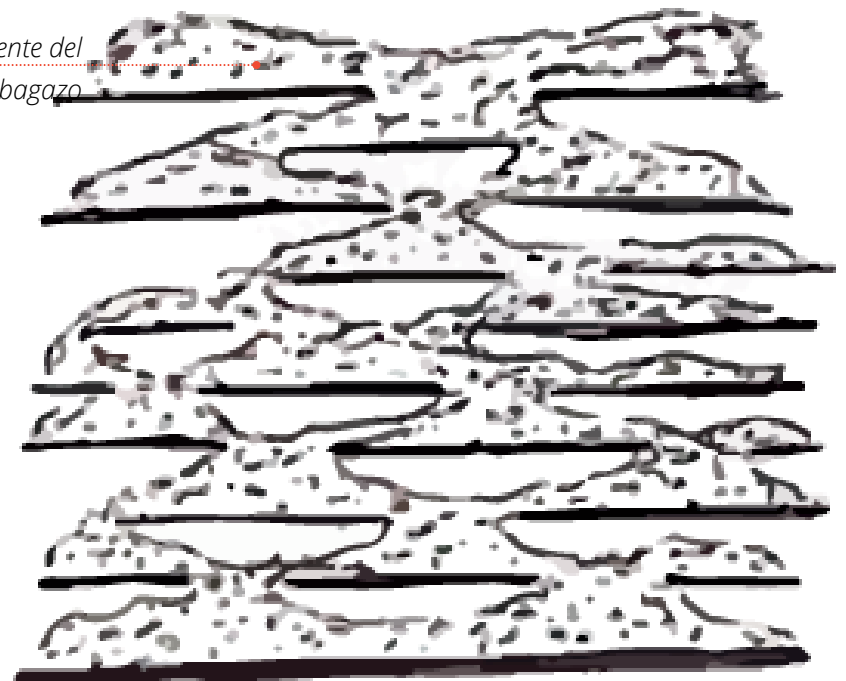
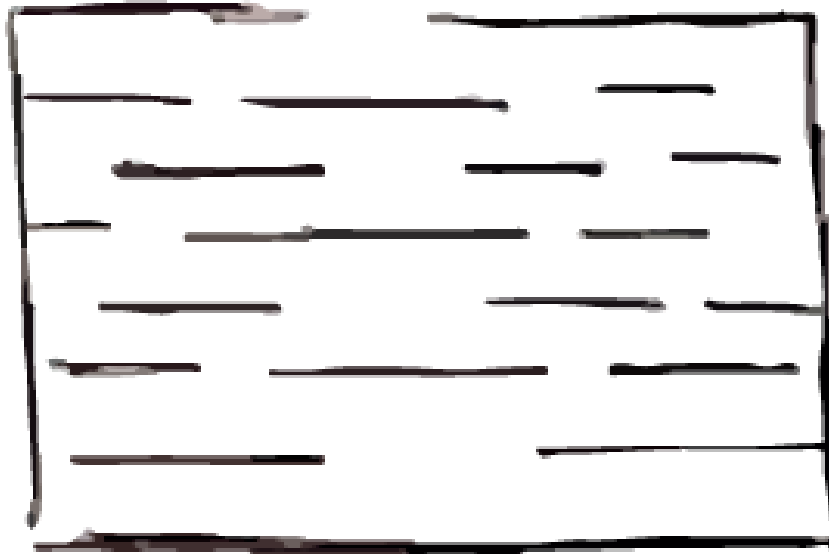


Distribución de bagazo por caída en planos horizontales.

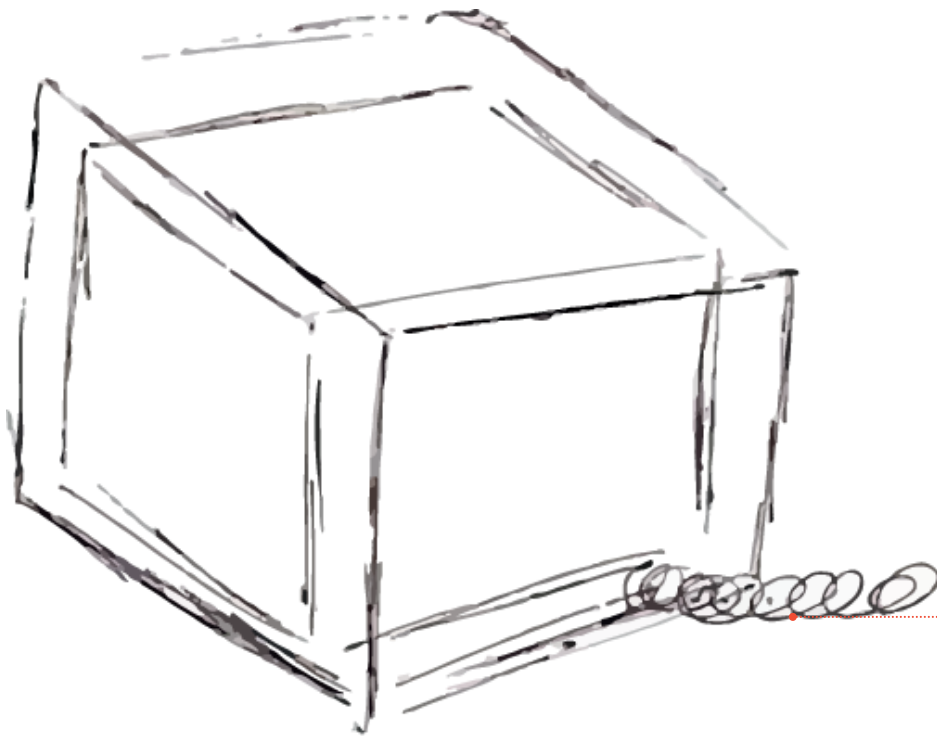
Se propone un complejo de planos horizontales que se incorporan al bin. A medida que el bagazo cae, los planos superiores almacenan bagazo y permiten que el exceso caiga a los planos de abajo. Con esto se busca una distribución uniforme que no requiere la intervención de personas, y que permite posteriormente el flujo de aire continuo y un secado homogéneo.



distribución uniforme e independiente del bagazo

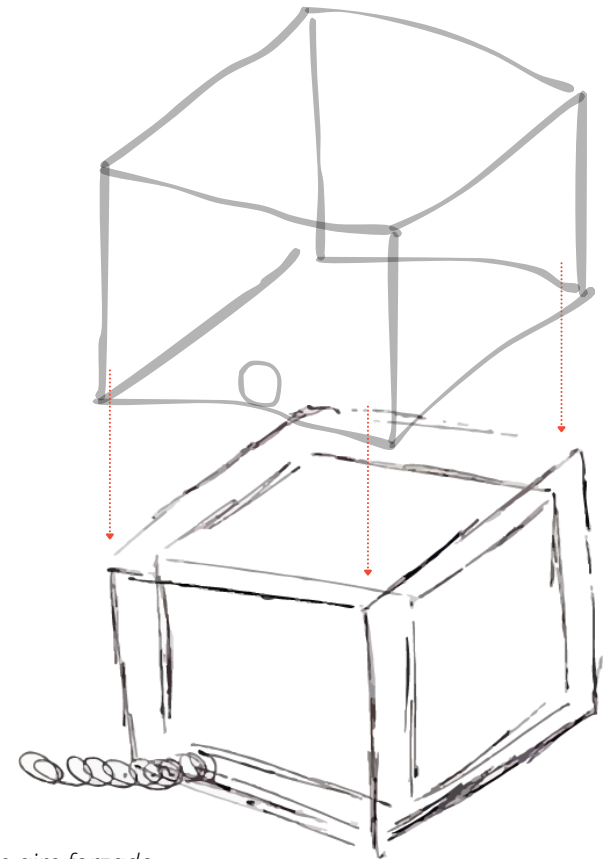


Luego de pensar en formas de distribuir el bagazo al interior del bin para haya flujo de aire, se pensó en la cámara de secado a la que se incorpora el bin con el bagazo.



Cámara de secado cobertor.

La primera aproximación de una cámara de secado para el bin fue manteniendo la forma cuadrada del mismo, creando un cobertor que "viste" al bin y que se conecta a un ventilador que inyecta el aire caliente al interior para secar el bagazo.

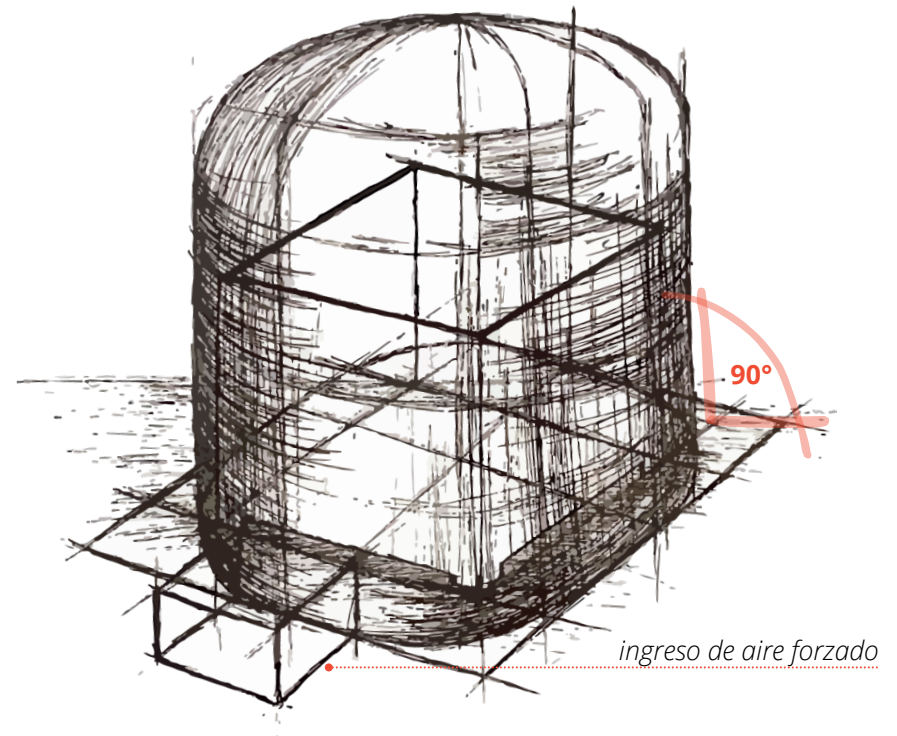
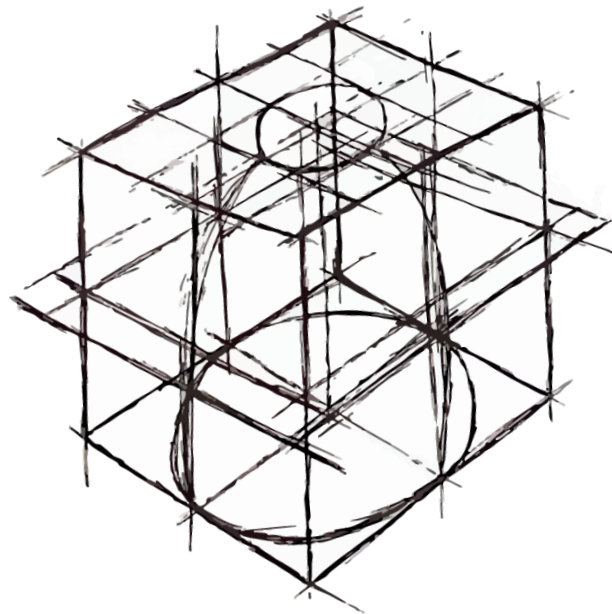


ingreso de aire forzado

Cámara de secado para bin estática.

Al profundizar en el flujo del aire, se propone una cámara de techo redondo que permite mayor fluidez para en aire forzado. La primera idea es una "carpa" sin base, que se levanta perpendicular al suelo generando un ángulo entre estos.

En esta propuesta de cámara no se considera que sea un objeto que se le "pone" y "saca", sino que es una "carpa" estática en la que "entra" y "sale" el bin.

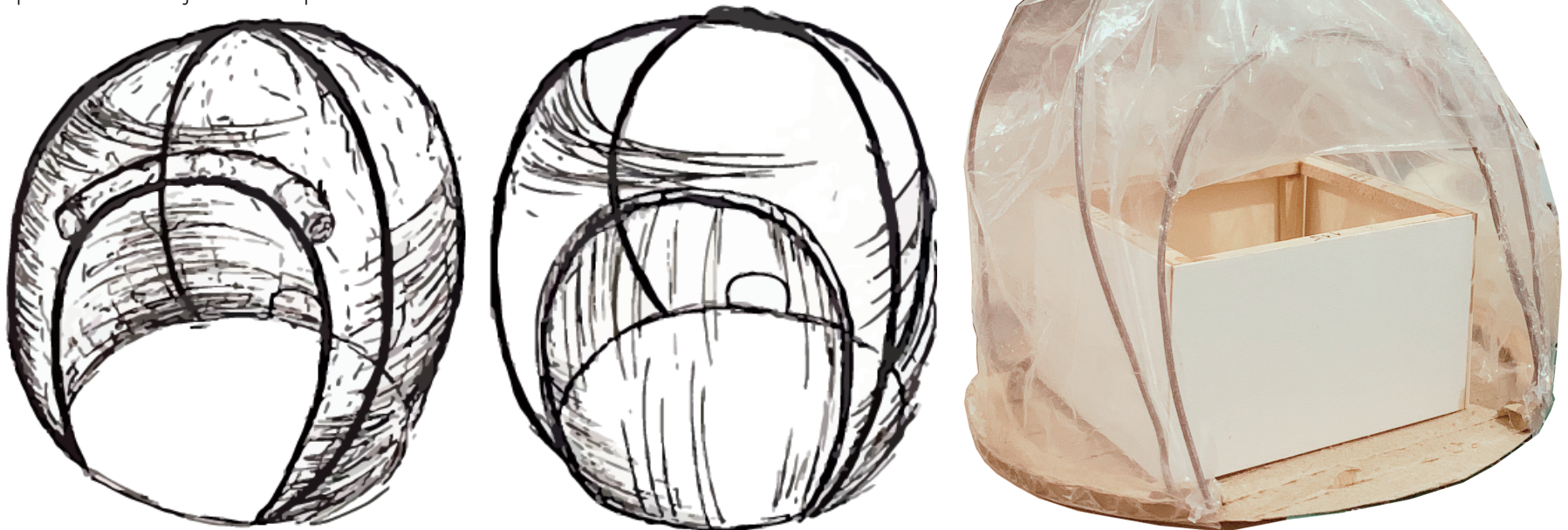


Cámara de secado tipo carpa.

Continuando con una cámara de forma redonda para permitir un mejor flujo en el interior, se ajusta el levantamiento perpendicular y se le incorpora una base para que el secado ocurra aislado, siempre considerando una entrada de aire forzado y una salida de la humedad. Para mejorar el flujo en el interior la cámara pasa de ser cilíndrica a una forma ovalada, evitando ángulos que afecten en el flujo.

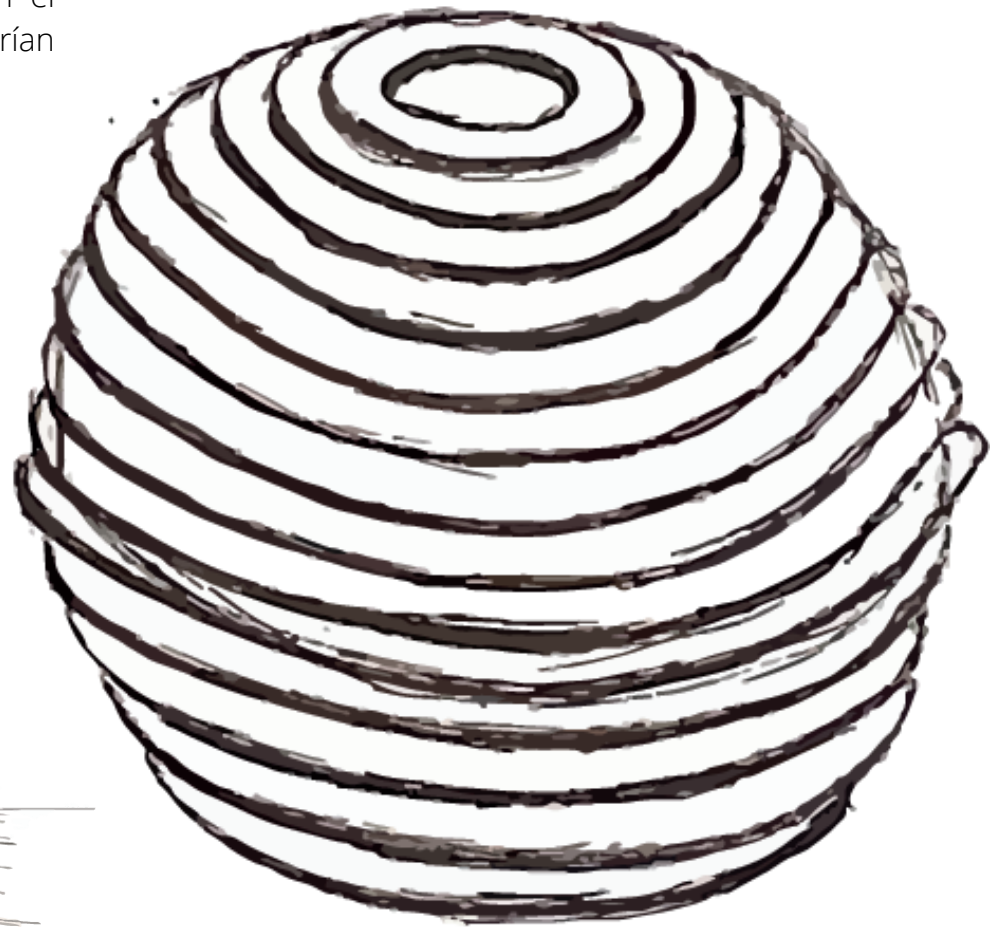
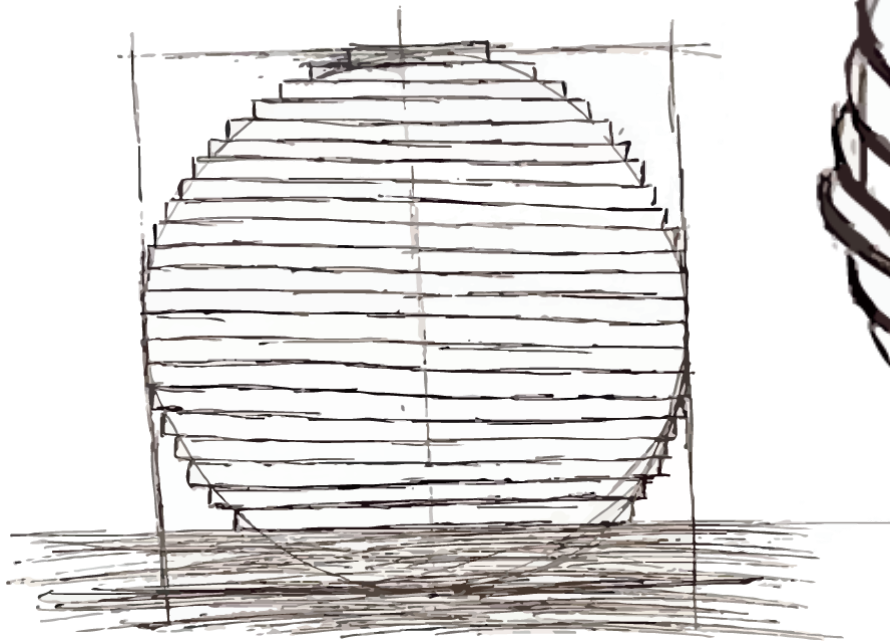
Con todo lo considerado, se propone finalmente una cámara ovalada, similar a una carpa, que se compone de estructuras que permiten el levantamiento y se cubre con un material flexible.

Con este sistema de cámara similar a una carpa, se busca que sea un objeto transportable.



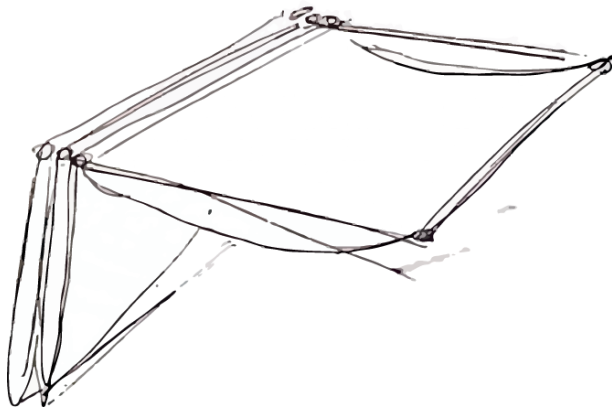
Cámara de secado laminada.

Otra propuesta de cámara de secado para un bin, fue plantearla como una estructura estática. Para esto se pensó en una esfera con un espacio interior que albergue el bin mientras ocurre el secado. La idea de un fácil armado se mantuvo, y se propone una figura laminada que se arma apilando las piezas para lograr el volumen. Sin embargo, en esta propuesta, se generan ángulos en el interior que pueden afectar el flujo del aire y podrían retener la humedad.

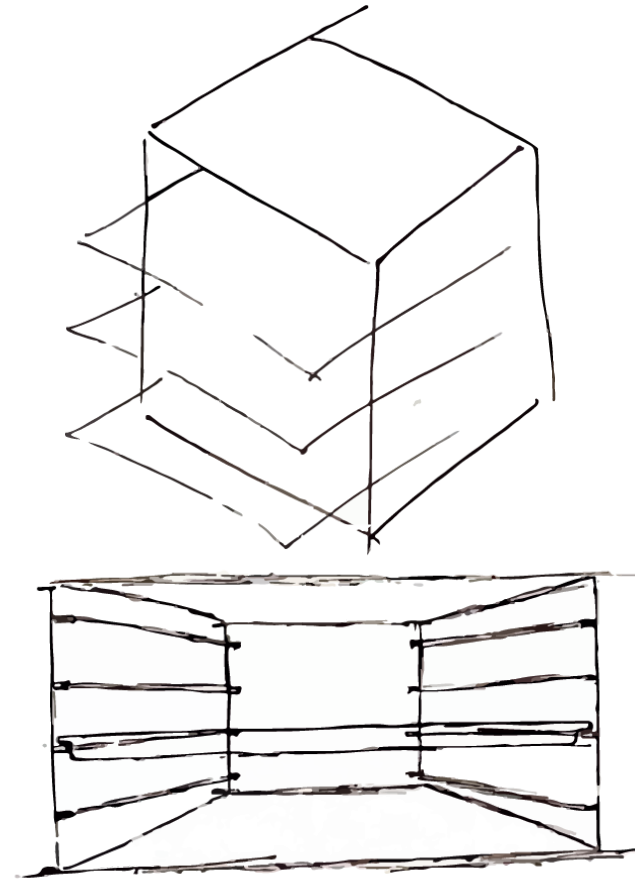


Otra manera de abordar la recolección y distribución del bagazo, fue dejando de lado el bin para el almacenamiento, proponiendo un cambio en la practica actual, pero buscando optimizar la disposición de este para un secado parejo y rápido. Esta aproximación se basa en los sistemas de bandejas para recolectar el bagazo y disponerlo para su secado.

Sistema de bandejas flexibles y adaptables.

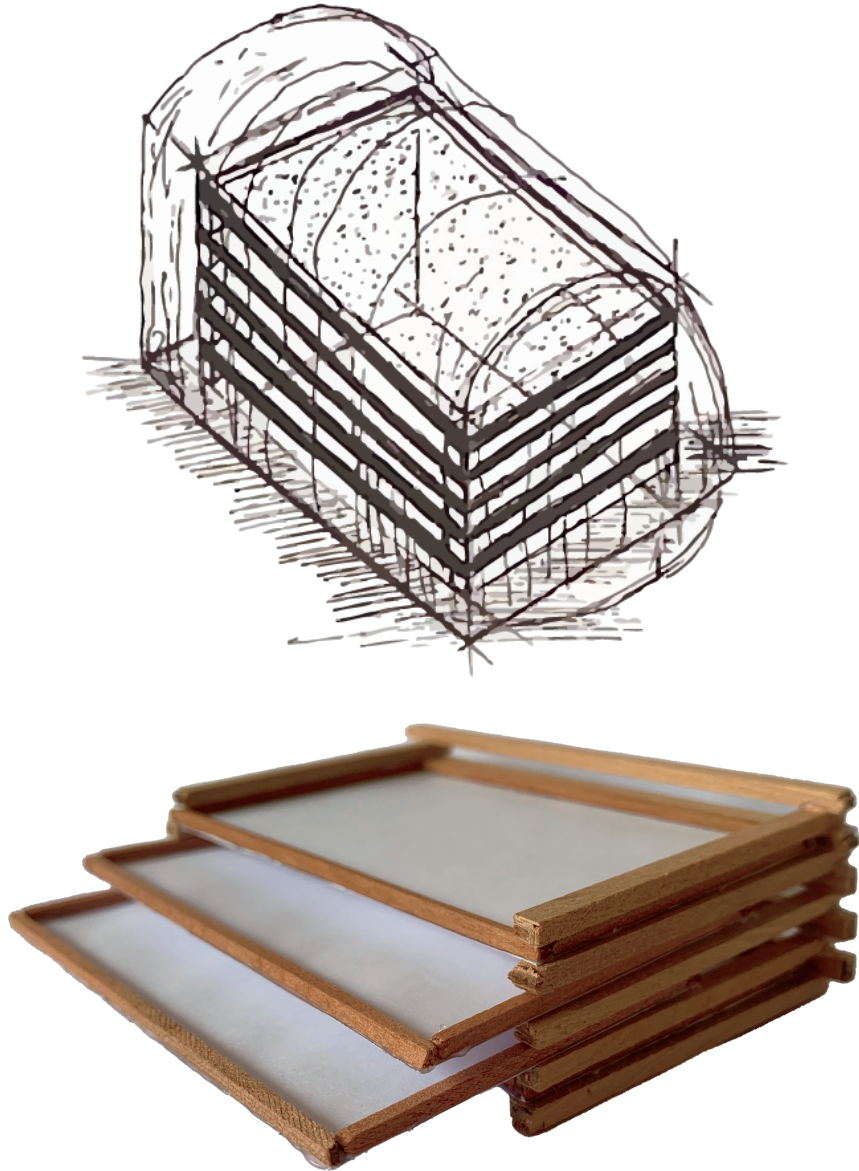


Sistema de bandejas deslizables.

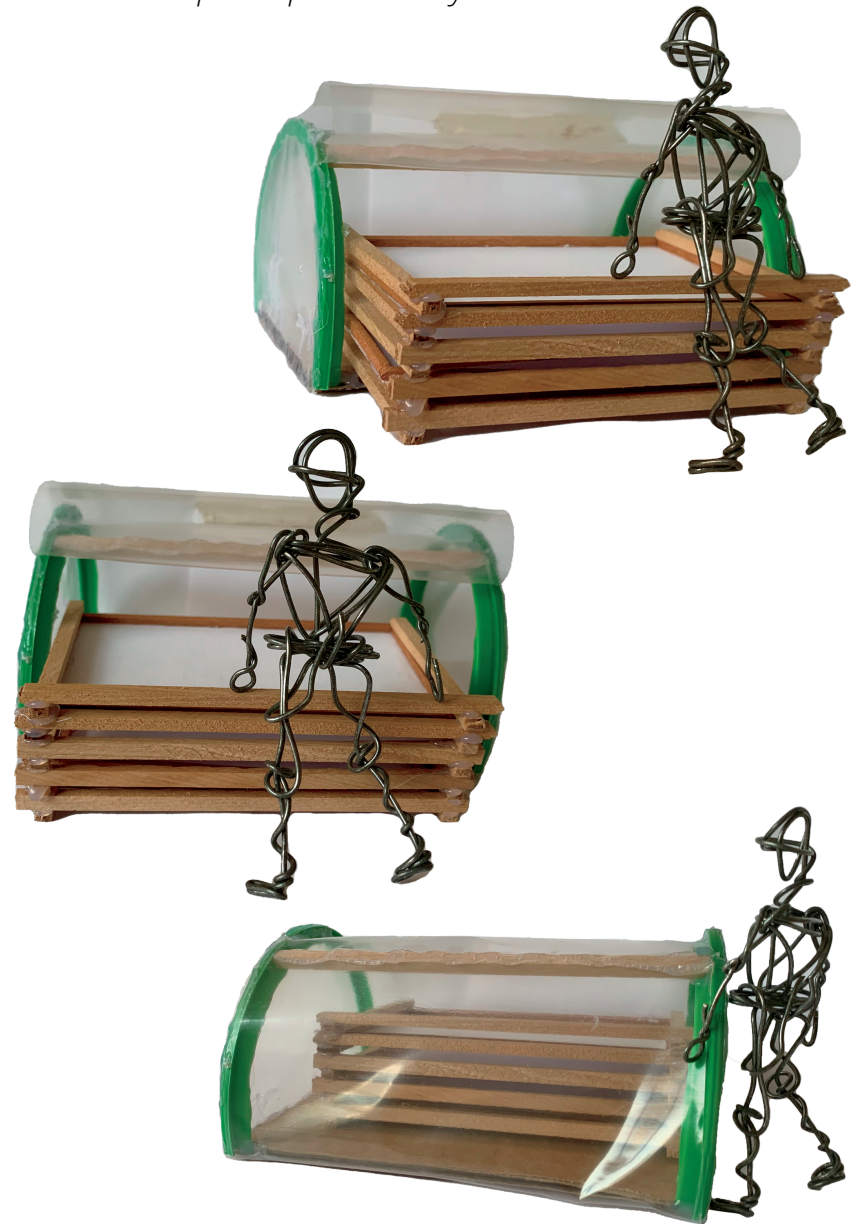


Según lo investigado, para optimizar el secado del bagazo en bandejas, este se debe distribuir en espesores de 3 centímetros para que el secado sea eficiente y rápido. Sin embargo, en este caso se manejan aproximadamente 400kg de bagazo, que ocupan un espacio de 120x120x55cm. por lo que si se quiere distribuir en bandejas de 3 cm de espesor, manipularía 18 bandejas, lo que requiere más intervención que en el proceso actual.

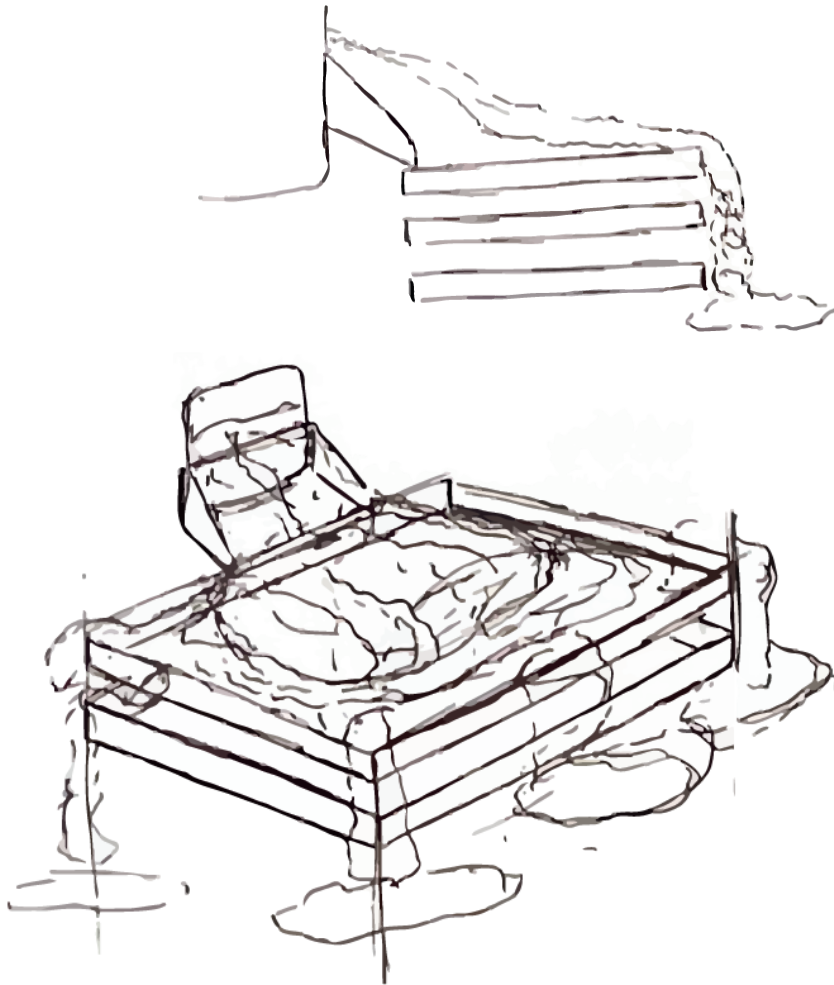
En esta propuesta se hizo un prototipo de bandejas a escala y se estudió la forma de la cámara de secado para este sistema.



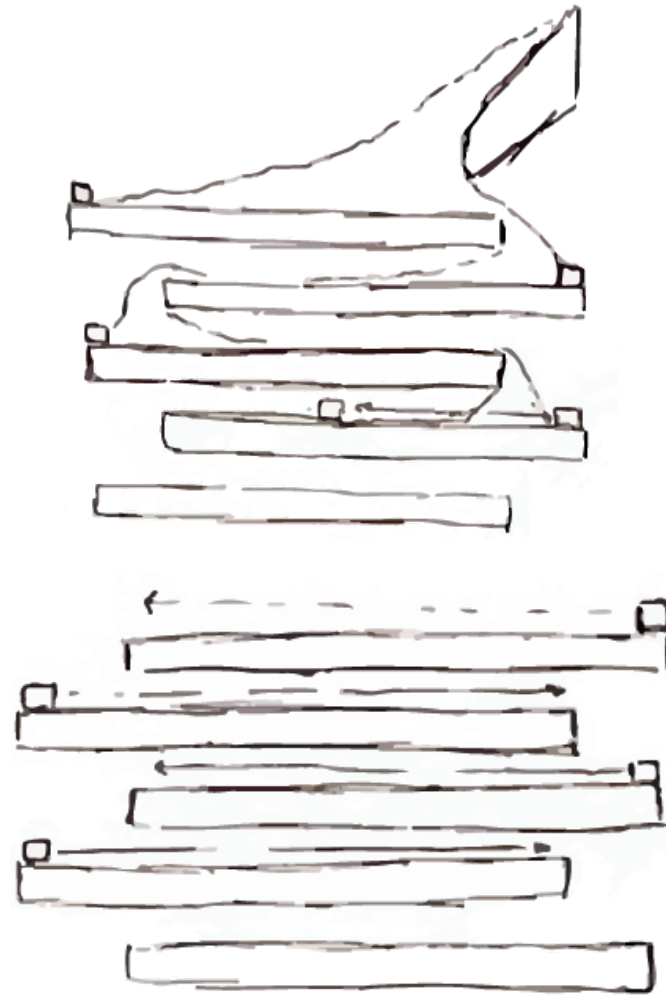
*Propuesta de bandejas y cámara de secado:
prototipo a escala y modo de uso*



Luego de analizar más profundamente la salida del bagazo del macerador, las primeras descargas salen de este descontroladas y en mayores cantidades que a medida que se vacía. Por esto, un sistema de bandejas deslizables no son la mejor solución, ya que pueden colapsar y desparramar el bagazo.



Explorando distintas formas de disponer las bandejas para que no colapsen al recibir el bagazo y desparramen, se propone incorporar un tope en un extremo de la bandeja que sirva de barrera. Esta barrera también sirve para remover el exceso de bagazo que pueda quedar en la bandeja y asegurar que se distribuye en espesores óptimos.



Distribución de bagazo en cascada vertical.

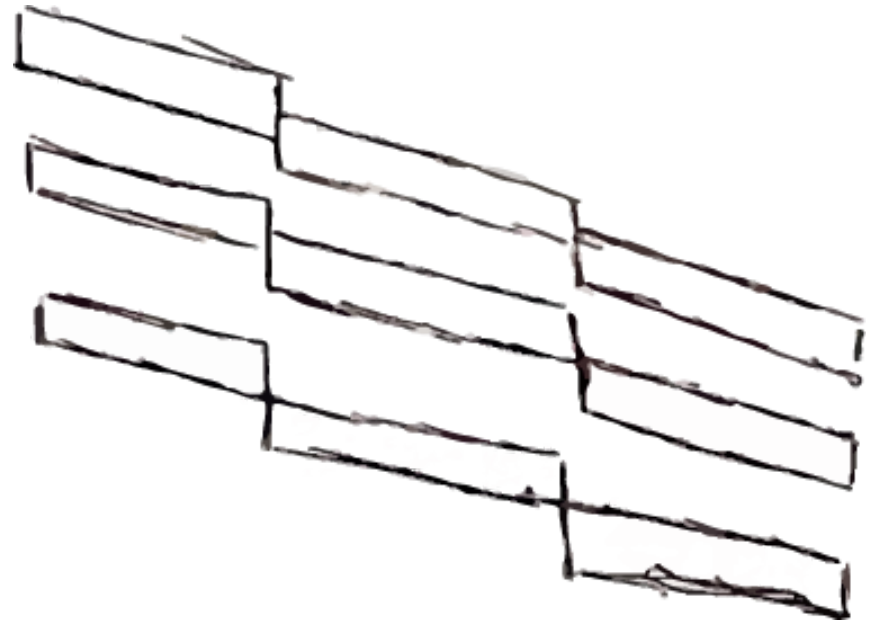
Por último, considerando las dimensiones de las bandejas, un sistema de topes que se mueven manualmente para esparcir el bagazo, no son la mejor solución. Por esto, se propone que las bandejas, con las mismas dimensiones, se dispongan con un ángulo que permite recibir el bagazo, y al colapsar el bagazo caiga en la siguiente bandeja. Sin embargo, por la cantidad de bandejas que se necesitan, las dimensiones del sistema impiden su fácil manipulación.



Distribución de bagazo en cascada.

Rescatando la distribución del bagazo por su propia caída explorada en la primera propuesta preliminar, se propone otra forma en que pueda suceder lo mismo, esta vez sin utilizar el bin, sino como un nuevo objeto.

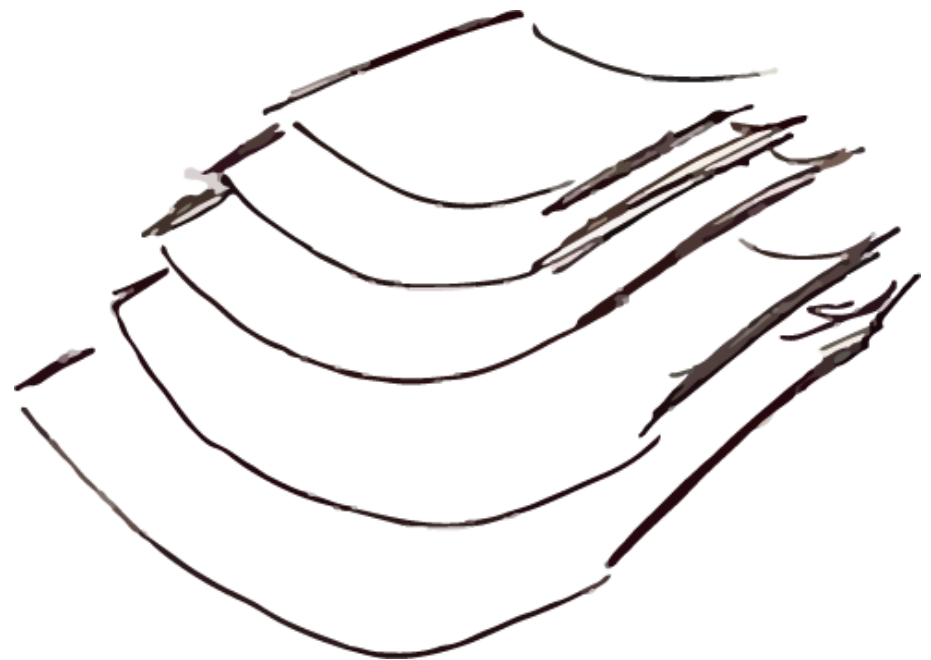
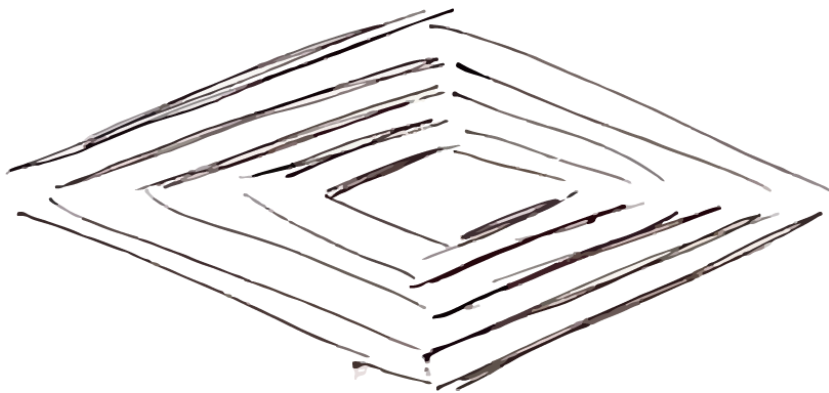
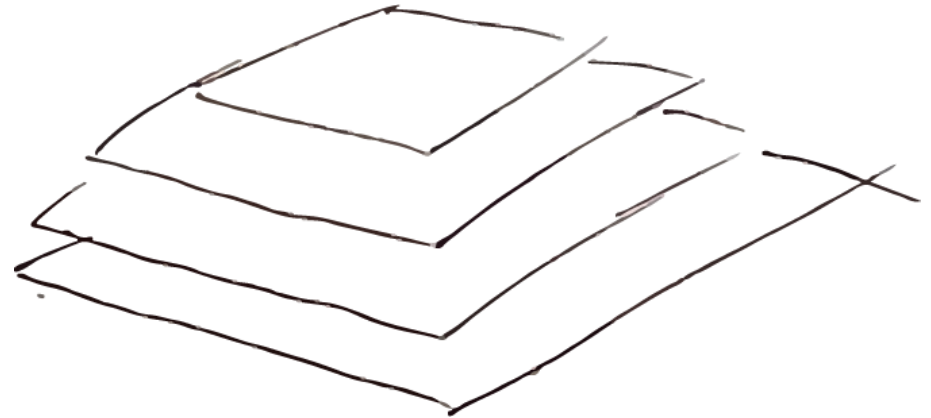
En esta propuesta, se crea un cuerpo con bandejas receptoras en forma de escalera (en este caso no deslizables), para que desde la más alta el bagazo se fuese almacenando hasta colapsar su capacidad y así continuar con la siguiente.

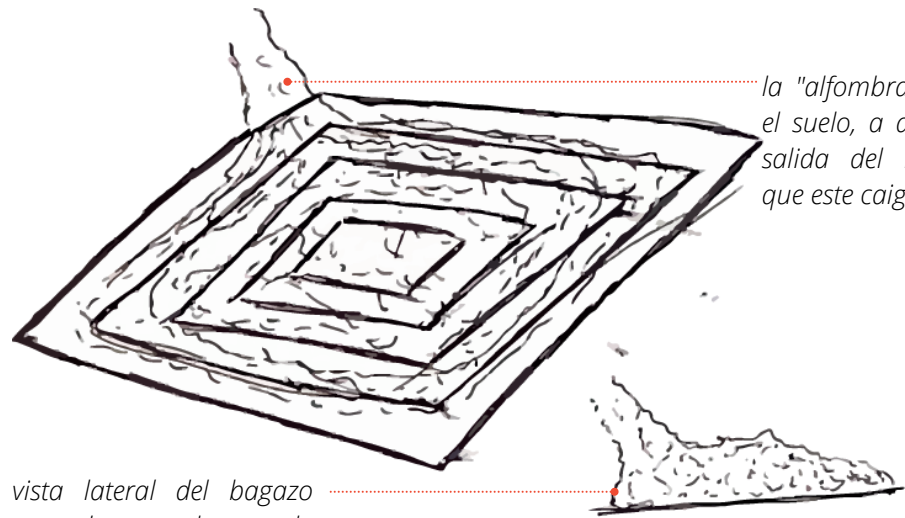


Después de proponer distintas formas para que un sistema de bandejas fuese posible, se replantea la solución, cambiando a una posible solución que fuese adaptable, flexible, en que el diseño condicione la distribución del bagazo, de manera que no se necesite intervenir en el proceso.

"alfombra"

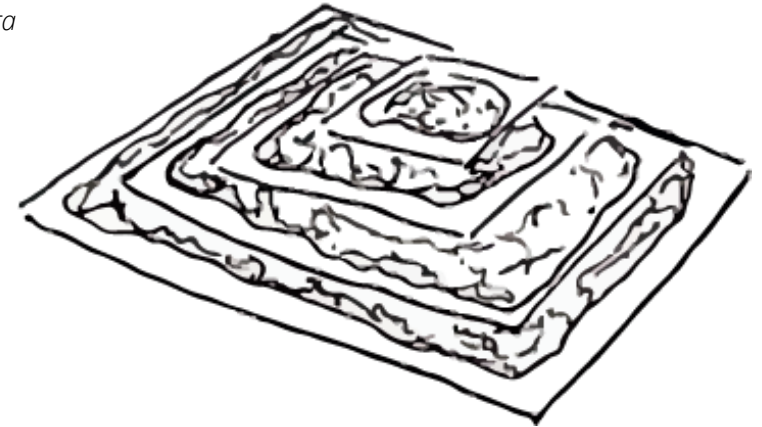
La primera idea de un sistema de almacenamiento y distribución del bagazo, que fuese flexible y adaptable a distintas cantidades, se planteó como una "alfombra" que tuviese distintas capas que fuesen de más grande a más pequeña.



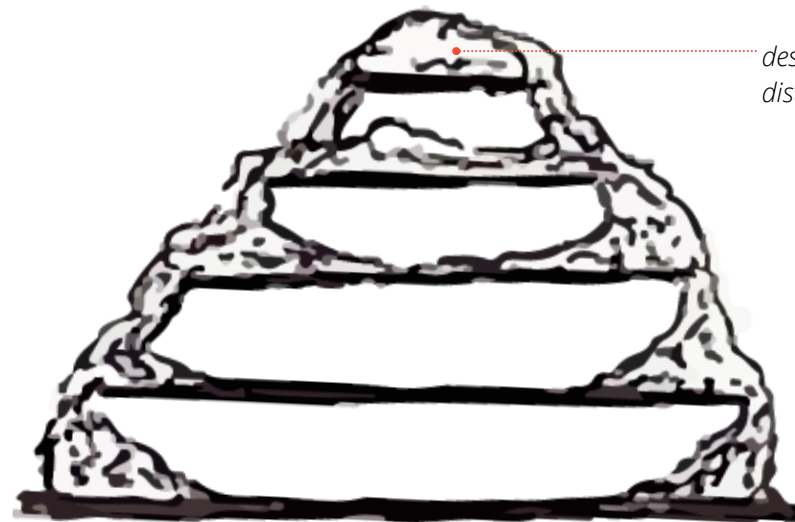


la "alfombra" se pone en el suelo, a a altura de la salida del bagazo para que este caiga sobre ella.

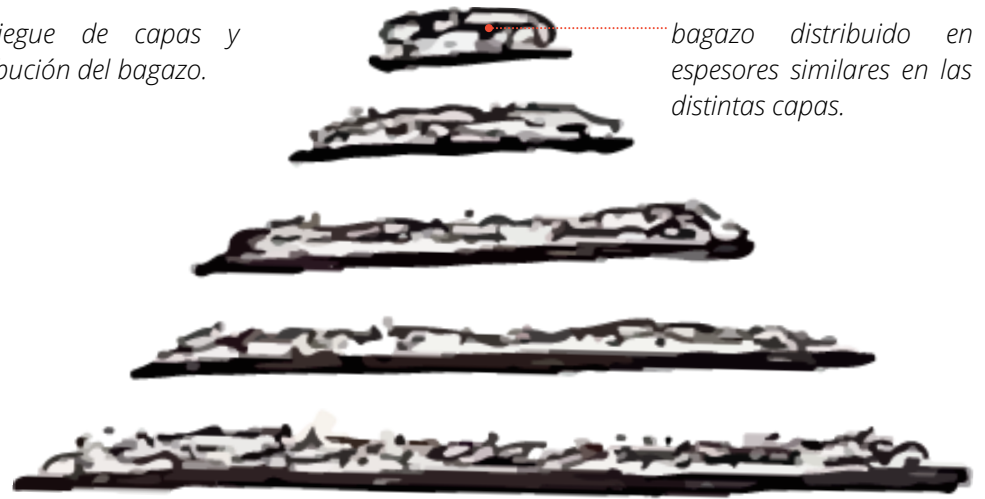
vista lateral del bagazo cayendo sobre la "alfombra".



Una vez que cae todo el bagazo sobre la "alfombra", se despliegan los planos y así el bagazo se empieza a distribuir en las distintas capas.



despliegue de capas y distribución del bagazo.

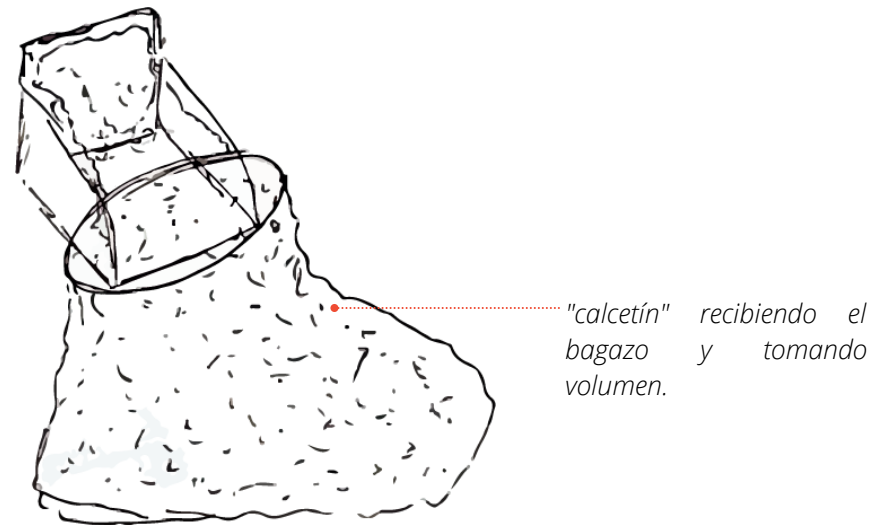
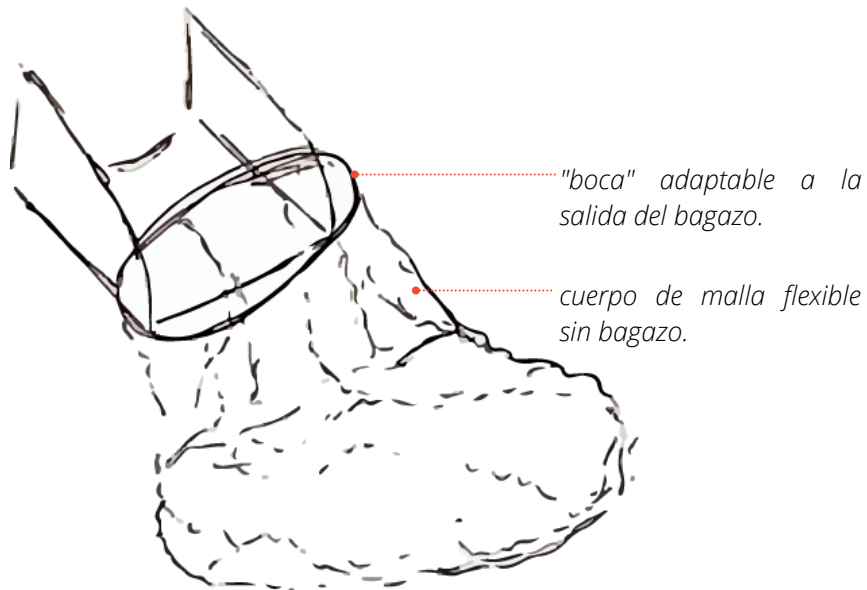


bagazo distribuido en espesores similares en las distintas capas.

Las siguientes propuestas plantean la posibilidad de diseñar un sistema de secado que no necesite la distribución del bagazo en espesores.

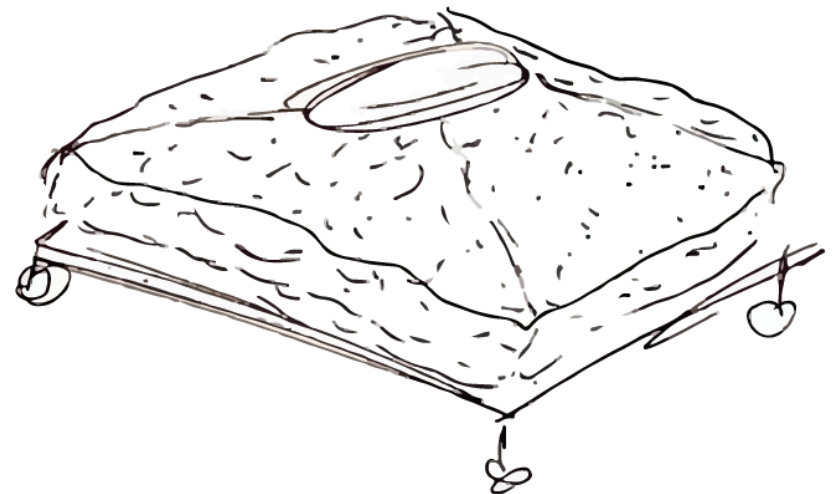
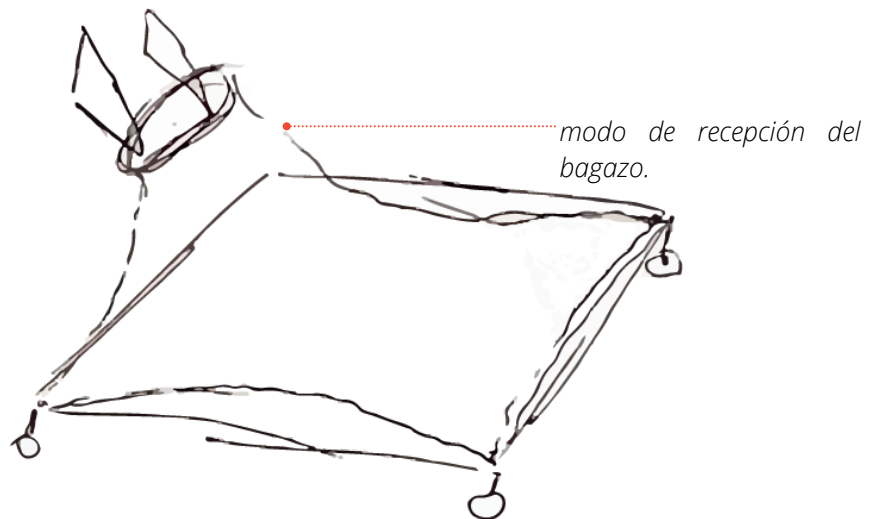
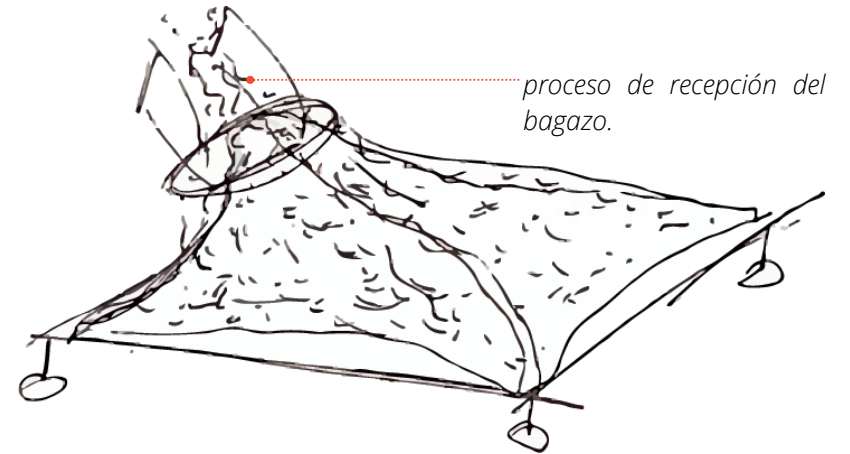
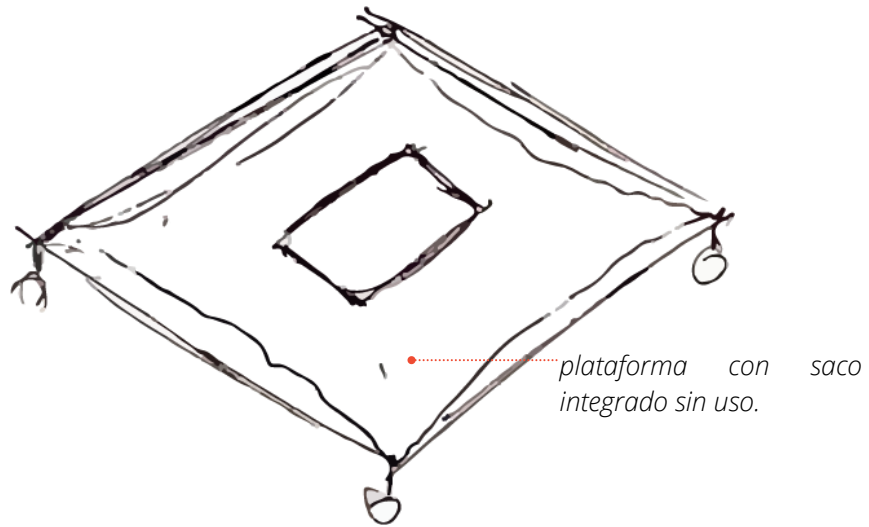
"calcetín"

La primera idea de un diseño que almacenara todo el bagazo en un mismo volumen, se planteó con la necesidad de poder adaptarse a las distintas cantidades de bagazo que se generan. Por esto se propone un "calcetín" que es una malla flexible y adaptable, que se adapta a la salida del bagazo y este ingrese directamente.



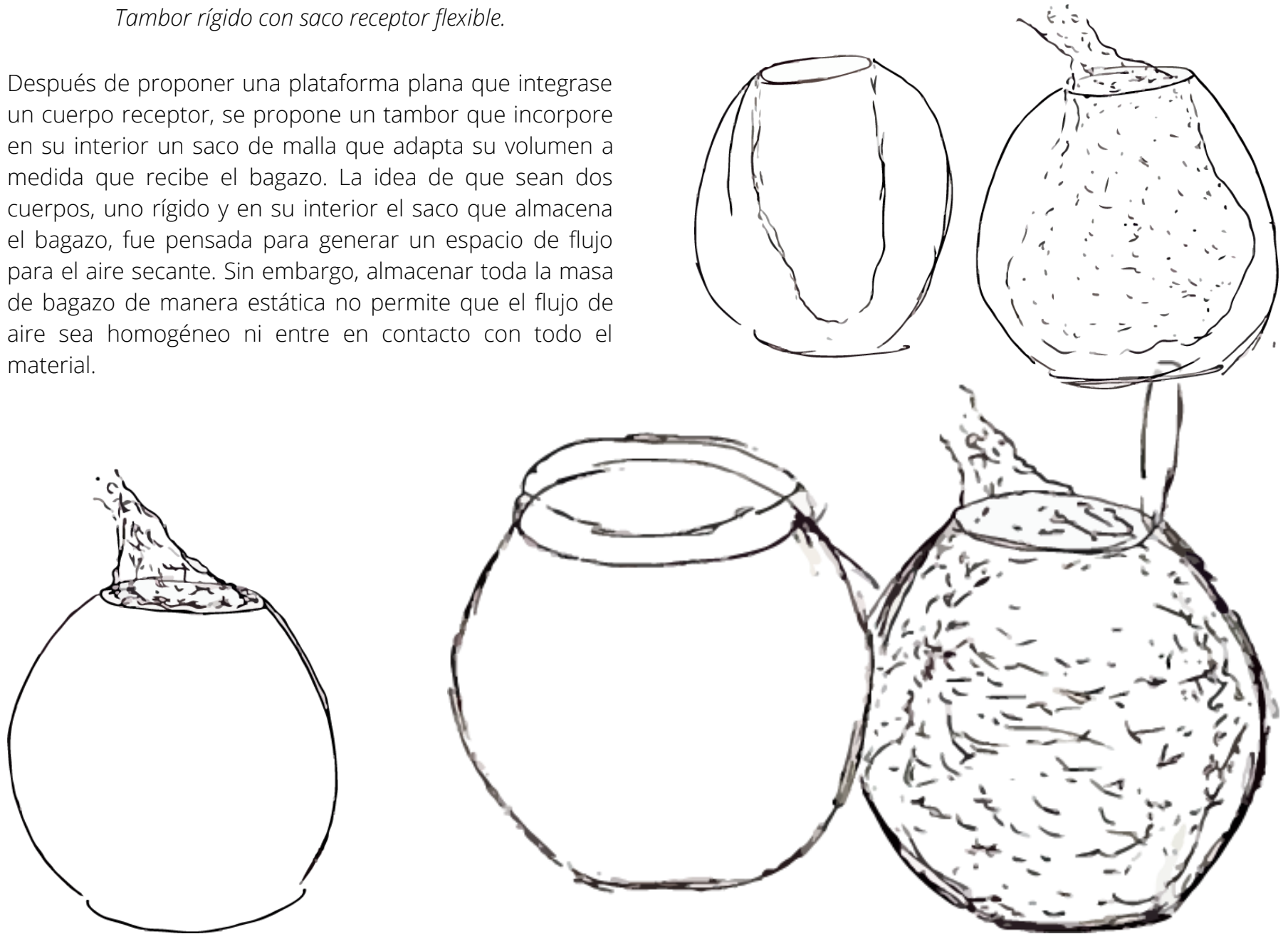
El problema de un "saco" que toma volumen por el bagazo, es la manipulación de este cuando esta lleno. Al no tener una estructura que facilite su traslado, la opción de moverlo sería por arrastre. Esto no es factible por el peso que se maneja. También se expone la malla al roce y con el tiempo a romperse. El bagazo entraría en contacto con el suelo, siendo una solución poco higiénica si se quiere utilizar el bagazo para la alimentación humana.

Para solucionar los problemas de un saco que se debe arrastrar, se le incorpora una plataforma que permite su traslado sin cargar a la persona.



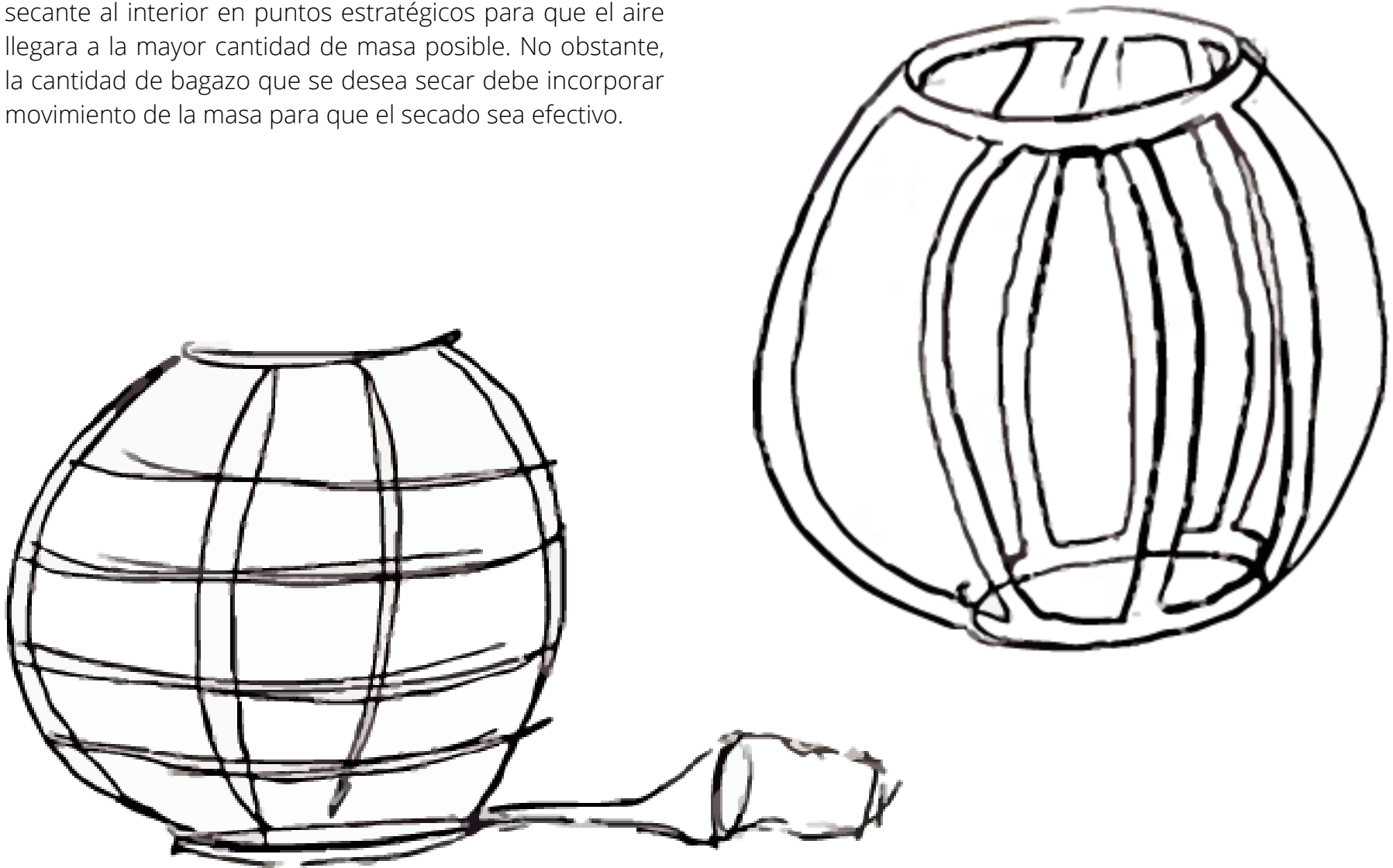
Tambor rígido con saco receptor flexible.

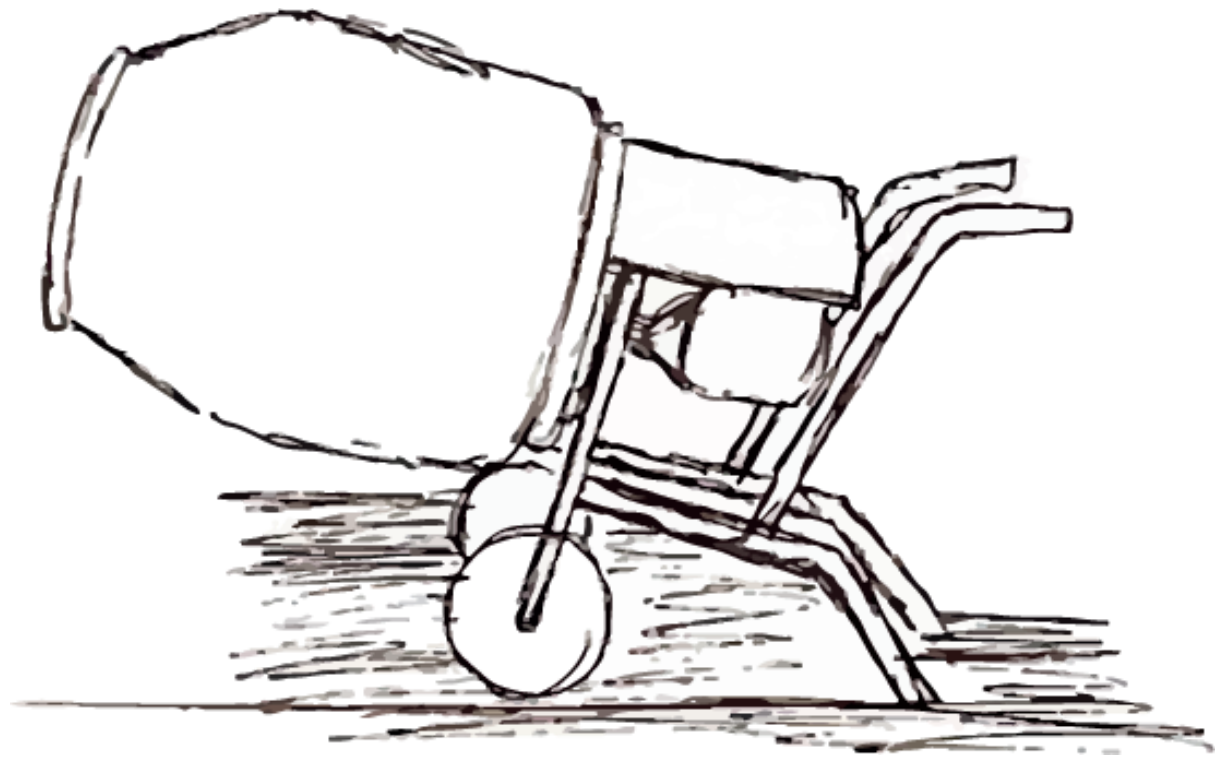
Después de proponer una plataforma plana que integrase un cuerpo receptor, se propone un tambor que incorpore en su interior un saco de malla que adapta su volumen a medida que recibe el bagazo. La idea de que sean dos cuerpos, uno rígido y en su interior el saco que almacena el bagazo, fue pensada para generar un espacio de flujo para el aire secante. Sin embargo, almacenar toda la masa de bagazo de manera estática no permite que el flujo de aire sea homogéneo ni entre en contacto con todo el material.

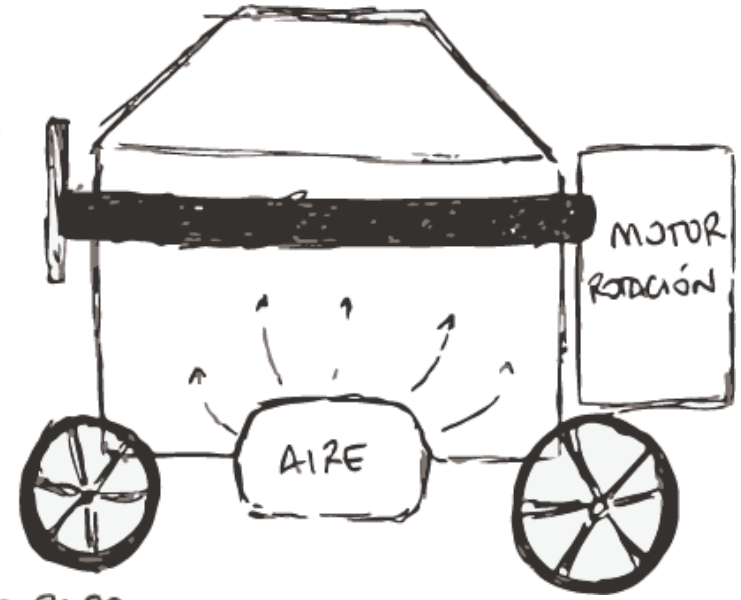
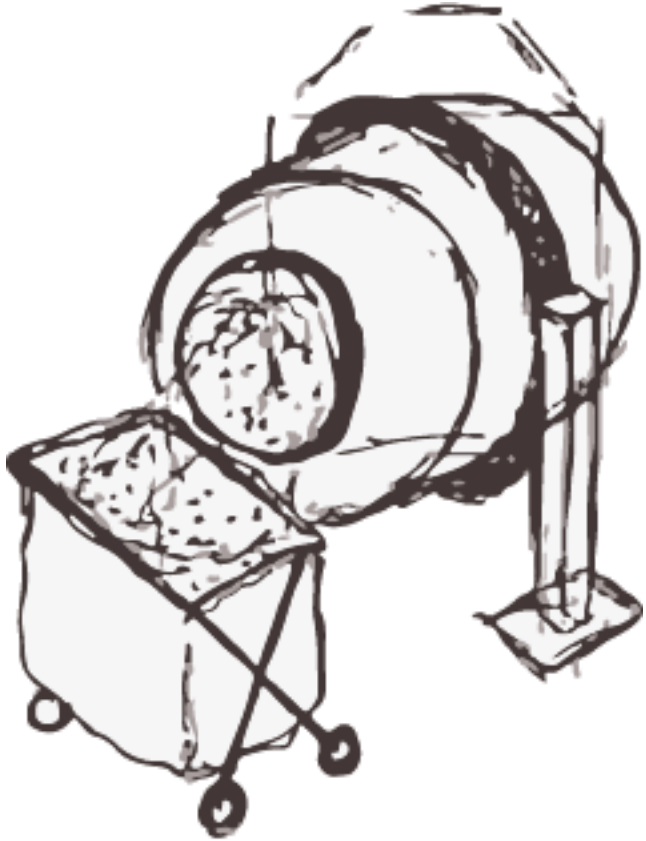


Sistema de inyección de aire por costillas

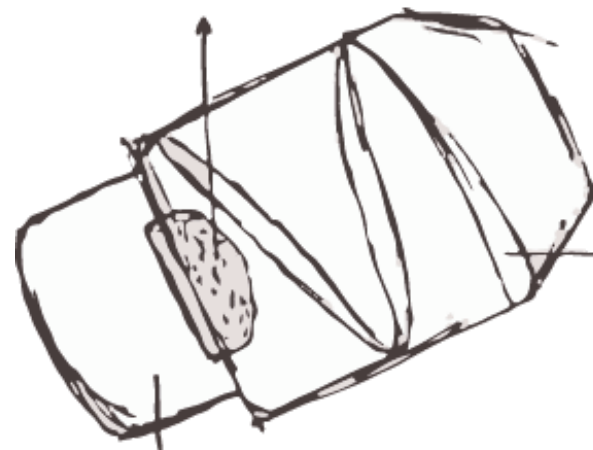
Para mejorar el flujo del aire en el tambor se plantea la posibilidad de un cuerpo con estructuras que filtran el aire secante al interior en puntos estratégicos para que el aire llegara a la mayor cantidad de masa posible. No obstante, la cantidad de bagazo que se desea secar debe incorporar movimiento de la masa para que el secado sea efectivo.





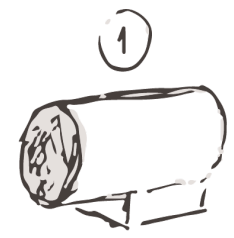
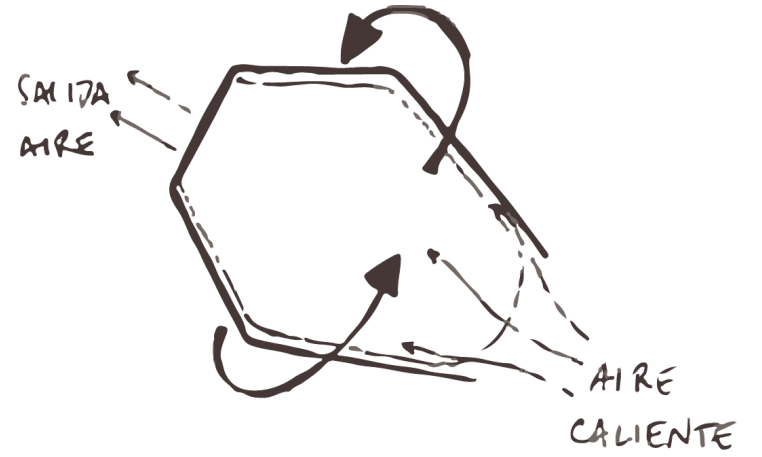
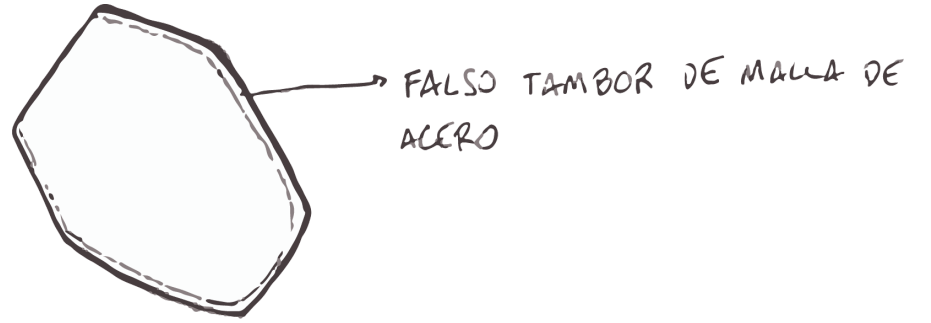
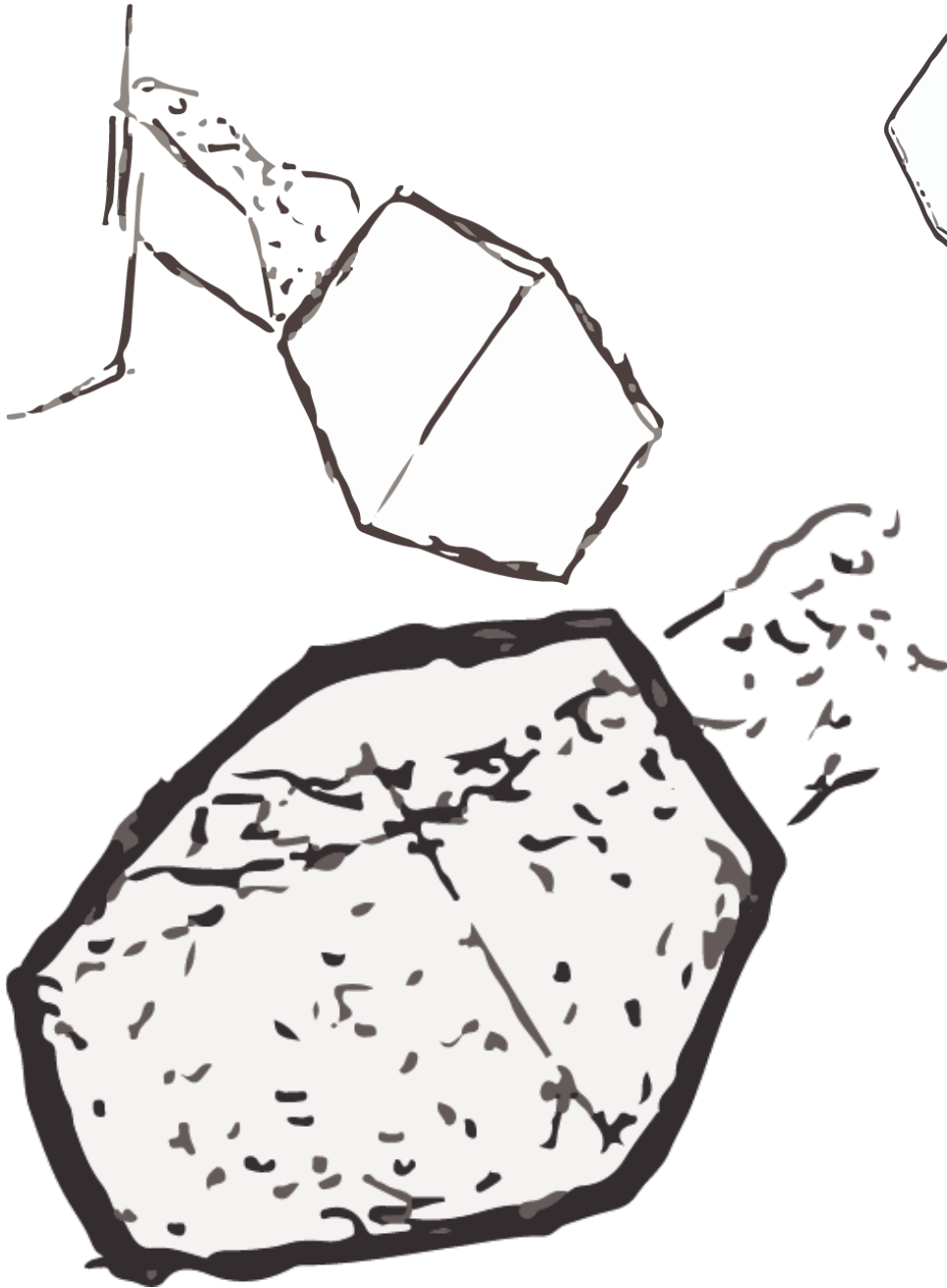


ACERO MICROPERFORADO
PROTECTOR DEL AIRE



ASPAS ESTÁTICAS
PARA AYUDAR AL
MOVIMIENTO DEL
BATAZO

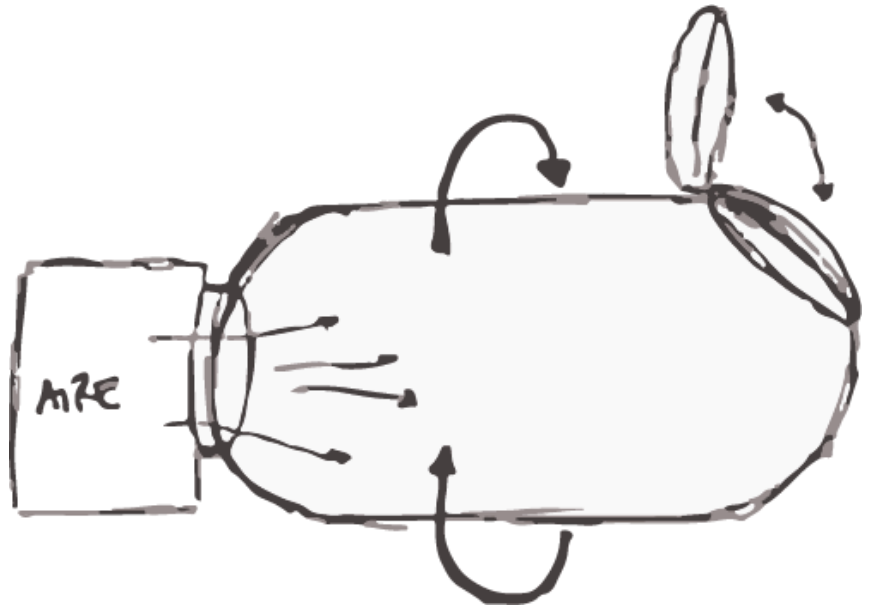
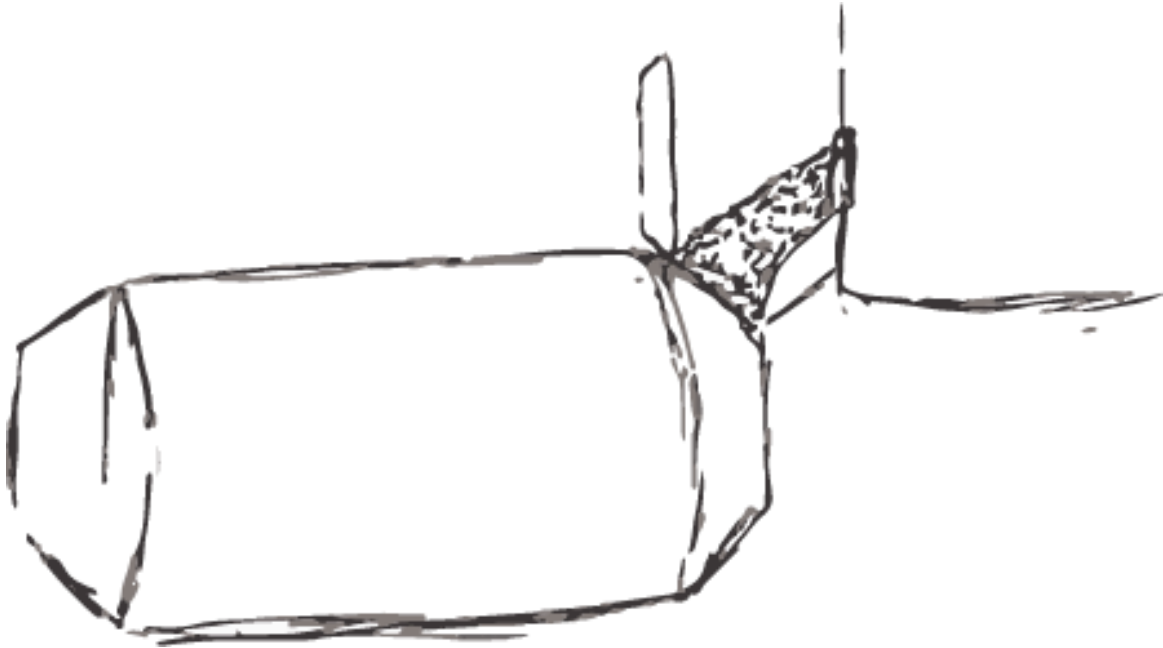
INYECTOR DE
AIRE



CALEFACTOR DE AIRE FORZADO



MOTOR PARA ROTAR EL TAMBOR



PROYECTO FINAL

PLANIMETRÍAS

imagen en proceso

imagen en proceso

RENDERS Y FOTOMONTAJES

imagen en proceso

imagen en proceso

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

imagen en proceso

PRESUPUESTO



CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA



ACECHI. (2021). Consumo per cápita. Asociación de Productores de Cerveza de Chile A.G. <https://acechi.cl/nuestra-industria/>

ACECHI. (2019). Minuta estudio sobre la contribución de la industria de la cerveza a la economía en Chile. Asociación de Productores de Cerveza de Chile A.G. <https://acechi.cl/nuestra-industria/>

© 2023 ACI CHILE - ASOCIACIÓN CERVECERA INDEPENDIENTE DE CHILE. <https://www.acichile.cl/#definicion>

Olivos Valenzuela, Pedro Pablo. (2018). Cuantificación de los principales actores del sector privado del turismo en cerveza artesanal en Chile y estudio de sus canales de difusión. (Memoria para optar al título de ingeniero comercial, Universidad Técnica Federico Santa María Departamento de Ingeniería Comercial). Disponible en <https://hdl.handle.net/11673/49097>

Tapia, María José. (2022). Cervezas premium: el creciente mercado que moviliza CCU. La Tercera. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/cervezas-premium-el-creciente-mercado-que-moviliza-a-ccu/CWB3MFJHZBEZ3F6MBY52YPPQQY/>

ACECHI. (2017). Minuta Segunda encuesta cervecera. Asociación de Productores de Cerveza de Chile A.G.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) (2023-04-19) Cultivos anuales regionales, 2023 [en línea]. (Consultado: 29 abril 2023). <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/handle/20.500.12650/72295?show=full>

C. Camacho y C. Grande "BAGAZO DE MALTA (BSG): BIORRESIDUO CON POTENCIAL APLICACIÓN A NIVEL FUNCIONAL, MATERIAL Y ENERGÉTICO", *Prospectiva*, Vol 19, N° 1, 2021.

Cisneros Arias, D. J. (2019). Dimensionamiento de un sistema de secado para desechos procesados de la industria manufacturera de bebidas a base de malta de cebada.

<http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/9149/1/44352.pdf>

Torres-Gallo, R., Miranda-Lugo, P. J., & Martínez-Padilla, K. A. (2017). Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar, utilizando PCM como fuente de almacenamiento térmico, para secado de yuca. *Tecnológicas*, 20(39), 71-83.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992017000200005

García Ortiz, C. J. (2013). Diseño y construcción de una secadora de granos para la producción de malta artesanal. https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19790/u67144_3.pdf?seq.

Martinez, Javier. (2020). Producción de harina de bagazo a partir de un residuo de la industria cervecera [Trabajos Finales de Áreas de Consolidación - Ingeniería Agronómica]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11086/17114>

Solares, M. R. M. SECADO DE BAGAZO, UNA ALTERNATIVA PARA AHORRO DE COMBUSTIBLE.

https://www.researchgate.net/profile/Mario-Munoz-Solares/publication/301358758_BAGASSE_DRYING_AN_ALTERNATIVE_FOR_SAVING_FUEL/links/57155adc08ae16479d8ac9ae/BAGASSE-DRYING-AN-ALTERNATIVE-FOR-SAVING-FUEL.pdf

CONtexto ganadero. (2016). La cebada, subproducto energético y proteínico para el ganado

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-cebada-subproducto-energetico-y-proteinico-para-el-ganado>

Díaz, V. B. (2017). Utilización del grano agotado de cervecías en la producción de alimentos.

<https://www.victorbautistadiazquimico.com/wp-content/uploads/2020/03/Utilizaci%C3%B3n-del-grano-agotado-de-cervecer%C3%ADas-en-la-producci%C3%B3n-de-alimentos-por-Victor-Bautista-D%C3%ADaz1.pdf>

Pantoja Nazate, R. G. (2020). Determinación del mejor tratamiento de la mezcla de harina de bagazo de cebada de malta con harina de trigo para la aplicación en productos panificados [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10119/2/03%20EIA%20497%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

Jurado Poveda, S. D. (2018). Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7888>

Casiello, F. A., Castagnani, G., Farías, A. M., Galaretto, O., Herrera, L. A., & Hollmann, D. (2019). Diseño y modelización de equipo para el estudio del secado convectivo de granos de origen agrícola II.

<https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/9636/1/disenomodelizacion-equipo-estudio.pdf>

Schneider, K. (1995). Secamiento de granos su importancia y las prácticas comunes (No. 30215 Caja (295)). COSUDE,

https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_pos_t cosecha_drying_grain_s.pdf

EVALUATION OF A BAGAZO DRYER IN CHANGE IN THE FLOW AND DISTRIBUTION OF HOT GASES - Scientific Figure on ResearchGate. Available from:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Secador-de-banda-Fuente-wwwotersues_fig1_312539285 [accessed 11 Jun, 2023]