



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico**

**Ingeniería del envasado de champiñones y  
rediseño de tina de cocción**

**Presenta**

**Iriarte Jiménez Juan Carlos**

**Directora de tesis**

**Ing. Segoviano Aguilar María Esperanza**

**Enero 2013**

## **Agradecimientos:**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería y a mis profesores, por la formación profesional y personal obtenida durante estos años.

A mis compañeros de carrera, por su apoyo, amistad y compañía durante todos estos años.

Un agradecimiento muy especial a la Ingeniera María Esperanza Segoviano Aguilar, por todo su tiempo, dedicación y paciencia a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A mis padres Elena y Carlos, por el todo el apoyo y amor que me han otorgado.

A Azucena, por el apoyo en los primeros años de mi formación profesional.

A mi abuelita Mago, por el apoyo en todos mis proyectos.

A Mariana, por todo el apoyo incondicional.

## Objetivos generales

La presente tesis tiene cuatro objetivos fundamentales:

- a) Analizar el estado del arte de la producción de champiñones enlatados a nivel nacional.
- b) Analizar desde un punto de vista ingenieril el proceso de producción de champiñones enlatados.
- c) Realizar una propuesta de mejora en el proceso analizado.
- d) Proponer el rediseño de un equipo con la finalidad de optimizar el proceso.

Además de estos cuatro objetivos, cada capítulo cuenta con un objetivo particular enfocado en alguno de los cuatro objetivos fundamentales.

## **Tabla de contenidos**

## **página**

1. Introducción	1
1.1 Producción de alimentos enlatados	1
1.2 Historia de la producción de hongos en México	1
1.3 Capacidad instalada y trabajadores	2
2. Porcentaje de industria química	4
3. Importancia de la empresa y producto, nacional e internacional	6
3.1 Importancia económica	6
3.2 Valor nutritivo	7
4. El ingeniero mecánico en la industria de proceso	8
5. Clasificación en diversos organismos; Gubernamentales y otros	8
6. Tecnología y servicios tecnológicos	10
7. Impacto del TLC	11
8. Políticas nacionales	12
9. Normas y certificaciones	13
10. Justificación de localización y tamaño de planta	14
11. Descripción del proceso	15
12. Diagramas	17
12.1 Bloques	17
12.2 Líneas y letras	20
12.3 Ingenieril	22
12.4 Publicitario	24
12.5 Técnica de mapas	26
12.6 Plano maestro de conjunto	29
12.7 Plano unitario	32
13. Propiedades físicas de materias primas y subproductos	35
14. Análisis de las operaciones de transformación	36
15. Balance de materiales	39
15.1 Balance de materiales global	39
15.2 Balance de materiales por operación	40
15.3 Diagrama de bloques con resultados	48
16. Balance de energía	50
16.1 Equipos calentados o enfriados por medio de vapor o agua	50
16.2 Aire acondicionado	54
16.3 Iluminación	54

16.4	Calculo de agua de enfriamiento	54
16.5	Cálculo de vapor para la tina de cocción	56
17.	Técnica de tabulación	58
18.	Propuesta de rediseño de equipo: tina de cocción para champiñones	60
18.1	Diseño termodinámico	60
18.2	Geometría propuesta	60
18.3	Balance de energía	62
18.4	Cálculo de vapor	64
18.5	Selección de materiales	66
18.6	Consideraciones mecánicas de la tina de cocción	67
18.7	Manufactura del equipo	68
19.	Conclusiones	70
20.	Bibliografía	71

# 1. Introducción

## Objetivo particular

Observar el panorama general sobre la producción de alimentos enlatados, específicamente de los champiñones.

### 1.1 Producción de alimentos enlatados

El enlatado recoge y preserva lo bueno de las cosechas recién recogidas. Es una alternativa para tener un alimento tan natural como los alimentos frescos fuera de época de cosecha. Es fácil de transportar y permite el almacenamiento del producto por largo tiempo, conservando sus características.

En el proceso de producción de alimentos enlatados no es necesario el uso excesivo de aditivos para conservar la calidad del producto, ni realzar sus características sensoriales, ya que el proceso y las características propias del envase proporcionan un producto inocuo, agradable y placentero al consumidor, así como una larga duración.

En el caso de los champiñones enlatados, estos se conservan sin necesidad del uso de conservadores, por largos periodos de tiempo y su contenido nutricional es comparable al de los que están frescos.

### 1.2 Historia de la producción de hongos en México

El cultivo de hongos en nuestro país se remonta a inicios de la década de 1930 cuando se hicieron los primeros intentos de cultivar hongos. Estas primeras aproximaciones exitosas se hicieron basadas en la observación del cultivo de hongos en Europa y con micelio (análoga a la semilla) de origen estadounidense. A finales de la misma década se logró establecer la primera planta productora de hongos en México, se localizó en el Distrito Federal, en la zona industrial de Vallejo; el micelio utilizado para la producción era de origen francés.

A principios de la década de 1940 la producción industrial era muy limitada, de 10 a 15 kg diarios y el mercado del champiñón era muy reducido; sólo se vendía a las embajadas de Estados Unidos y Francia y a algunos restaurantes exclusivos en la Ciudad de México. Durante el transcurso de esta década el mercado nacional se fue abriendo dentro de la Ciudad de México, permitiendo así que la industria de los hongos creciera. En esta misma época se comenzaron a hacer los primeros intentos de preservación en salmuera para los champiñones.

A mediados de la década de 1950 se construyó el primer laboratorio de producción de micelio en México, localizado en Cuajimalpa, Ciudad de México. La construcción de éste laboratorio permitió eliminar la enorme dependencia que se tenía del extranjero para el suministro de micelio. En la misma época se lograron grandes adelantos en el cultivo de hongos en el país, logrando cultivar de cinco a seis kilogramos de champiñones por metro cuadrado. A la par, en este mismo periodo, se comenzaron los primeros enlatados de champiñones, en la Ciudad de México.

El envasado industrial y a gran escala se comenzó a realizar en 1972 en Cuajimalpa, Ciudad de México y en 1972 se estableció el segundo laboratorio de producción de micelio en Guadalupe Victoria, Estado de México.

En la década de 1990 se establecieron varias microempresas en la región central de nuestro país y también se estableció la primera empresa transnacional en el país.

Cabe mencionar que todo el desarrollo inicial de la industria de los hongos en el país y hasta 1989 se logró con capital privado mexicano.

### **1.3 Capacidad instalada y trabajadores**

Actualmente la empresa de estudio cuenta con seis plantas cultivadoras y una planta de envasado de hongos. Las plantas productoras están distribuidas de manera que sea posible cosechar hongos frescos durante todo el año y poder responder rápidamente a las demandas y necesidades de los clientes.

La empresa de estudio cuenta con más de 1700 trabajadores entre productores, obreros y administrativos.

La planta de envasado de hongos cuenta con una capacidad máxima de producción de 1500 [kg/h] y puede trabajar tres turnos por día, siendo necesario un paro a la producción diariamente para mantenimiento y limpieza de los equipos y la planta.

Dentro del territorio nacional existen varias empresas mexicanas que se dedican a la producción de hongos, entre ellas cabe destacar:

- |                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| a) Champiñones Camargo            | Chihuahua        |
| b) Agroindustrias Marvel          | Distrito Federal |
| c) Grupo Monteblanco              | Distrito Federal |
| d) Hongos Leben                   | Estado de México |
| e) Champiñones San Miguel         | Guanajuato       |
| f) Michoacana de Champiñones      | Michoacán        |
| g) Champiñones las Capillas       | San Luis Potosí  |
| h) Alimentos Selectos de Tlaxcala | Tlaxcala         |



Fig. 1.1 Localización de plantas cultivadoras de hongos en México



Fig 1. 2 Vista satelital de la planta estudiada



## 2. Porcentaje de industria química

### Objetivo particular

Analizar el proceso desde cuatro vertientes para valorar el carácter de industria química.

Toda industria que genere un bien o producto parte de materias primas, realiza operaciones de transformación en distintos equipos y genera productos y desperdicios para realizar un valor agregado a su producto.

Existen distintas operaciones de transformación, así como distintos tipos de equipos, materias primas y productos o subproductos dependiendo del tipo de proceso que se trate en particular. La clasificación de dichos elementos puede dar una primera idea del porcentaje de participación que podría tener un ingeniero mecánico en una planta de proceso alimenticio, aparentemente químico.

Dicha clasificación es el porcentaje de industria química, y depende de:

- a) Tipo de materias primas utilizadas en el proceso, las cuales pueden ser naturales o procesadas.
- b) Las operaciones de transformación, las cuales pueden ser físicas o químicas.
- c) El tipo de equipos utilizados en la planta de proceso, los cuales pueden ser físicos o químicos.
- d) Los productos y producto final generados durante el proceso, los cuales pueden ser utilizados como un producto final o como materia prima para otro proceso.

Para obtener el porcentaje de industria química es necesario contar:

- El porcentaje de materias primas que son procedentes de un proceso de previo.
- El porcentaje de operaciones de transformación en las cuales existe algún cambio químico a las sustancias.
- El porcentaje de equipos químicos; punto que puede ser algo subjetivo, pues no depende directamente del tipo de operación de transformación que se realice en él, sino de la familiarización que tenga un ingeniero mecánico con dicho equipo.
- El porcentaje de productos que sean utilizados como materia prima para realizar algún otro proceso.

Dichos valores se multiplican por un cierto porcentaje designado para cada rubro por el propio ingeniero y se realiza una sumatoria para obtener el porcentaje de industria química para dicho proceso.

Cabe mencionar que el alto porcentaje asignado a las operaciones de transformación es debido a que el ingeniero mecánico puede tener una gran participación en el análisis de operaciones donde la transformación ocurre mediante una transformación de índole física;

mientras que en las operaciones de carácter totalmente químico su participación se ve limitada.

El alto porcentaje asignado a los equipos obedece a que mientras más familiar sea un equipo para el ingeniero mecánico, mayores serán las mejoras que se podrán hacer durante el análisis o rediseño del mismo.

Los bajos porcentajes asignados a la materia prima y al producto final obedecen a que son los rubros donde menos mejoras podrá realizar el ingeniero mecánico, el verdadero campo de acción de este consiste en la optimización del proceso mediante el análisis de las operaciones de transformación y en la mejora de los equipos de la planta.

Para este caso analizado, los porcentajes asignados son:

Materia prima (MP)	10%
Operaciones de transformación	50%
Equipos	30%
Productos y subproductos	10%

Materia Prima		Operaciones		Equipo		Productos	Destino final
Champiñones	N	Cribado	F	Criba	F	Latas de champiñones	MP
Agua potable	P	Lavado	F	Lavadora	F		
Agua	N	Seleccionado a mano	F	Impregnadora	Q		
Almidón	P	Impregnado	Q	Tina de cocción	Q		
Sal	N	Secado	F	Tornillo de enfriamiento	Q		
Ácido cítrico	P	Cocido	F	Rebanadora	F		
Latas	P	Enfriamiento	F	Detector de metales	F		
Tapas de lata	P	Rebanado	F	Llenadora Solberg	F		
		Detector de metales	F	Llenadora de salmuera	F		
		Llenado de botes	F	Engargoladora	F		
		Sopletado	F	Impresora	F		
		Llenado con salmuera	F	Autoclave	Q		
		Engargoladora	F	Secador	F		
		Codificado	F				
		Autoclave	F				
		Secado	F				

Porcentaje designado			Porcentaje final
10	MP	62.5	6.25
50	Operaciones	6.25	3.125
30	Equipos	30.7692308	9.23076923
10	Productos	100	10

Porcentaje de industria química
28.6057692

### 3. Importancia de la empresa y producto, nacional e internacional

#### Objetivo particular

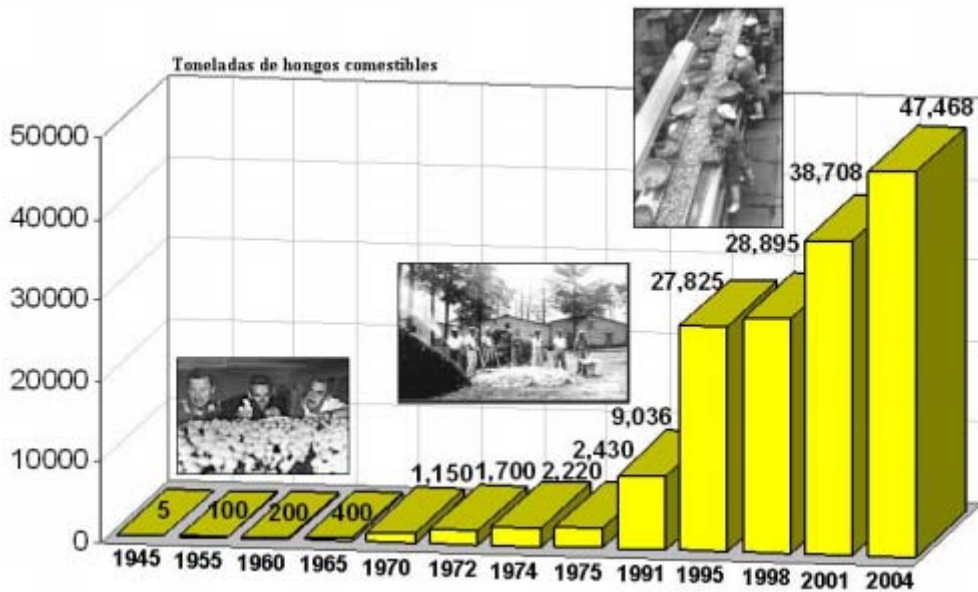
Conocer la importancia socio-económica del proceso y de la empresa a nivel nacional e internacional.

La empresa de estudio es la más importante productora y empaedora de champiñones en Latinoamérica. Cuenta con seis plantas cultivadoras y una de envasado, dando empleo a más de 1700 personas. Sus plantas cultivadoras están ubicadas de forma que sea posible cosechar durante todo el año. La empresa cultiva y envasa productos para sí misma y también maquila producción para empresas líderes en el mercado. Esta empresa envasa el 45% de la producción comercial de champiñón.

Además la empresa cuenta con un centro de distribución de champiñones frescos en Houston, Texas, E.E.U.U.

#### 3.1 Importancia económica

Se estima que los volúmenes de producción nacional ascienden a más o menos 47,468 toneladas anuales de hongos frescos. México es el mayor productor de Latinoamérica, ya que genera alrededor del 58.9% de la producción total de esta región y lo ubica como el 16o. productor a nivel mundial.



*Fig. 3.1 Evolución histórica y tendencias de la producción comercial estimada de hongos comestibles cultivados en México, durante el periodo 1945-2004*

El monto anual de las operaciones comerciales supera los 200 millones de dólares, generando alrededor de 25 mil empleos directos e indirectos.

Actualmente existe un gran interés en la producción industrial de hongos en prácticamente todos los estados de la República Mexicana, así como en distintos países de centro y Sudamérica, ya que se ha probado que es una excelente opción de inversión.

La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales, de los cuales más del 95% de estos recursos se destina a la producción de champiñones blancos.

### **3.2 Valor nutritivo**

Los hongos son pobres en grasas y colesterol y ricos en vitaminas B. Estudios recientes han comprobado que 200 gramos de hongos pueden reemplazar 100 gramos de carne. Es por esto que representan una opción ideal para combatir la obesidad.

Los hongos son ricos en vitaminas importantes para el hombre. Contienen Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Piridoxina (B6), Acido Pantoténico, Acido Nicotínico, Acido Fólico, todos en el complejo de vitamina B, Acido Ascórbico (vitamina C) y Ergosterina (Provitamina D2). En cuanto a minerales se refiere, estos aportan selenio, calcio, magnesio, fósforo, yodo, potasio y zinc. También aportan aminoácidos esenciales como triptófano, lisina, treonina, metionina, isoleucina, fenilalanina y valina.

## 4. El ingeniero mecánico en la industria de proceso

### Objetivo particular

Conocer la importancia para el ingeniero mecánico dentro de una industria de procesos, para desarrollar una mejor aplicación de sus conocimientos.

En este tipo de plantas y procesos industriales el ingeniero mecánico tiene las siguientes actividades a realizar:

- Modificación y actualización de equipos de proceso.
- Mantenimiento preventivo, correctivo a equipos:
  - Mantenimiento a montacargas eléctricos, cintas transportadoras y equipos de carácter físico dentro de la planta de proceso.
  - Mantenimiento de calderas y tuberías de vapor y agua.
- Programación de Controladores Lógicos Programables (PLC) en los distintos equipos, lo que otorga flexibilidad a la producción, ya que se pueden procesar distintos tipos de hongos, en diferentes presentaciones y procesos, así como el tipo de envase y capacidad del mismo.
- Pruebas de control para latas, con técnicas de fiabilidad.

## 5. Clasificación en diversos organismos; Gubernamentales y otros

### Objetivo particular

Tener un conocimiento de las instituciones a nivel nacional e internacional de la empresa en las cuales se encuentra inmersa para decisiones de importación y exportación, tanto de materias primas como de producto terminado.

- Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), España.

División 15	Industria de productos alimenticios y bebidas
Grupo 3	Preparación y conservación de frutas y hortalizas
1533	Fabricación de conservas de frutas y hortalizas

- Clasificación de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), México, D.F.

Rama 17 Alimentos diversos y tabaco

- Clasificación de Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

El IMSS clasifica las empresas según el riesgo de la actividad que desarrolle, para lo cual hay que llenar el siguiente formulario:

Determinación de la Prima en el Seguro de Riesgos de Trabajo 2013

[www.imms.gob.mx/patrones/Documents/Prima2013/Guia2013IDSE.pdf](http://www.imms.gob.mx/patrones/Documents/Prima2013/Guia2013IDSE.pdf)

- Clasificación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

Empresa privada, actividad primaria, grande empresa.

El clasificador de actividades económicas de la Encuesta Nacional de Empleo (ENE) consta de cinco niveles de desagregación: Los niveles más generales lo constituyen las grandes divisiones, el siguiente corresponde a las ramas de actividad, después están los grupos, y finalmente, los subgrupos que son el nivel mínimo de desagregación.

La identificación de estos niveles se da a través de una clave de cuatro dígitos, cabe mencionar que las grandes divisiones no están consideradas en dicha clave.

Las grandes divisiones agrupan una serie de actividades económicas que tienen en común el origen de las mismas, es decir, representan de alguna forma los grandes agregados de actividades económicas como son las actividades agropecuarias, industriales, comerciales y otro tipo de servicios, en total el clasificador consta de nueve grandes divisiones:

- 1 Agropecuario, Silvicultura y Pesca
- 2 Minería
- 3 Industria Manufacturera
- 4 Construcción
- 5 Electricidad, Gas y Agua Potable
- 6 Comercio, Restaurantes y Hoteles
- 7 Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones
- 8 Servicios Financieros, Seguros y Bienes Inmuebles
- 9 Servicios Comunales, Sociales y Personales

La empresa de estudio cae dentro de la clasificación:

0104 Hortalizas, Verduras, Tubérculos y Raíces Feculentas

- Clasificación Secretaría de Economía

Los hongos del género *agaricus*; mejor conocidos como champiñones, tienen la siguiente clasificación arancelaria de acuerdo con la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (TIGIE):

<b>Clasificación Arancelaria</b>	<b>Descripción</b>
20	Preparación de hortalizas, frutas u otros frutos o demás partes de plantas.
20.03	Hongos y trufas, preparados o conservados (excepto en vinagre y ácido acético).
2003.10	Hongos del género <i>Agaricus</i> .
2003.10.01	Hongos del género <i>Agaricus</i> .

- Clasificación American Chamber México

Agrobusiness and food industry

## **6. Tecnología y servicios tecnológicos**

### **Objetivo particular**

Conocer las tecnologías de los equipos de proceso de la planta, con la posibilidad de poderlos modificar o hacer propuestas de nuevos equipos.

### **Estados Unidos/ México/ Internacional**

Muchos de los equipos en la línea de producción son procedentes de empresas estadounidenses, incluyendo la llenadora, la impregnadora y la engargoladora, entre otros. Sin embargo, debido a la globalización de las empresas, muchas de estas empresas que nacieron en los Estados Unidos se han dispersado por el mundo. Algunas de estas cuentan con corporativos y plantas de producción en territorio nacional, brindando puestos de trabajo a diversos sectores de la población mexicana, abaratando costos y acercando productos de tecnología de punta a empresas mexicanas que requieran de ellos.

Un ejemplo de esto son las dos calderas con las que cuenta la planta, son tecnología de origen estadounidense, pero son fabricadas en una planta en San Juan del Rio, Querétaro; dicha planta cuenta con certificación de la American Society of Mechanical Engineers, ASME.

Desafortunadamente, mucho del equipo necesario para la fabricación del proceso de champiñones es proveniente del extranjero y las empresas que lo fabrican únicamente tienen oficinas de contacto y soporte al cliente en México.

## **7. Impacto del Tratado de libre comercio (TLC)**

### **Objetivo particular**

Analizar el impacto del TLC en este proceso.

La planta maquila productos de champiñones para empresas extranjeras, principalmente para distintas marcas de distribución exclusiva en supermercados. También se enlata productos para diferentes grupos nacionales, que exportan sus productos. Además de la industria nacional, cuenta con un centro de distribución de productos frescos en Houston, Texas.

La mayoría del equipo con el que la planta labora, es importado; camiones, calderas, montacargas y equipo especializado.

A nivel nacional se sabe que a partir de 1994, se ha observado un incremento irregular de las exportaciones, ya que alcanzaron 1,602.1 toneladas en el 2000, pero disminuyeron a sólo 351.5 toneladas en el 2001 y 1,535.5 toneladas en el 2004. Los volúmenes de exportación generan divisas por más de 3.7 millones de dólares anuales. En cambio, la dinámica de las importaciones, principalmente de hongos procesados (93.4%), ha sido constante, pasando de 640.4 toneladas en 1996, a 8,888.2 toneladas en el 2004 con un valor económico superior a los 9 millones de dólares. Este nivel de importaciones, el más alto en la historia del país, obligó a la industria mexicana a solicitar en enero de 2005, una investigación antidumping respecto de las importaciones de champiñones originarias de las Repúblicas de Chile y Popular China y se impusieron cuotas compensatorias provisionales a las importaciones mencionadas, independientemente del país de procedencia.



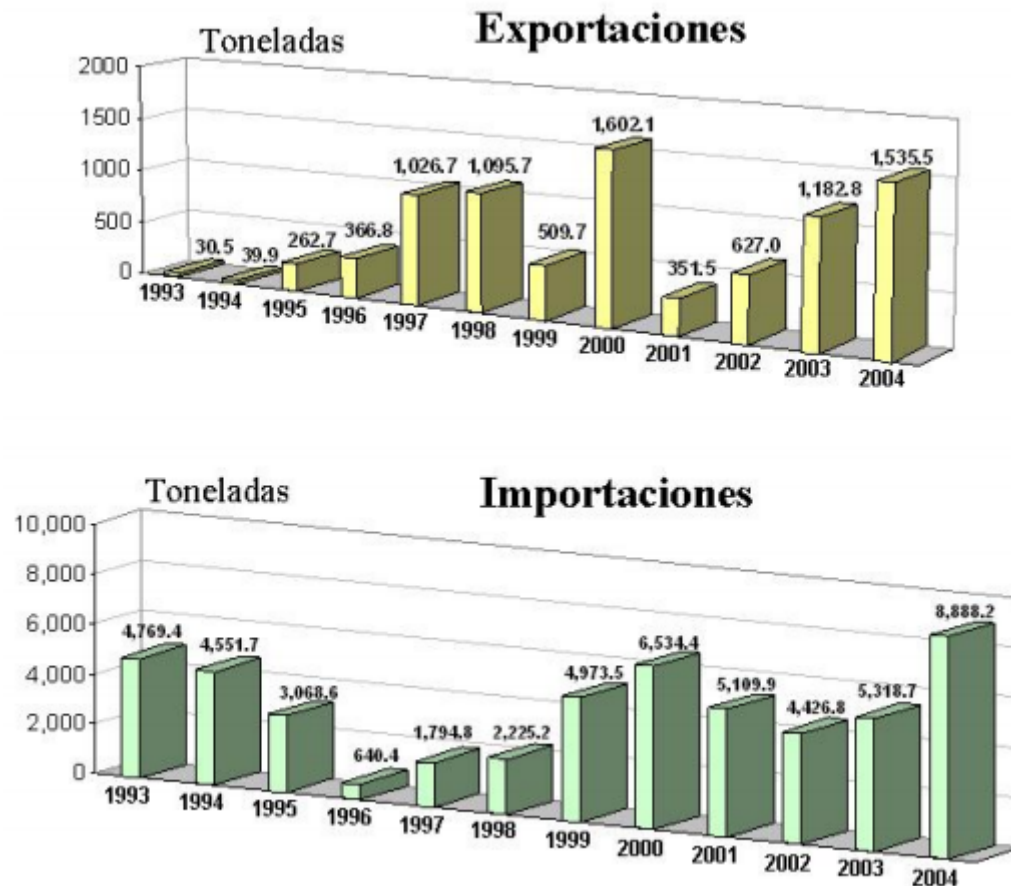


Fig. 7.1 Comercio exterior de hongos comestibles frescos y procesados en México durante el periodo 1993-2004

## 8. Políticas nacionales

### Objetivo particular

Analizar la misión y visión que se tiene en una planta de proceso de productos alimenticios, así como sus políticas de funcionamiento.

### MISIÓN

Producir y comercializar hongos con los más altos estándares de calidad y productividad mundial, en proceso de mejora continua, para generar la rentabilidad esperada, cuidando el entorno social y ecológico, generando bienestar para empleados, proveedores, clientes y accionistas. Manteniendo nuestro liderazgo indiscutible en Latinoamérica con diferentes productos y presentaciones.

## **VISIÓN**

Continuar con un crecimiento sustentable en los niveles de producción y comercialización de hongos y productos relacionados para lograr consolidarnos como líder indiscutible en Latinoamérica.

### **Políticas de calidad**

Estar comprometidos en satisfacer las necesidades del consumidor final ofreciendo la mejor gama en hongos y productos relacionados, tanto frescos como envasados, con procesos controlados y en mejora continua para cumplir con altos estándares de calidad, cuidando el entorno ecológico, social y el desarrollo de nuestros colaboradores.

## **9. Normas y certificaciones**

### **Objetivo particular**

Conocer las normas y certificaciones para producir productos de mejor calidad, con nivel de exportación.

La empresa de estudio cuenta con las siguientes normas y certificaciones:

### **En plantas productoras**

- Kasher
  - Kasher es una palabra hebrea que significa “apto o apropiado”. Por lo tanto, los alimentos kosher son aquellos apropiados para el consumo de las personas de religión judía, ya que responden con la normativa bíblica y talmúdica. Para que un alimento pueda ser vendido como tal, debe incurrir en una certificación que asegura el control de calidad de los alimentos según las normas judías.
- AIB International
  - Las Normas son una serie de declaraciones que representan los requerimientos claves, con los cuales una instalación de procesamiento de alimentos tiene que cumplir para mantener la salubridad e inocuidad de sus productos. Las Normas también reflejan lo que un inspector anticipa ver en una instalación que haya mantenido su ambiente de procesamiento de alimentos en condiciones salubres e inocuas.

### **En planta envasadora**

- ISO 9001
  - La ISO 9001 es una norma internacional que se aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen SGC.

- ISO 22000
  - La ISO 22000 es una norma internacional que define los requisitos de un sistema de gestión de la Seguridad Alimentaria que abarca a todas las organizaciones de la cadena alimentaria ‘de la granja a la mesa’. La norma combina elementos clave comúnmente reconocidos para garantizar la Seguridad Alimentaria en la cadena alimentaria, por ejemplo:
    - Comunicación interactiva
    - Gestión de sistemas
    - Control de riesgos para la Seguridad Alimentaria mediante programas de requisitos esenciales y planes de análisis de riesgos y puntos críticos de control
    - Mejora y actualización continua del sistema de gestión de la Seguridad Alimentaria

## **10. Justificación de localización y tamaño de la planta**

### **Objetivo particular**

Analizar los servicios requeridos para la ubicación y tamaño de una planta.

Aunque pareciera que la planta se encuentra en medio de la nada, está perfectamente colocada según sus necesidades. Para la producción de champiñones enlatados, necesitan champiñones frescos y la localización de la planta cultivadora de champiñones frescos está dentro del mismo predio que la planta de enlatado. Con esto disminuyen costos en la transportación de su materia prima, así mismo, evitan depender de productores terceros; por lo que el control de calidad y los tiempos de entrega dependen únicamente la misma empresa.

Para la producción de los champiñones frescos utilizan como materia prima principal paja de trigo y cebada. La cual se obtiene de productores locales gracias a los muchos terrenos de labranza que existen a los alrededores de la planta, dicha materia prima es entregada directamente en la planta cultivadora, por medio de los camiones de los productores locales.

Los obreros que laboran en la planta viven en Santa María Rayón, principalmente; por lo que evitan largos trayectos para la transportación de su mano de obra.

En cuanto a vías de acceso, cuenta con una pequeña carretera de dos carriles, la cual prácticamente no tiene tránsito, ya que únicamente conecta a la fábrica de la empresa de estudio con la carretera federal México 55, Tenango de Arista – Toluca.

La planta se encuentra aproximadamente a 1.2 km de la carretera federal, la cual es de cuatro carriles. Prácticamente toda la producción de la planta se distribuye por medio de tráilers, para lo cual la ubicación de la planta es óptima.

En cuanto a servicios aeroportuarios, la planta se localiza a aproximadamente 45 minutos del aeropuerto internacional de Toluca, aunque su producción no se distribuye por vía aérea.

Hablando del tamaño de la planta de enlatado, pareciera que tiene un espacio sumamente grande, puesto que existe un gran espacio en la nave de producción de enlatados; sin embargo, este espacio evita la necesidad de aire acondicionado, puesto que la planta cuenta con ventilación natural. Así mismo, el amplio espacio entre las máquinas permite mantener en un estado de perfecta limpieza toda la línea de producción, ya que el acceso a las máquinas es muy fácil. El amplio espacio en la zona de etiquetado y embalaje, permite almacenar ordenadamente todos los productos terminados, así como las latas para la producción y demás herramientas necesarias en la planta. Con esto se evita la necesidad de almacenar cualquier objeto en el área de enlatado de champiñones, con lo cual se garantiza una perfecta higiene en el proceso, logrando cumplir con las diversas normas y certificaciones de calidad con las que cuenta la planta.

## **11. Descripción del proceso**

### **Objetivos particulares**

Descripción general del proceso, tomando en cuenta materias primas, servicios, equipos utilizados en el mismo e instalaciones requeridas para el mismo.

- **Fabricación de champiñones enlatados, planta de estudio.**

La materia prima ingresa al área de almacén traída por tráiler desde el área de producción, donde se pesa y se mantiene a una temperatura de 4°C. Después de esto se ingresa a una zona de refrigeradores a 4°C. Ahí el champiñón se separa según la calidad del lote, para su correcto almacenaje.

Para iniciar la producción de 1500 [kg/h] de champiñones, se comienza con una criba, donde los champiñones pasan por una criba vibratoria para eliminar cualquier impureza o residuos sólidos, como tierra o pequeños trozos de hongos. A continuación los champiñones son lavados con agua potable a temperatura ambiente. Después de esto los champiñones pasan por una banda transportadora donde son seleccionados a mano, para eliminar cualquier impureza sobrante u hongos en mal estado. Los champiñones continúan su proceso por una banda transportadora para pasar al impregnado, donde se añade almidón a los champiñones en una máquina impregnadora, en la misma máquina los champiñones son sometidos a un vacío para la correcta retención del agua. Después de esto pasan por un secado y mediante una banda transportadora pasan al área de cocido, donde se calientan en agua potable a 90°C y posteriormente se enfrían en un tornillo sin fin, refrigerado por agua corriente, hasta obtener una temperatura de 40°C. Los champiñones ya cocidos se transportan mediante una banda hacia una rebañadora, donde por medio de canaletas se va alineando los champiñones para que sean rebanados correctamente. Los champiñones rebanados pasan por un detector de metales y son transportados mediante una banda hacia la llenadora.

Los botes para la fabricación de las latas pasan por un sopleteado antes de ingresar a la línea de producción para la eliminación del polvo que pudieran contener estos.

En la llenadora los botes únicamente se llenan con una cantidad adecuada de champiñones para posteriormente pasar a la zona donde se agrega la salmuera; que es una mezcla de agua, sal y ácido cítrico. En la engargoladora los botes ya llenos, con la salmuera se encuentran con las tapas de las latas para producir 300 latas/minuto.

Los botes ya tapados pasan a un codificado, donde se imprime mediante tinta, base cetona, el número de lote y la fecha de caducidad. Las latas se van acomodando en arpillas de metal para la inserción a alguno de los cuatro autoclaves. En los autoclaves las latas se sumergen en agua y mediante vapor se calientan hasta 127°C y se mantiene la temperatura constante durante 22 minutos, la vez que las latas van girando dentro del autoclave. Dentro del mismo autoclave, las latas son enfriadas hasta llegar a 38°C.

Las latas ya esterilizadas son secadas mediante un chorro de aire a temperatura ambiente, para eliminar el agua que pudieran traer del autoclave y así evitar la formación de óxidos. Las latas secas pasan al etiquetado, donde se realiza un pegado en caliente; de la etiqueta a la lata, y un pegado en frío; de la etiqueta a si misma. Después de esto pasan a una máquina llamada drop packer, donde las latas son puestas en bases de cartón y revisadas a mano para verificar la calidad del etiquetado. A continuación se envuelven en un film termoencogible y se meten a un horno, donde primero pasan por una zona que esta a 264°F y después a otra zona que está a 200°C. Ya que están listos los paquetes, se realiza el etiquetado del código de almacenaje de productos o Dispatch Unit Number (DUN 14) para su colocación en supermercados, se empacan en estibas, dependiendo el tamaño del lote y requerimientos del cliente y pasan a la zona de almacén.

## **12. Diagramas**

### **Objetivo particular**

Realización de distintos tipos de diagramas para conocer particularidades de los mismos.

Los diagramas generales son representaciones gráficas de la secuencia lógica del proceso que reúnen todas las operaciones necesarias relacionados con la operación o el proceso en forma clara, a fin de que se puedan examinar de modo crítico y así poder implementar el método más práctico, económico y eficaz.

Cada diagrama tiene una finalidad específica, por lo cual el ingeniero mecánico debe conocer y poder utilizar adecuadamente cada uno de estos diagramas.

### **12.1 Bloques**

El diagrama de bloques es la representación gráfica mediante bloques; dentro de ellos se incluye la operación de transformación o el equipo que la realiza.

Un diagrama de bloques representa el proceso de producción en una forma más simple utilizado para indicar la manera en la que se elabora cierto producto, especificando las materias primas, las operaciones de transformación y sin tomar en cuenta las operaciones de empaclado, transportación y acondicionamiento.

Este diagrama es de gran relevancia, ya que muestra cada operación de transformación involucrada en el proceso, la o las sustancias que entran en este, las condiciones de operación para la operación y las sustancias que salen de dicha operación.

Se construye de forma horizontal, comenzando por la esquina superior izquierda de la hoja y avanzando hacia la derecha, en forma de "serpiente". Las entradas de sustancias, generalmente, se colocan por la parte superior del bloque con una flecha indicando que esta sustancia entra al bloque; las salidas se colocan regularmente por la parte inferior del bloque, con su respectiva flecha indicándolo. Dentro de los bloques se colocan sólo las operaciones de transformación o el equipo que las realiza.

## Diagrama de bloques

Proceso de fabricación de champiñones enlatados

Domicilio conocido,  
Sta. Maria Rayón, Edo.  
de México

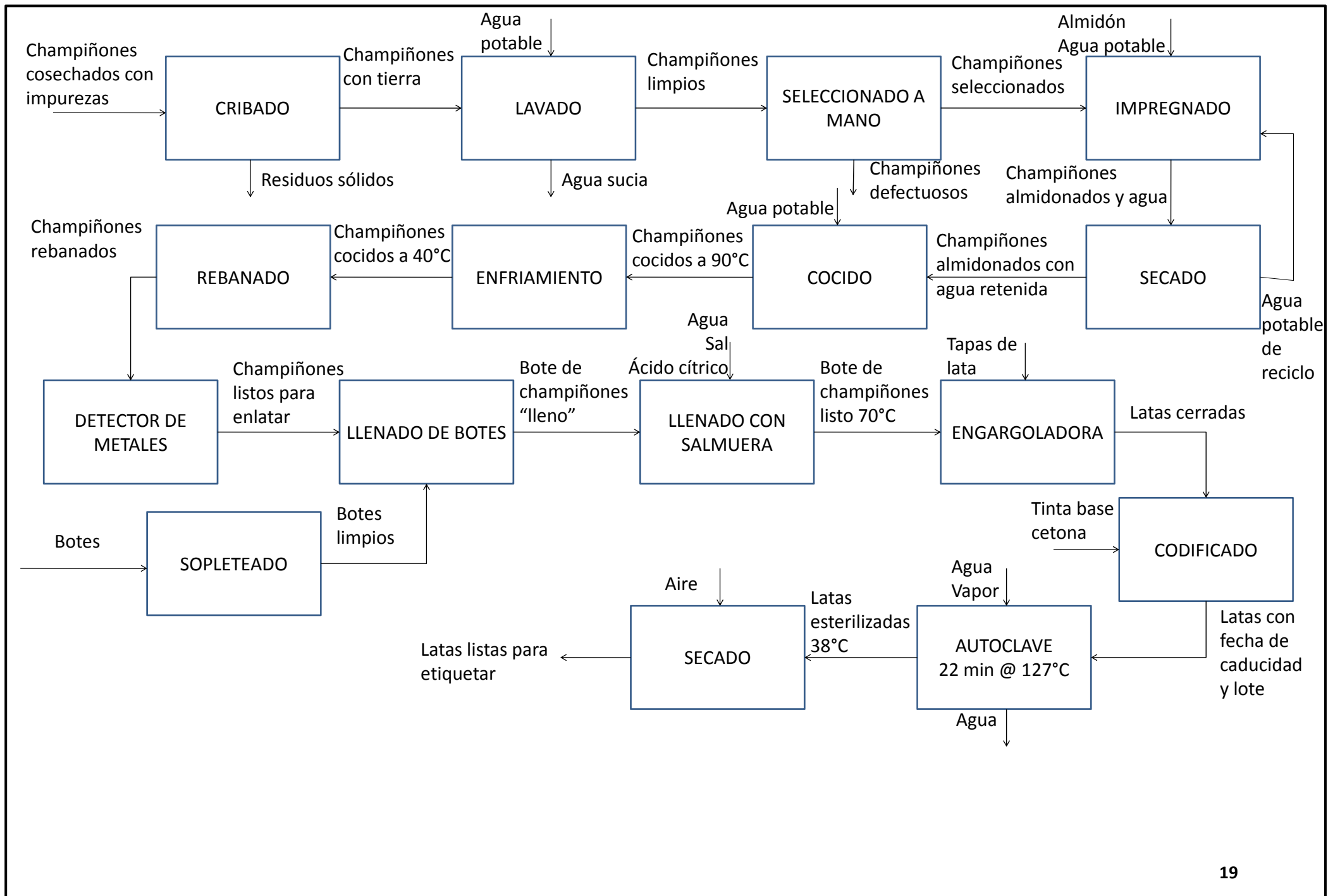
Elaboró:

**Iriarte Jiménez Juan Carlos**

Fecha elaboración

**21-03-2011**

**2012**

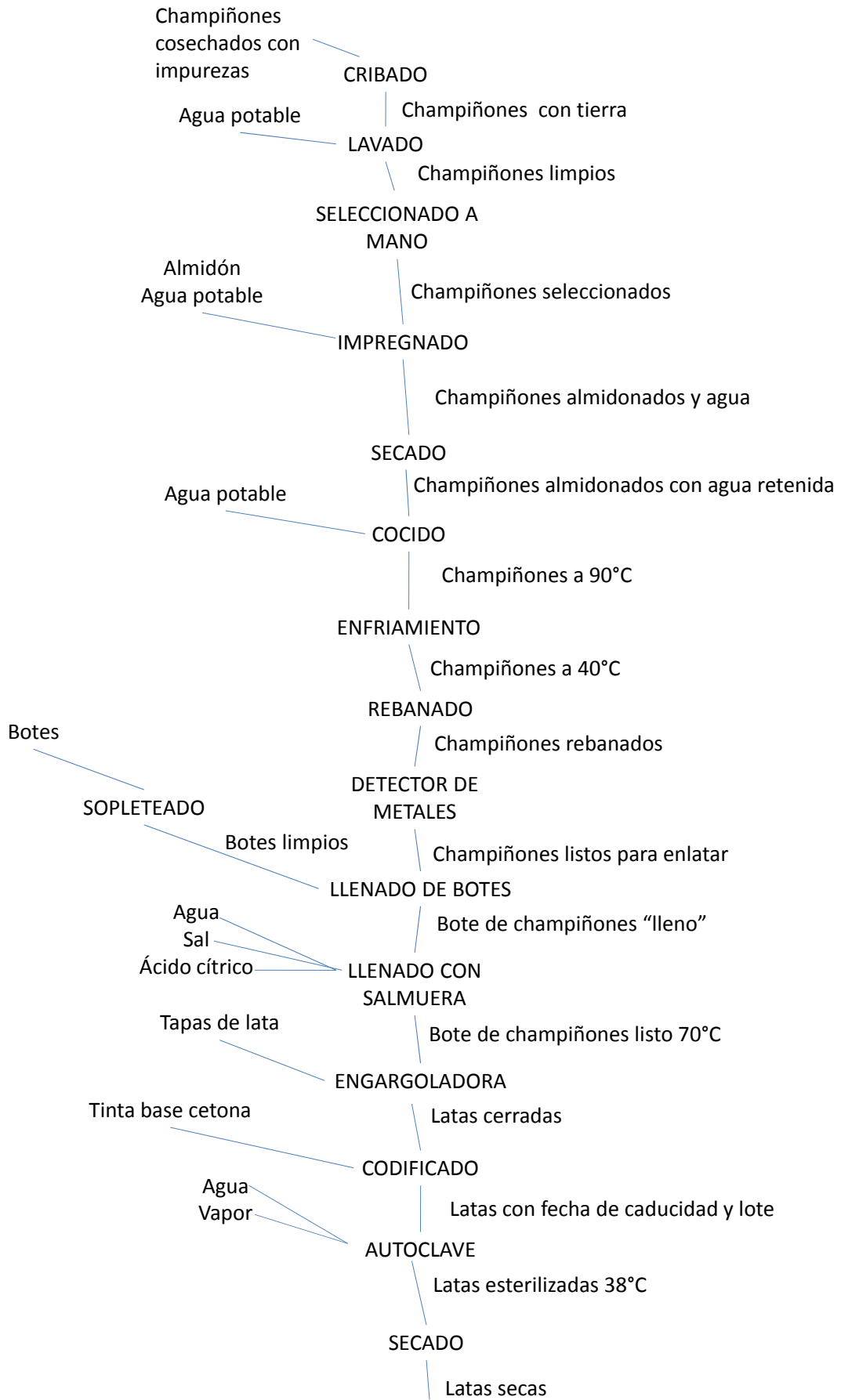




## 12.2 Líneas y letras

El diagrama de líneas y letras toma la información del diagrama de bloques, sólo que en este la información se muestra de manera descendente, mostrando las materias primas que van entrando al proceso y los productos que se van obteniendo después de cada operación. Su uso está enfocado a la presentación en áreas administrativas.

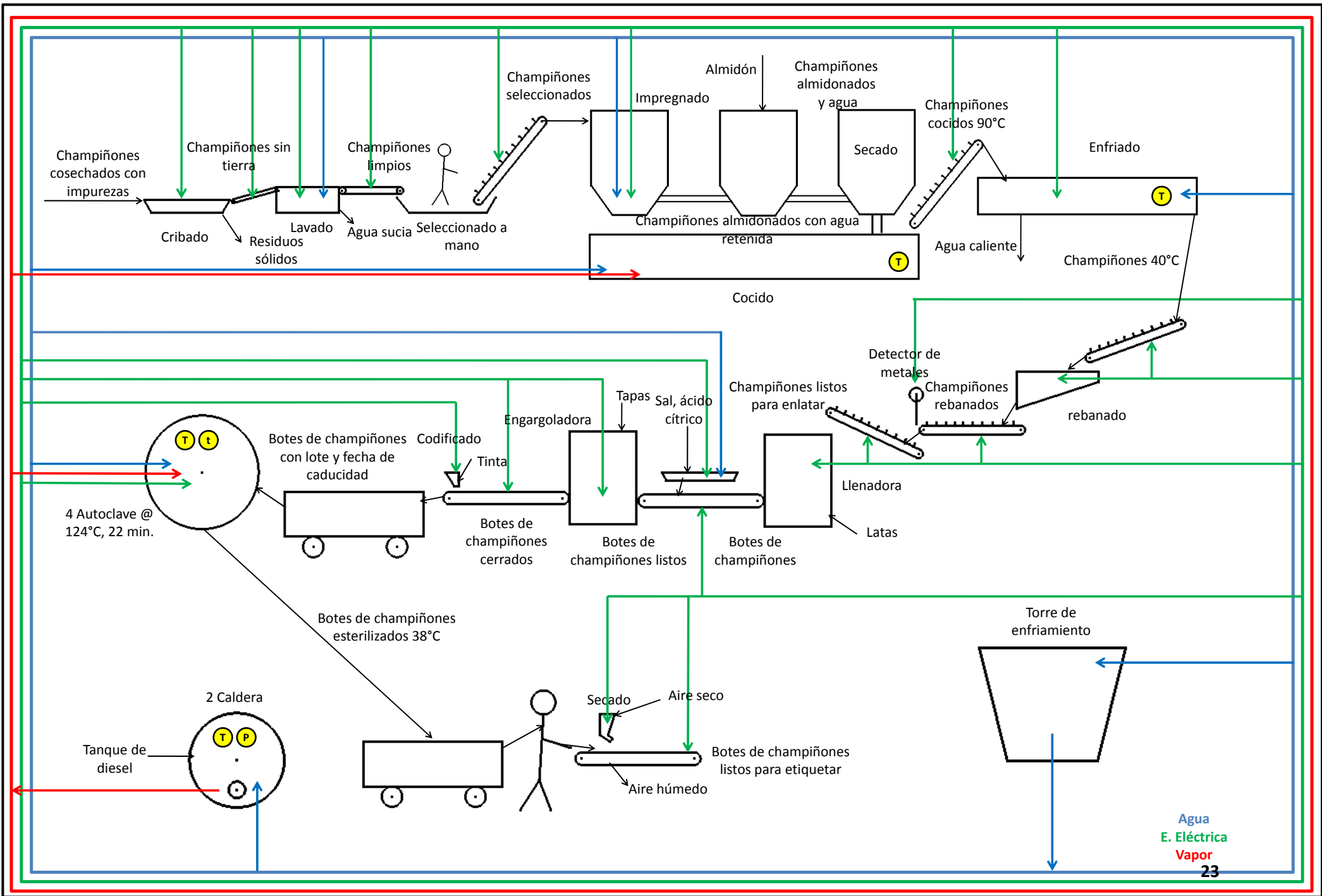
<b>Diagrama de líneas y letras</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró: <b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración <b>21-03-2011</b>		<b>2012</b>



### 12.3 Ingenieril

El diagrama ingenieril muestra esquemáticamente con simbología o perfiles los equipos que intervienen en cada operación, además de mostrar las entradas y salidas de materia en el proceso, muestra las conexiones necesarias de los equipos con los servicios de agua, gas, energía eléctrica, vacío, aire, materiales de fabricación, dimensiones de los equipos y sistemas de control de operación. En este se incluyen todas las operaciones que intervienen en el proceso, como son: de transformación, de empaquetado, de almacenamiento, de transportación, de almacenamiento y de acondicionamiento. A partir de este se pueden realizar diagramas para los ductos eléctricos y las tuberías de servicio, como agua potable, drenaje, aire, vapor y vacío.

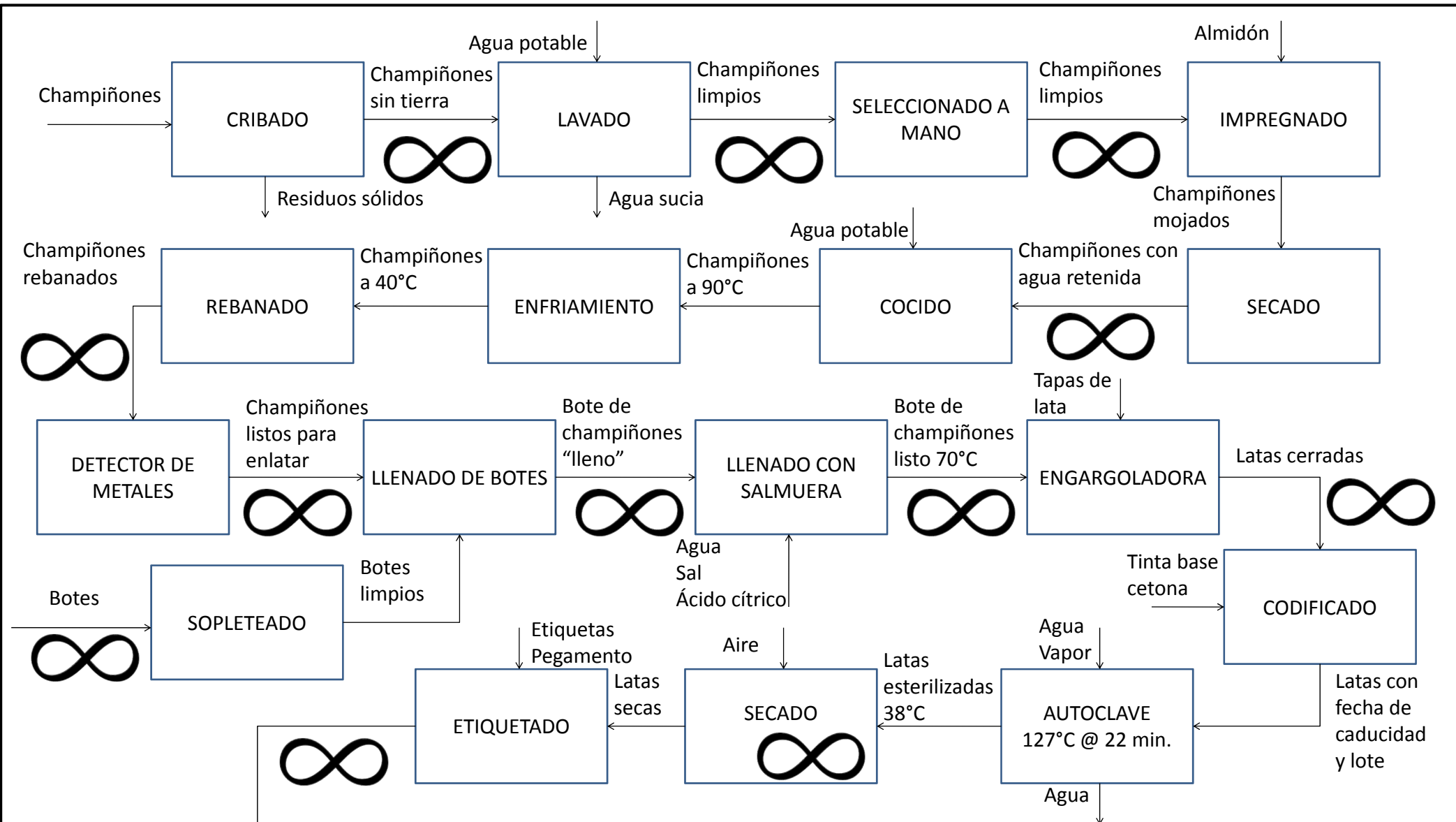
<b>Diagrama ingenieril</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró:		
<b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración		<b>2012</b>
<b>21-03-2011</b>		




## 12.4 Publicitario

El diagrama publicitario parte del diagrama de bloques, el cual no necesita estar completo ni tener todas las sustancias o intercambios de materia. Su función principal es la de enfatizar algún equipo que se utiliza predominantemente o primordialmente en el proceso; también puede enfatizar consumibles cuyo uso es recurrente en el proceso o partes de instalación hidráulica, entre otros.

<b>Diagrama publicitario</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró: <b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración <b>21-03-2011</b>		<b>2012</b>



 **Cintas transportadoras**  
**INFINITY**

- Satisfacen todas sus necesidades de transportación de productos y sustancias dentro de la planta de proceso.
- Fabricadas en distintos materiales según sus necesidades:
  - Líquidos corrosivos
  - Altas temperaturas
  - Certificadas para su aplicación en la industria alimenticia.
- Fabricadas en casi cualquier medida.

## 12.5 Técnica de mapas

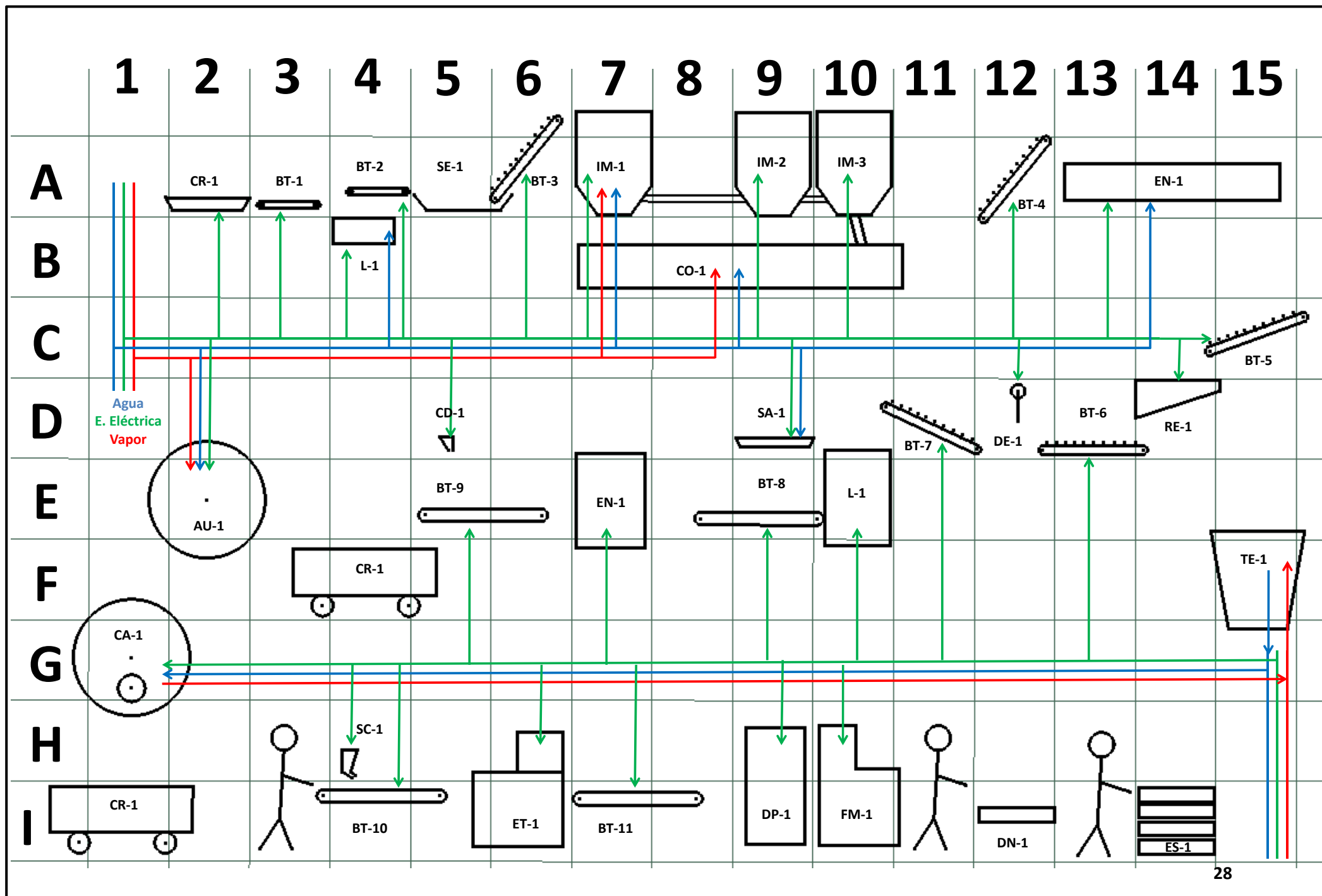
La técnica de mapas parte del diagrama ingenieril, pero este se divide por sectores y a cada equipo involucrado en el proceso se le asigna un código único para su identificación, a partir de esto se elabora una relación de los equipos utilizados en el proceso, su localización dentro del proceso la cantidad de equipos existentes, también muestra la localización de los equipos dentro del diagrama ingenieril. Tiene una gran utilidad para la realización de inventarios, muestra la cercanía de los equipos que están conectados entre sí, para prevenir riesgos o utilizar adecuadamente los espacios para mantenimiento de estos. Con los datos obtenidos de este diagrama es posible plantear rediseños a la distribución de la planta de proceso para la optimización del mismo.

<b>Técnica de mapas</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró: <b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración <b>21-03-2011</b>		<b>2012</b>

## Técnica de mapas (llave)

<b>Código</b>	<b>Localización</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
CR-1	A-2	Cribadora	1
BT-1	A-3	Banda transportadora	1
L-1	B-4	Lavadora	1
BT-2	A-4	Banda transportadora	1
SE-1	A-5	Seleccionado a mano	1
BT-3	A-6	Banda transportadora	1
IM-1	A-7	Impregnadora	1
IM-2	A-9	Impregnadora	1
IM-3	A-10	Impregnadora	1
CO-1	B-8	Tina de cocción	1
BT-4	A-12	Banda transportadora	1
EN-1	A-14	Tornillo de enfriamiento	1
BT-5	C-15	Banda transportadora	1
RE-1	D-14	Rebanadora	1
BT-6	D-13	Banda transportadora	1
DE-1	D-12	Detector de metales	1
BT-7	D-11	Banda transportadora	1
L-1	E-10	Llenadora	1
SA-1	D-9	Baño de salmuera	1
BT-8	E-9	Banda transportadora	1
EN-1	E-7	Engargoladora	1
CD-1	D-5	Impresora	1
BT-9	E-5	Banda transportadora	1
CR-1	F-4, I-4	Transporte de latas	8
AU-1	E-2	Autoclave	4
BT-10	I-4	Banda transportadora	1
SC-1	H-4	Secador	1
CA-1	G-1	Caldera	2
TE-1	F-15	Torre de enfriamiento	2
ET-1	I-6	Etiquetadora	1
BT-11	I-7	Banda transportadora	1
DP-1	I-9	Drop packer	1
FM-1	I-10	Horno film	1
DN-1	I-12	Etiquetador DUN-14	1
ES-1	I-14	Estibas	C.n.

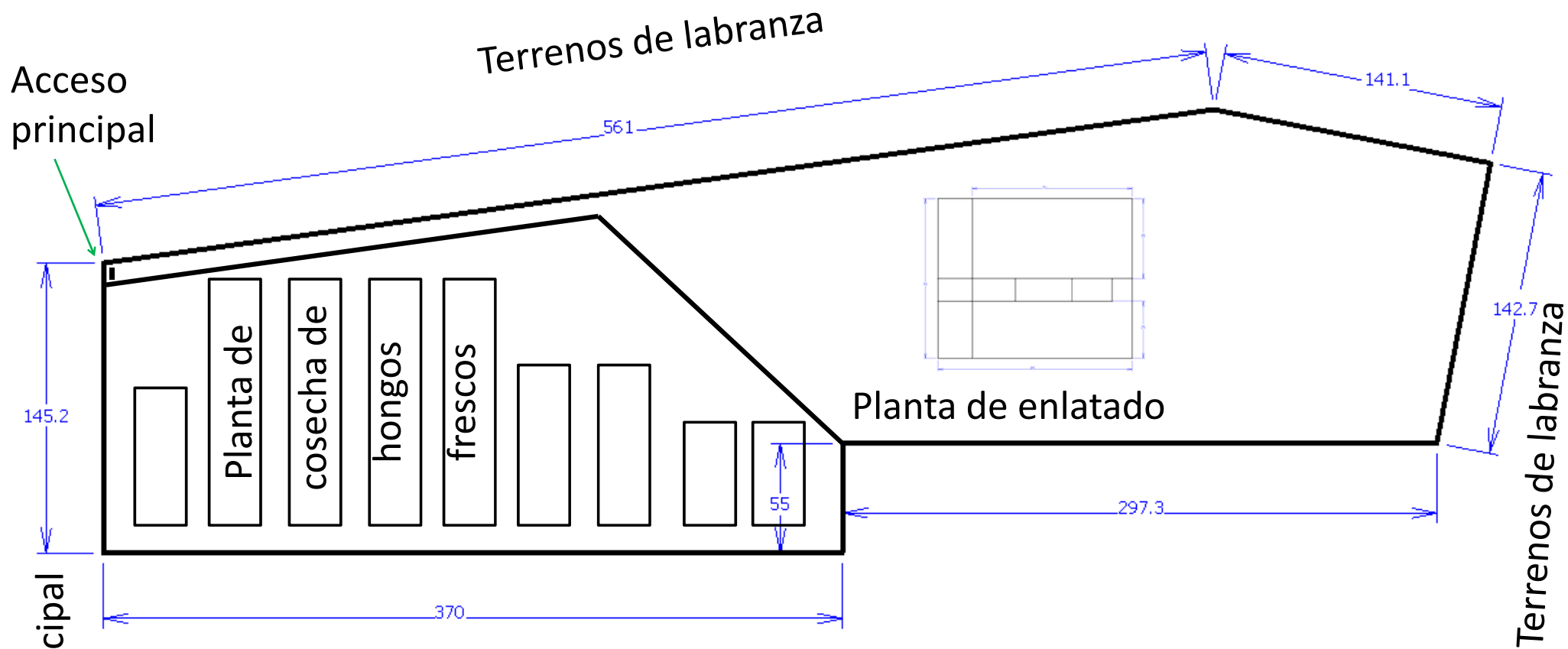




## 12.6 Plano maestro de conjunto

El plano maestro de conjunto muestra a escala la localización geográfica de la planta de proceso, mostrando los demás edificios de la empresa. Además se muestran los terrenos y calles colindantes con la propiedad de la empresa y se muestra de manera detallada las dimensiones de la planta de proceso y las demás zonas dentro de la fábrica, así como los accesos a la planta y a las distintas zonas dentro de esta.

<b>Plano maestro de conjunto</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró: <b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración <b>21-03-2011</b>		<b>2012</b>



Avenida principal

Terrenos de labranza

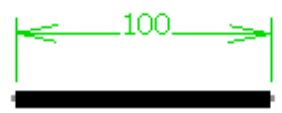
Acceso principal

Planta de cosecha de hongos frescos

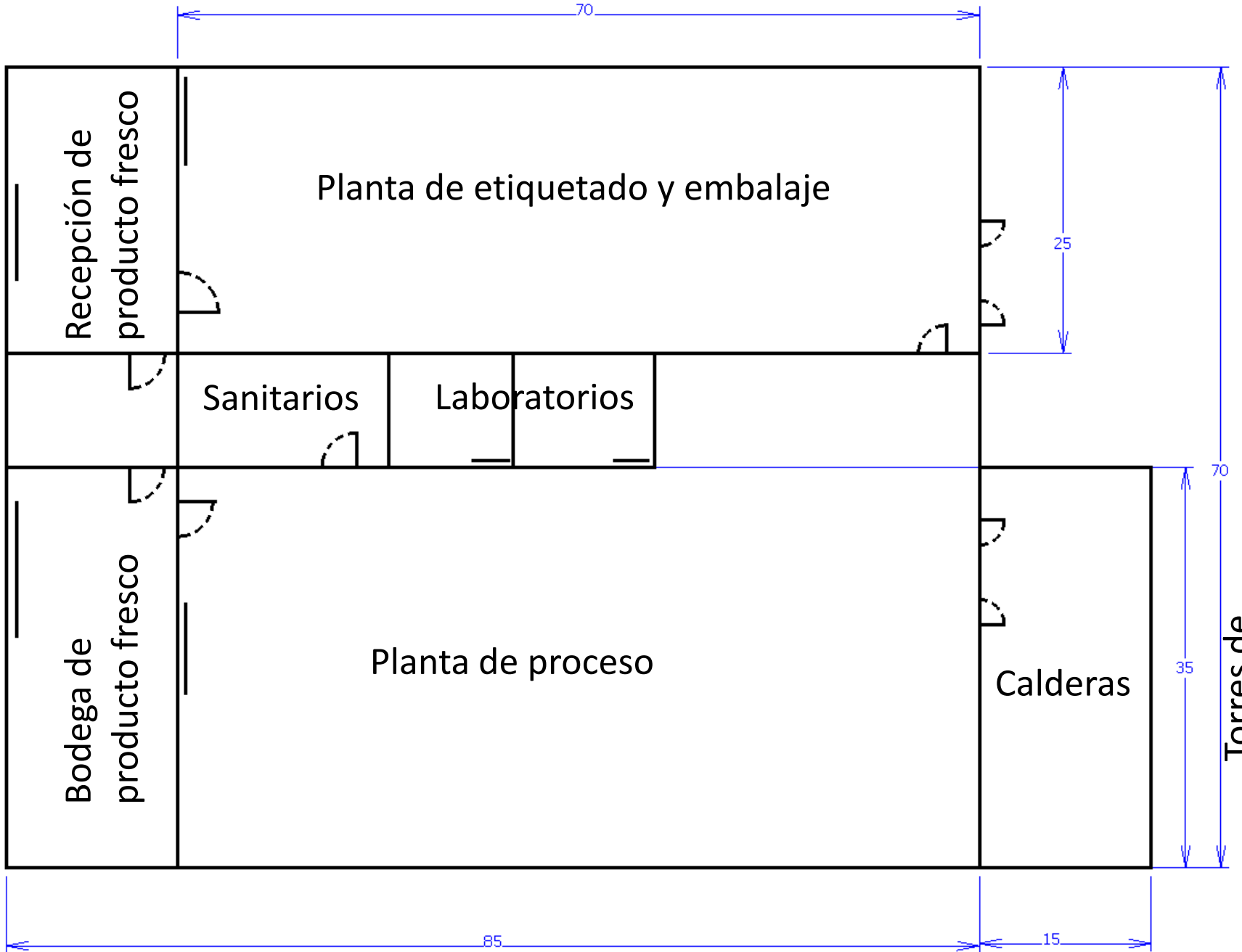
Planta de enlatado

Terrenos de labranza

Terrenos de labranza



Dimensiones en metros\*



Dimensiones en metros\*

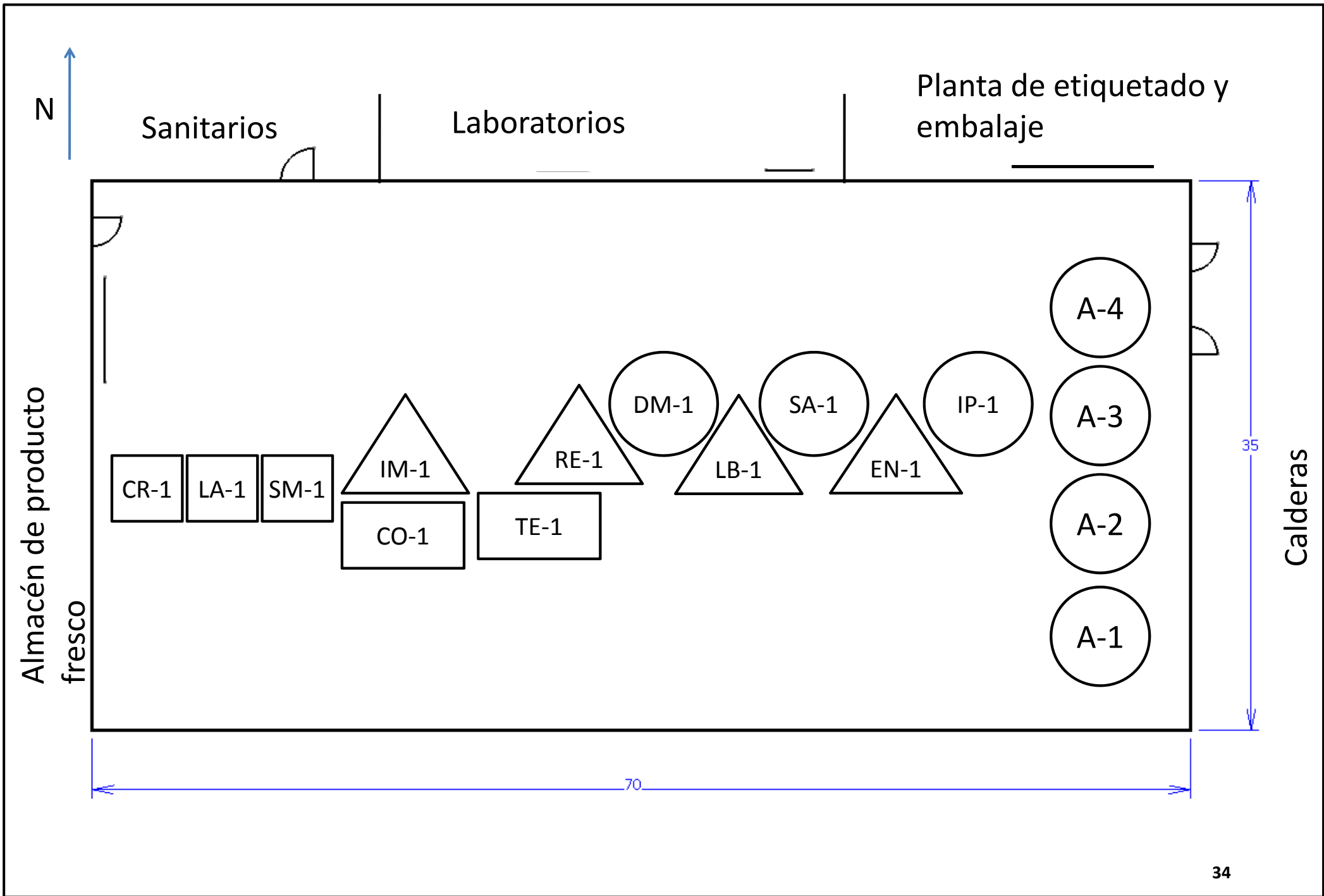
## 12.7 Plano unitario

Se deriva del plano maestro de conjunto. El plano unitario muestra el ordenamiento de los equipos dentro de la planta de proceso, los equipos son representados mediante figuras geométricas básicas y la codificación previamente obtenida en la técnica de mapas. La representación de los equipos se hace a escala y acotados.

<b>Plano unitario</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró: <b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración <b>21-03-2011</b>		<b>2012</b>

## Plano unitario (llave)

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>
CR-1	Cribadora
LA-1	Lavadora
SM-1	Seleccionado a mano
IM-1	Impregadora
CO-1	Tina de cocción
TE-1	Tornillo de enfriamiento
RE-1	Rebanadora
DM-1	Detector de metales
LB-1	Llenadora
SA-1	Baño de salmuera
EN-1	Engargoladora
IP-1	Impresora
A-1~A-4	Autoclaves



### 13. Propiedades físicas de materias primas y subproductos

#### Objetivo particular

Analizar las propiedades físicas de materias primas y subproductos para poder definir los parámetros de diseño termodinámico del proceso.

Todas las sustancias se caracterizan por tener distintas propiedades físicas o químicas. Las propiedades físicas son aquellas que se pueden medir sin que la composición de la sustancia se vea afectada, como por ejemplo el punto de fusión del agua; y las propiedades químicas se observan cuando existe un cambio químico a la sustancia, transformándose en una sustancia diferente.

Materia Prima	Propiedad física	Medible o comparativa	Unidades
Champiñones	Color blanco cremoso o beige, textura satinada	Comparativa	
Agua potable	Temperatura ambiente, pH 6.5-7.5	Medible	K, Pa
Almidón en polvo	Polvo fino, blanco inodoro e insípido	Comparativa	
Vapor	Temperatura, presión	Medible	K, Pa
Botes	Dureza, apariencia	Medible	HB
Agua	Temperatura, presión	Medible	K, Pa
Sal	Color blanco, textura granulada	Comparativa	
Ácido cítrico	Color, textura	Comparativa	
Tapas de lata	Dureza, apariencia	Medible	HB,
Tinta base cetona	viscosidad	Medible	Pa
Agua	Temperatura, presión	Medible	K, Pa
Vapor	Temperatura, saturación	Medible	K, Pa
Aire atmosférico	Temperatura, humedad	Medible	K,

Producto terminado			
Latas listas	Dureza, apariencia	Medible,	HB



## 14. Análisis de las operaciones de transformación

### Objetivo particular

Analizar todas las operaciones efectuadas en el proceso para definir la ingeniería básica del proceso.

	Operación	Física o química	Características de la sustancia a la entrada	Propiedad física que tiene la sustancia
1	Cribado	F	Champiñones cosechados con impurezas	Adherencia afinidad
2	Lavado	F	a) Champiñones con tierra y b) Agua potable	Solubilidad de la tierra en el agua
3	Seleccionado a mano	F	Champiñones limpios	Color y forma diferente
4	Impregnado	Q	a) Champiñones seleccionados + b) Almidón + c) Agua potable	Absorción a presión negativa
5	Secado	F	a) Champiñones almidonados y b) agua	Absorción
6	Cocido	Q	a) Champiñones con agua retenida y b) Agua a 90°C	Temperatura de cocción
7	Enfriamiento	F	Champiñones a 90°C	Temperatura y transferencia de energía calorífica
8	Rebanado	F	Champiñones a 40°C	Dureza
9	Sopleteado	F	Botes	Diferencia de masa
10	Llenado de botes	F	a) Champiñones listos para enlatar + b) Botes limpios	Masa y volumen
11	Llenado con salmuera	F	a) Agua a 70°C + b) Sal + c) Ácido cítrico + d) Bote de champiñones lleno	Afinidad de sustancias
12	Engargoladora	F	a) Bote de champiñones listo 70°C b) Tapas de lata	Dureza
13	Codificado	Q	a) Latas cerradas + b) Tinta base cetona	Afinidad química
14	Autoclave	F	a) Latas con fecha de caducidad y lote b) Agua c) Vapor	Temperatura y presión
15	Secado	F	a) Latas esterilizadas a 38°C y b) Aire	Temperatura y humedad relativa del aire

	<b>Agente</b>	<b>Característica de la sustancia a la salida</b>	<b>Tipo de transferencia</b>	<b>Equipo</b>
<b>1</b>	Vibración	a) Champiñones con tierra y b) residuos sólidos	Momento y masa	Criba vibratoria
<b>2</b>	Agua	a) Champiñones limpios y b) agua sucia	Momento y masa	Mesa de lavado
<b>3</b>	Operario	a) Champiñones seleccionados y b) champiñones defectuosos	Momento y masa	Banda
<b>4</b>	Presión negativa	a) Champiñones almidonados y b) agua	Momento, masa y E. calorífica	Impregnadora
<b>5</b>	Presión	a) Champiñones con agua retenida y b) Agua potable de recicló	Momento, masa y E. calorífica	Impregnadora
<b>6</b>	Agua caliente	Champiñones a 90°C	E. Calorífica	Tornillo de cocción
<b>7</b>	Aire	Champiñones a 40°C	E. Calorífica	Banda
<b>8</b>	Cuchillas	Champiñones rebanados	Momento	Rebanadora
<b>9</b>	Aire	Botes limpios	Momento	Sopleteadora
<b>10</b>	Tolva	Bote de champiñones lleno	Momento y masa	Llenadora
<b>11</b>	Baño	Bote de champiñones listo 70°C	Momento, masa y E. calorífica	Baño de salmuera
<b>12</b>	Dado	Latas cerradas	Momento y masa	Engargoladora
<b>13</b>	Inyectores	Latas con fecha de caducidad y lote	Momento y masa	Impresora
<b>14</b>	Vapor	Latas esterilizadas 38°C	Momento y E. calorífica	Autoclave
<b>15</b>	Aire	Latas listas para etiquetar	Momento	Secadora

	<b>Resultado</b>	<b>En que otro proceso se ocupa</b>
<b>1</b>	Eliminación de residuos sólidos	Fabricación de cerillos
<b>2</b>	Eliminación de tierra	Obtención de azúcar
<b>3</b>	Eliminación de champiñones defectuosos	
<b>4</b>	Champiñones almidonados	
<b>5</b>	Eliminación de la humedad excesiva	Fabricación de cerillos
<b>6</b>	Cocción de los hongos	Fabricación de jabón
<b>7</b>	Descenso de la temperatura	Fabricación de cerillos
<b>8</b>	Cortado en rebanadas	Obtención de celulosa
<b>9</b>	Eliminación de polvo	
<b>10</b>	Latas con champiñones rebanados	
<b>11</b>	Latas con champiñones rebanados y salmuera	
<b>12</b>	Tapado de las latas	
<b>13</b>	Impresión de datos en las latas	Fabricación de cerillos
<b>14</b>	Esterilización de latas	Obtención de aluminio
<b>15</b>	Eliminación de agua por fuera de las latas	Fabricación de cerillos

## 15. Balance de materiales

### Objetivo particular

Conocer en cada una de las operaciones de transformación las cantidades de materia prima, subproductos y producto final.

### 15.1 Balance de materiales global

El balance de materiales global está realizado a partir de la descripción del proceso y los datos de etiqueta, reportados en cada lata producida. Para ello los datos primordiales son:

- La cantidad de champiñones que ingresan a la línea de producción.
- La cantidad de latas que salen de la línea de producción.
- Los datos de contenido neto y masa drenada de la etiqueta de la lata.

Se ingresan: 1500 [kg/h] champiñones crudos  
Se producen: 300 [latas/min]

Cada lata contiene champiñones con salmuera: 186 [g]

De los cuales reportan:

113 [g] champiñones  
73 [g] salmuera

Partiendo de estos datos:

$$0.113[\text{kg}] \text{ champiñones} \left( 300 \frac{[\text{latas}]}{[\text{min}]} \right) = 33.9 \frac{[\text{kg}]}{[\text{min}]} \text{ champiñones}$$

$$0.073[\text{kg}] \text{ salmuera} \left( 300 \frac{[\text{latas}]}{[\text{min}]} \right) = 21.9 \frac{[\text{kg}]}{[\text{min}]} \text{ salmuera}$$

Se procesa por minuto:

33.9 [kg/min] champiñones  
21.9 [kg/min] salmuera

Se procesa por hora:

2034 [kg/h] champiñones  
1314 [kg/h] salmuera

Como se puede observar, el peso de los champiñones producidos es mayor del que tienen los champiñones crudos; esto se debe a que durante el proceso de almidonado los champiñones retienen humedad.

Producción: 2034 [kg/h] champiñones

Se ingresan: 1500 [kg/h] champiñones crudos

Esta discrepancia entre las masas de los champiñones crudos y la de los champiñones procesados se explicará más adelante, en el balance de materiales por operación, en la operación de almidonado.

### 15.2 Balance de materiales por operación

El balance de materiales por operación consiste en analizar las sustancias de entrada y las sustancias de salida en cada operación individualmente. Para realizarlo se utiliza el principio de conservación de masa, tomando en cuenta que la masa de las sustancias entrantes será igual a la masa de las sustancias que salen.

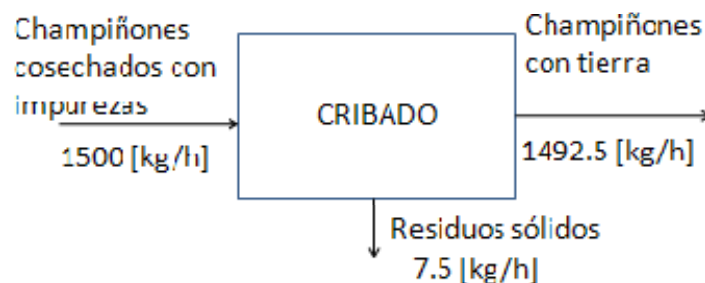
$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

#### Cribado

En el tiempo que estuve en la planta de proceso; alrededor de una hora, pude observar que los residuos sólidos que se producían en la operación de cribado eran muy pocos, y que estos los tenían en una pequeña caja de plástico. Durante este tiempo los residuos no parecieron aumentar de manera considerable.

Debido a la alta limpieza y calidad del producto menos de un 1% son desperdicios (residuos sólidos y champiñones defectuosos), dicho porcentaje es de alrededor de 0.5%.

$$1500 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones} - 7.5 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ residuos sólidos} = 1492.5 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones con tierra}$$



## Lavado

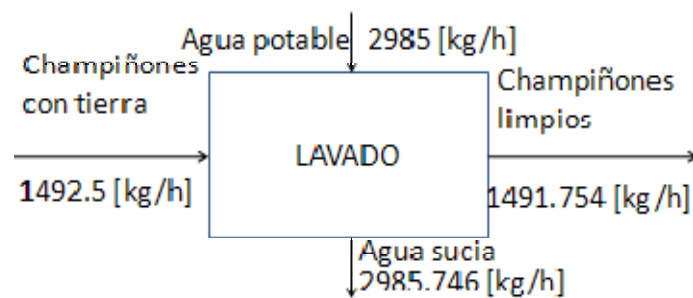
La relación de agua de lavado por kilo de champiñones es de dos partes de agua de lavado por una parte de champiñones.

Debido a que los champiñones acaban de pasar por una operación de cribado en mesa vibratoria, la mayoría de los residuos sólidos de estos ya han sido retirados; sin embargo, existe una muy pequeña cantidad de suciedad que aún está presente en los champiñones; alrededor del 0.05%.

Relación de agua de lavado:

$$2 \left( 1492.5 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones con tierra} \right) = 2985 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ agua}$$

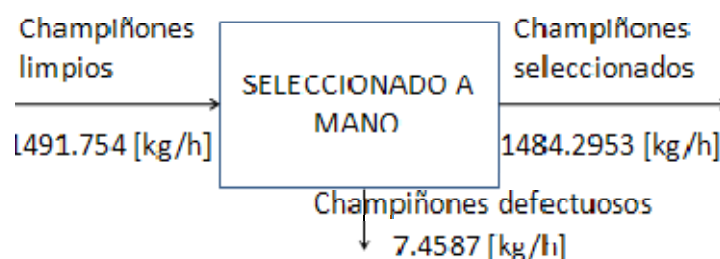
$$1492.5 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones con tierra (0.05\%)} = 0.746 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ suciedad}$$



## Seleccionado a mano

Los champiñones defectuosos son separados de la banda transportadora mediante operarios que arrojan los residuos a un contenedor idéntico al que se utiliza en la operación de cribado, de la misma manera, el contenido de este tampoco pareció aumentar de manera considerable en el tiempo que estuvo en la planta. De igual modo que en el cribado, los champiñones en mal estado son el 0.5%.

$$1500 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones limpios} - 7.45 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones en mal estado} \\ = 1484.29 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones limpios}$$



### Impregnado y secado

El impregnado y el secado se realizan dentro del mismo equipo; estas operaciones son de vital importancia ya que les brinda a los champiñones una apariencia inflada y brillante, una consistencia crocante y acuosa, además de aumentar su masa considerablemente.

Del balance de materiales global se sabe que se producen 2034 [kg/hr] de champiñones con agua retenida.

Temperatura [°C]	Solubilidad [%]
75	5.9
85	10.1
95	34.5
120	80

Tabla 15.1 Solubilidad del almidón de trigo en agua

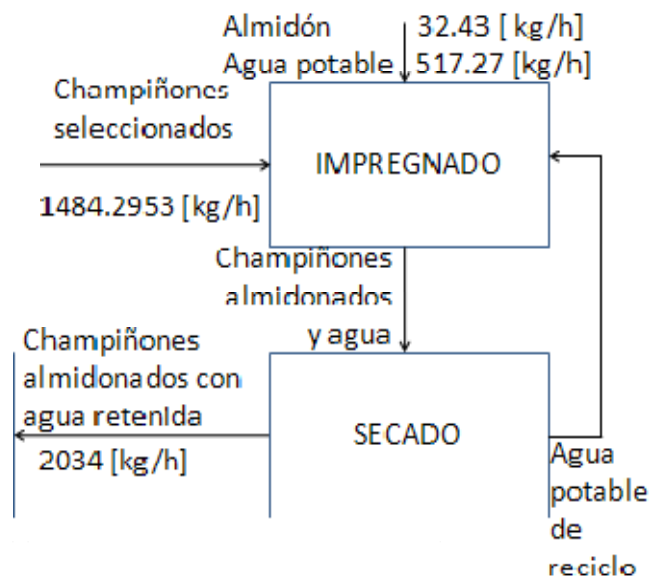
Considerando que el proceso se realiza a 75°C

$$1484.29 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones limpios} - 2034 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ champiñones con agua retenida} = 549.7 \text{ [kg] agua + almidón}$$

Y con una solubilidad del 5.9% del almidón en agua

$$549.7 \text{ [kg] agua + almidón (5.9% almidón)} = 32.43 \text{ [kg] almidón}$$

$$549.7 \text{ [kg] agua + almidón (94.1% agua)} = 517.27 \text{ [kg] agua}$$



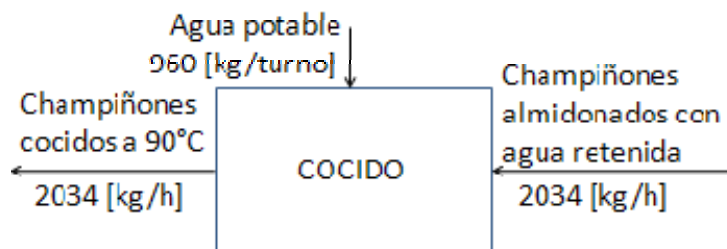
## Cocido

La cocción de los champiñones se realiza en una tina con en forma de prisma de base cuadrada con una banda dentro de ella. Dicha tina está llena a dos terceras partes de agua y se mantiene estanca por todo un turno, hasta que se para la producción y se limpian las máquinas.

Las dimensiones de la tina son de aproximadamente: 4 x 0.6 x 0.6 [m]

Volumen total de la tina	1.44 [m <sup>3</sup> ]
(2/3) del volumen total	0.96 [m <sup>3</sup> ]
Cantidad en litros	960 [l]

Debido a que en el proceso de almidonado los champiñones ya tienen humedad retenida, a partir de ese punto consideraré que en los procesos subsecuentes de cocción y enfriamiento no habrá adición ni sustracción de masa en los champiñones.



## Enfriamiento

Durante el enfriamiento los champiñones pasan por una tina cilíndrica con un tornillo sin fin dentro. Dicho cilindro está lleno a dos terceras partes de agua y se mantiene estanca por todo un turno, hasta que se para la producción y se limpian las máquinas.

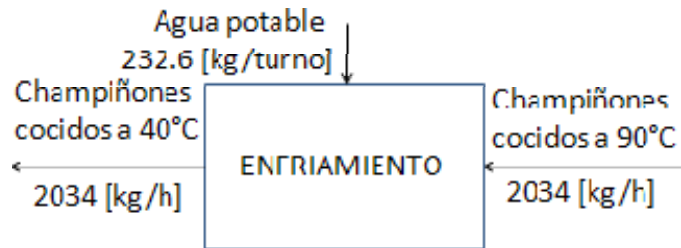
El tornillo sin fin que está al interior de la máquina es de aproximadamente una tercera parte de diámetro del cilindro exterior.

Las dimensiones del cilindro exterior son de aproximadamente: 2 [m] x 50 [cm] de diámetro.

Las dimensiones del tornillo sin fin son de aproximadamente: 2 [m] x 50/3 [cm] de diámetro.

Volumen cilindro exterior	0.3926 [m <sup>3</sup> ]
Volumen tornillo sin fin	0.0436 [m <sup>3</sup> ]
Volumen total	0.349 [m <sup>3</sup> ]
(2/3) del volumen total	0.2326 [m <sup>3</sup> ]
Cantidad en litros	232.66 [l]





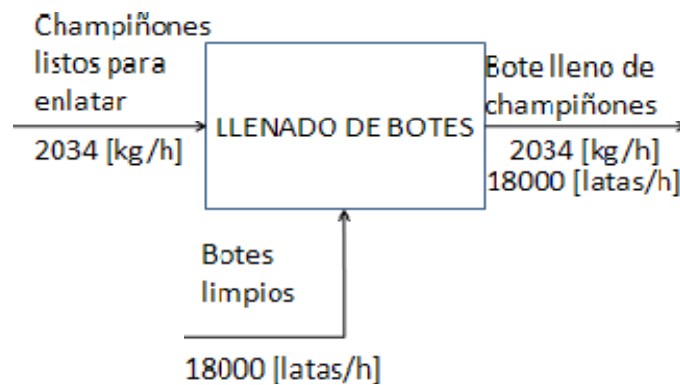
### Detector de metales

En esta operación no sucede ningún cambio en la cantidad de masa del producto, a menos de que este contenga metales; en cuyo caso toda la línea de producción se detiene, para examinar el desperfecto.

### Sopleteado y llenado de botes

La producción de la planta es de 300 [latas /min] ó 18000 [latas/h], misma cantidad que tiene que pasar previamente por el sopleteado.

Considerando que cada lata vacía pesa 25 [g], en la planta se manejan 450 [kg/hr] de latas vacías.



### Llenado con salmuera

Para la producción de la salmuera se utilizan los siguientes ingredientes:

Composición salmuera

0.89 Agua

0.06 Sal

0.05 Ácido cítrico

Del balance de materiales global se sabe que se utilizan 1314 [kg/h] de salmuera; desglosando los contenidos se tiene:

$$1314 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ salmuera (89\% agua)} = 1169.46 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ agua}$$

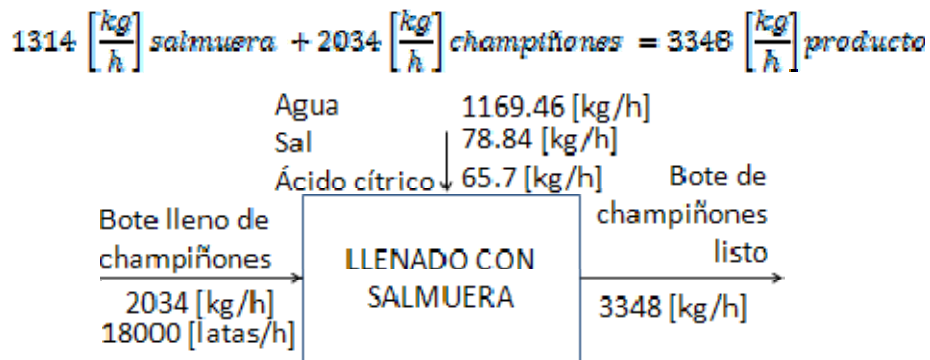
$$1314 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ salmuera (0\% sal)} = 78.84 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ sal}$$

$$1314 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \text{ salmuera (5\% \acute{a}cido c\acute{it}rico)} = 65.7 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \acute{a}cido \text{ c\acute{it}rico}$$

Composici3n salmuera

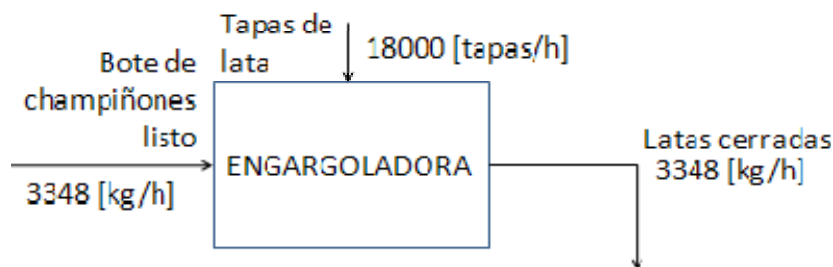
- 1169.46 [kg/h] Agua
- 78.84 [kg/h] Sal
- 65.7 [kg/h] \xc1cido c\xedtrico

Durante el llenado con salmuera se juntan los flujos de la salmuera y el del bote con los champi3nes, lo que da como resultado el producto final.



### Engargoladora

La producci3n de la planta es de 300 [latas /min] 3 18000 [latas/h], por lo que la misma cantidad de tapas para lata son necesarias para mantener la producci3n.



### Codificado

A cada lata que pasa por la l\xednea de producci3n se le imprime un n\xfamero de lote y fecha de caducidad, la cantidad de tinta utilizada en cada lata puede ser infima, pero al producir 18000 [latas/h] es un dato considerable. Los cartuchos de tinta para este equipo son de 180 [ml] y de 1000 [ml].

## Autoclave

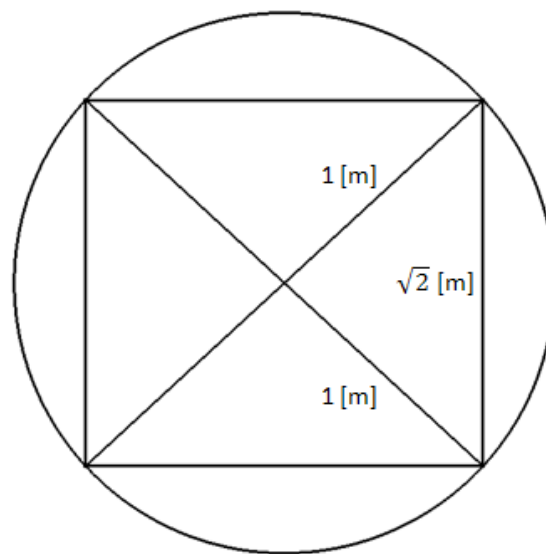
Las dimensiones aproximadas de los autoclaves utilizados son:

Diámetro: 2 [m], longitud: 4[m]

Dichos autoclaves necesitan ser llenados con agua cada vez que se ingresa una carga de latas.

Volumen autoclave 12.5664 [m<sup>3</sup>]

Cada lata tiene un diámetro de 6 [cm] por 7.3 [cm] de altura.



*Fig. 15.1 Corte transversal del autoclave y las latas dentro de éste*

Las latas se meten en carritos con arpillas para amontonar las latas, formando una especie de prisma de base cuadrada; tomando en cuenta que el autoclave tiene 2 [m] de diámetro, el cuadrado de mayor área que puede ir inscrito dentro de este es de  $\sqrt{2}$  [m] de lado, por lo que tomando en cuenta la separación entre las latas, nos da un aproximado de 17 latas por lado y 64 latas de profundidad.

Aproximadamente se cargan 18500 [latas] en cada autoclave.

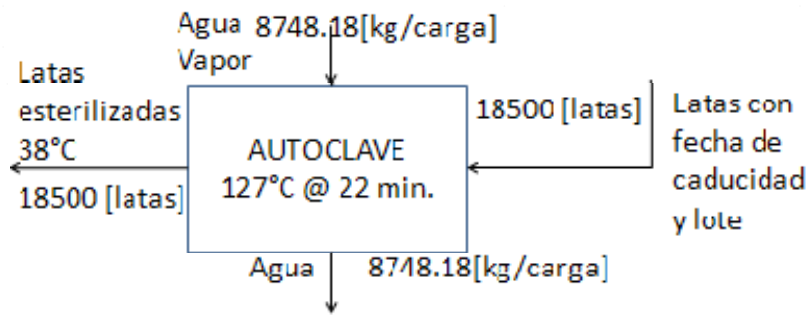
Volumen lata  $2.064 \times 10^{-3}$  [m<sup>3</sup>]

Volumen total latas 3.81821463 [m<sup>3</sup>]

Como el autoclave necesita ser llenado de agua hasta el tope; se requiere de:

Volumen agua 8.74818537 [m<sup>3</sup>]

Volumen agua 8748.18537 [l] Por carga de autoclave

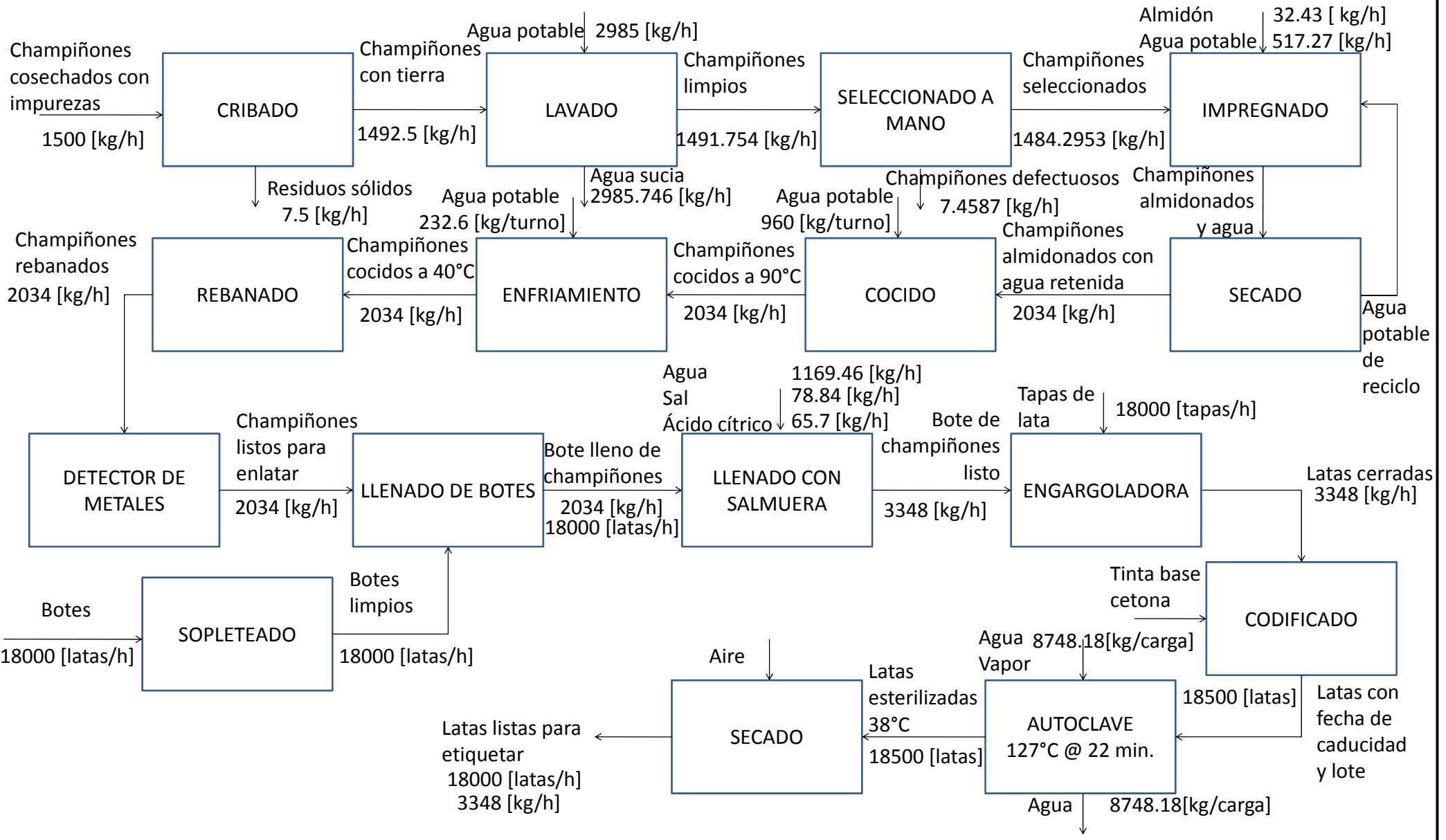


### 15.3 Diagrama de bloques con resultados

Este diagrama se construye sobre el diagrama de bloques, y con la ayuda del balance de materiales, ya que en este diagrama se sintetizan todos los datos y resultados obtenidos del balance de materiales.

Este diagrama es muy útil para el control del proceso, ya que muestra cada operación de transformación involucrada en el proceso, la cantidad masa de cada sustancia que entra en cada una de las operaciones, las condiciones de operación y la cantidad de masa de cada sustancia de salida.

<b>Diagrama de bloques con resultados</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró: <b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración <b>02-06-2011</b>		<b>2012</b>



## 16. Balance de energía

### Objetivo particular

Determinar la cantidad de transferencia de energía calorífica utilizada en el proceso.

### 16.1 Equipos calentados o enfriados por medio de vapor o agua

#### Impregnado

Consideraciones:

El impregnado se realiza a 75[°C]

La temperatura promedio en la zona de la planta es de 12.5[°C]

El agua se obtiene a una temperatura de 17[°C] en promedio.

Del balance de materiales se sabe que es necesario utilizar:

1484.29 [kg/h] champiñones

32.43 [kg/h] almidón

517.27 [kg/h] agua

- Calor requerido para calentar los champiñones.

$$Q = m c_p \Delta T$$

Donde:

$Q$  es el calor requerido para realizar la operación

$m$  es la masa

$c_p$  es el calor específico

$\Delta T$  es el intervalo de temperaturas

$$Q = 1484.2953 \left[ \frac{kg}{h} \right] \text{ champiñones } (3.8937 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (75[°C] - 17[°C])$$

$$Q = 335.205 \left[ \frac{MJ}{h} \right]$$

- Calor requerido para calentar el almidón.

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$Q = 32.43 \left[ \frac{kg}{h} \right] \text{almidón} (1.22 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (75[^\circ C] - 17[^\circ C])$$

$$Q = 2.294 \left[ \frac{MJ}{h} \right]$$

- Calor requerido para calentar el agua.

$$Q = m \, c_p \, \Delta T$$

$$Q = 517.27 \left[ \frac{kg}{h} \right] \text{agua} (4.205 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (75[^\circ C] - 17[^\circ C])$$

$$Q = 126.156 \left[ \frac{MJ}{h} \right]$$

- Calor requerido para la operación en total.

$$Q_{total} = Q_{champiñones} + Q_{almidón} + Q_{agua}$$

$$Q = 335.205 \left[ \frac{MJ}{h} \right] + 2.294 \left[ \frac{MJ}{h} \right] + 126.156 \left[ \frac{MJ}{h} \right]$$

$$Q = 463.655 \left[ \frac{MJ}{h} \right]$$

## Cocción

Consideraciones:

La cocción de los champiñones se realiza a 90[°C]

La temperatura promedio en la zona de la planta es de 12.5[°C]

El agua se obtiene a una temperatura de 17[°C] en promedio.

Se necesitan calentar 960 litros de agua en el receptáculo, aproximadamente.

Debido a que los champiñones acaban de pasar por un proceso en el que retienen agua, es posible considerar que la temperatura de los champiñones es la misma que la del agua de alimentación.

- Calor requerido para calentar el agua inicialmente.

$$Q = m \, c_p \, \Delta T$$

$$Q = 960 [kg] \text{agua} (4.205 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (90[^\circ C] - 17[^\circ C])$$

$$Q = 291.616 [MJ]$$

- Calor requerido para calentar 2034 [kg/h] de champiñones



$$Q = m c_p \Delta T$$

$$Q = 2034 \text{ [kg]champiñones} \left(3.8937 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg K}}\right]\right)(90[^\circ\text{C}] - 75[^\circ\text{C}])$$

$$Q = 118.796[\text{MJ}]$$

Considerando que:

$$Q_{total} = Q_{champiñones} + Q_{agua}$$

- Calor total

$$Q_{total} = 410.414 [\text{MJ}]$$

### **Enfriamiento**

Consideraciones:

Los champiñones salen de la tina de cocción a [90°C]

Después del enfriamiento los champiñones están a [40°C]

El agua de enfriamiento esta a 17[°C] en promedio.

Del balance de materiales se sabe que se enfrían 2034 [kg/h]

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$Q = 2034 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right] \text{champiñones} \left(3.8937 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg K}}\right]\right)(17[^\circ\text{C}] - 90[^\circ\text{C}])$$

$$Q = -578.144\left[\frac{\text{MJ}}{\text{h}}\right]$$

### **Llenado con salmuera**

Consideraciones:

La salmuera se calienta a [80°C]

La salmuera tiene una temperatura inicial de [17°C]

Del balance de materiales se sabe que se calientan 1314 [kg/h] de salmuera.

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$Q = 1314 \left[ \frac{kg}{h} \right] salmuera (4.1868 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (80[^\circ C] - 17[^\circ C])$$

$$Q = 346.591 \left[ \frac{MJ}{h} \right]$$

### Autoclave

Consideraciones:

El agua se obtiene a una temperatura de 17°C en promedio.

Las latas de champiñones están a una temperatura de 70[°C]

En el autoclave se calientan 18500 [latas] a 127 [°C] durante 22 minutos.

Del balance de materiales se sabe que las sustancias que se calientan dentro del autoclave son:

- Agua 8748.18537 [kg/carga]
- Champiñones 2090.5 [kg/carga]
- Salmuera 1350.5 [kg/carga]
- Acero 450 [kg/carga]

Considerando que:

$$Q_{total} = Q_{champiñones} + Q_{salmuera} + Q_{agua} + Q_{acero}$$

- Calor requerido para calentar el agua

$$Q = m cp \Delta T$$

$$Q = 8748.18537 \left[ \frac{kg}{carga} \right] agua (4.205 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (127[^\circ C] - 17[^\circ C])$$

$$Q = 4046.4731 \left[ \frac{MJ}{carga} \right]$$

- Calor requerido para calentar los champiñones

$$Q = m cp \Delta T$$

$$Q = 2090.5 \left[ \frac{kg}{carga} \right] champiñones (3.8937 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (127[^\circ C] - 70[^\circ C])$$

$$Q = 463.96 \left[ \frac{MJ}{carga} \right]$$

- Calor requerido para calentar la salmuera

$$Q = m cp \Delta T$$

$$Q = 1350.5 \left[ \frac{kg}{carga} \right] salmuera (4.1868 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (127[^\circ C] - 70[^\circ C])$$

$$Q = 322.29 \left[ \frac{MJ}{carga} \right]$$

- Calor requerido para calentar las latas

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$Q = 450 \left[ \frac{kg}{carga} \right] \text{acero} (0.502416 \left[ \frac{KJ}{kg K} \right]) (127[^\circ C] - 70[^\circ C])$$

$$Q = 12.886 \left[ \frac{MJ}{carga} \right]$$

- Calor total

$$Q_{total} = 4046.4731 \left[ \frac{MJ}{carga} \right] + 463.96 \left[ \frac{MJ}{carga} \right] + 322.29 \left[ \frac{MJ}{carga} \right] + 12.886 \left[ \frac{MJ}{carga} \right]$$

$$Q_{total} = 4845.6091 \left[ \frac{MJ}{carga} \right]$$

## 16.2 Aire acondicionado

La planta de proceso no requiere del uso de un equipo de aire acondicionado, pues en la planta la temperatura es de 25[°C] aproximadamente; aún con todos los equipos en funcionamiento y con todos los empleados laborando dentro de la planta, esto se debe gracias a la localización de la planta, pues la temperatura promedio en Santa María Rayón es de 12.5[°C]

## 16.3 Iluminación

En el día la planta cuenta con iluminación natural gracias a que el techo de la planta cuenta con tragaluces, por lo que no es necesario el uso de iluminación artificial en la planta de proceso durante el día.

## 16.4 Calculo de agua de enfriamiento

Para poder calcular el flujo másico de agua necesaria para enfriar los champiñones en el proceso de enfriamiento, es necesario saber primero a que temperatura necesita estar el agua de enfriamiento para que la operación sea factible.

Utilizando la fórmula de flujo de calor unidimensional:

$$\frac{L Q}{k A} = T_1 - T_2$$

Donde:

$L$  es el grosor de la pared

$Q$  es el calor transferido

$k$  es la conductividad térmica

$A$  es el área de transferencia de calor

$T_1$  es la temperatura de entrada.

$T_2$  es la temperatura de salida

Consideraciones:

La temperatura de salida de los champiñones es de 40°C.

El grosor de la lámina es de 1 mm

El perímetro del cilindro es:

$$P = 2 \pi r$$

Donde:

$r$  es el radio

$$P = 2 \pi (0.083 [m])$$

El área del cilindro es:

$$A = P h$$

Donde:

$P$  es el perímetro

$h$  es la altura

$$A = (2[m])(0.5215[m])$$

$$A = 1.043 [m^2]$$

Por lo que:

$$T_2 = 313.15[K] - \frac{(1 \times 10^{-3} [m])(125.03 [kW])}{\left(13.4 \left[\frac{W}{m K}\right]\right) (1.043 [m^2])}$$

$$T_2 = 304.17[K] = 31.02[°C]$$

Con esto es posible calcular el flujo másico de agua utilizando:

$$\dot{m} = \frac{cp \Delta T}{Q}$$

$$\dot{m} = \frac{\left(4.18 \left[\frac{kJ}{kg K}\right]\right) (31.02[°C] - 17[°C])}{125.03 [kW]}$$

$$\dot{m} = 1687.378 \left[\frac{kg}{hr}\right]$$

### 16.5 Cálculo de vapor para la tina de cocción

Para poder calcular el flujo másico de vapor necesario para poder realizar la cocción de los champiñones, es necesario saber primero a que temperatura necesita estar el vapor para que la operación sea factible.

$$\frac{L Q}{k A} = T_1 - T_2$$

La tina es un prisma rectangular de 60[cm] de base por 4 [m] de largo.

Considerando que la tina de cocción está llenada a dos terceras partes de su volumen total

$$A = B h$$

Para las bases:

$$A = (2)(0.4[m])(0.6[m])$$

$$A = 0.48 [m^2]$$

Para las paredes laterales:

$$A = (2)(0.4[m])(4[m])$$

$$A = 3.2[m^2]$$

Para el piso de la tina:

$$A = (0.6[m])(4[m])$$

$$A = 2.4[m^2]$$

Y el área total de transferencia de calor será:

$$A_{total} = A_{bases} + A_{paredes laterales} + A_{piso}$$

$$A_{total} = 5.88[m^2]$$

Por lo que:

$$T_1 = 363.15[K] + \frac{(1 \times 10^{-3}[m])(32.998[kW])}{\left(14.9 \left[\frac{W}{m K}\right]\right) (5.88[m^2])}$$

$$T_1 = 363.15[K] = 90[^\circ C]$$

Para calcular la masa de vapor:

$$\dot{m}_s = \frac{Q}{h_e}$$

Donde:

$\dot{m}_s$  es la masa de vapor

$Q$  es el calor requerido para la operación

$h_e$  es la entalpía de evaporación del vapor

Por lo que:

$$\dot{m}_s = \frac{410.414 [MJ/hr]}{376.99 [KJ/kg]}$$

$$\dot{m}_s = 1088.66 [kg/hr]$$

## 17. Técnica de tabulación

### Objetivo particular

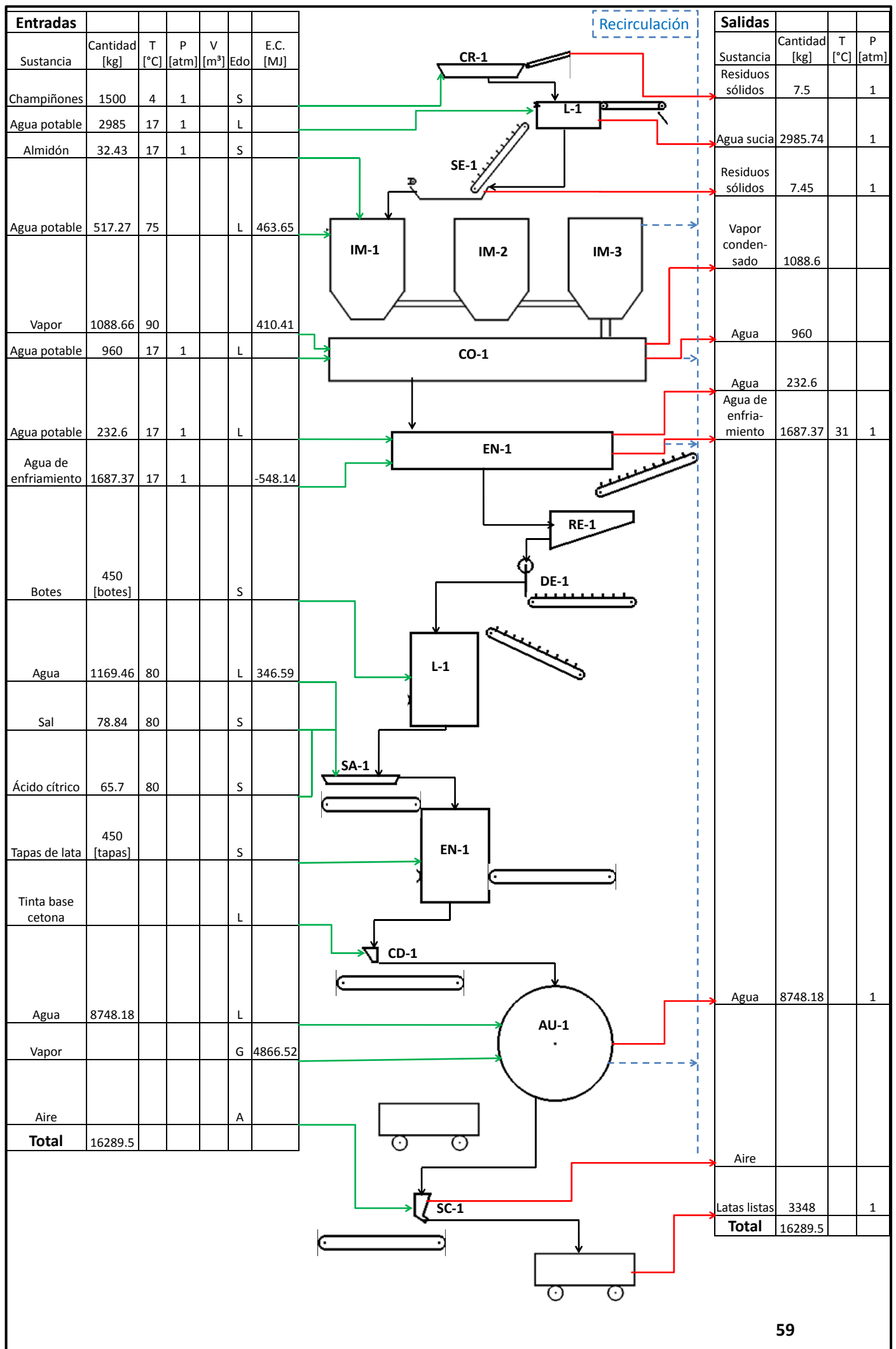
Realizar un diagrama esquemático donde se observe en forma general las cantidades de materias primas, servicios generales y energía calorífica utilizada en el proceso.

La técnica de tabulación es un diagrama que se realiza a partir de mucha de la información obtenida previamente, se toman datos del diagrama de bloque con resultados. En este se muestran detalladamente todas las entradas y salidas de masa dentro del proceso, tanto de las materias primas como de los líquidos de enfriamiento y vapor para el calentamiento. Engloba de manera esquemática el balance de energía y el balance de materia del proceso.

Este diagrama es de vital importancia en cualquier planta de proceso, ya que en él se engloban las materias primas, los equipos, los productos y subproductos obtenidos. También se muestran parámetros medibles para el funcionamiento correcto del proceso como temperatura y presión de las sustancias de entrada y las sustancias de salida; logrando con estos datos el correcto control del proceso completo.

La correcta realización de la técnica de tabulación permite controlar todos los intercambios de masa y energía realizados en el proceso, para así poder identificar pérdidas o focos rojos y poder optimizar un proceso o simplemente controlar de manera óptima una planta de proceso.

<b>Técnica de tabulación</b>		
<b>Proceso de fabricación de champiñones enlatados</b>		
	Domicilio conocido, Sta. Maria Rayón, Edo. de México	
Elaboró:		
<b>Iriarte Jiménez Juan Carlos</b>		
Fecha elaboración		<b>2012</b>
<b>02-06-2011</b>		





## 18. Propuesta de diseño de equipo: tina de cocción para champiñones

### Objetivo particular

Proponer con el diseño de equipo, la sustitución del equipo principal de este proceso.

#### 18.1 Diseño termodinámico

Para comenzar el desarrollo del diseño termodinámico de la tina de cocción de champiñones, es necesario saber con qué sustancias tendrá contacto el equipo; de la descripción del proceso se sabe que el equipo manejará:

- Agua
- Champiñones
- Vapor

Se necesitan manejar de forma continua 2034 [kg/h] de champiñones, por lo que un equipo que no requiera de cargarse y descargarse es lo óptimo para poder manejar una producción continua, sin la necesidad de parar la línea de producción.

#### 18.2 Geometría propuesta

La cocción de los champiñones se realizará en un cilindro con un tornillo sin fin dentro. Dicho cilindro está llenado a dos terceras partes de agua y se mantiene estanca por todo un día, hasta que se para la producción y se limpian las máquinas.

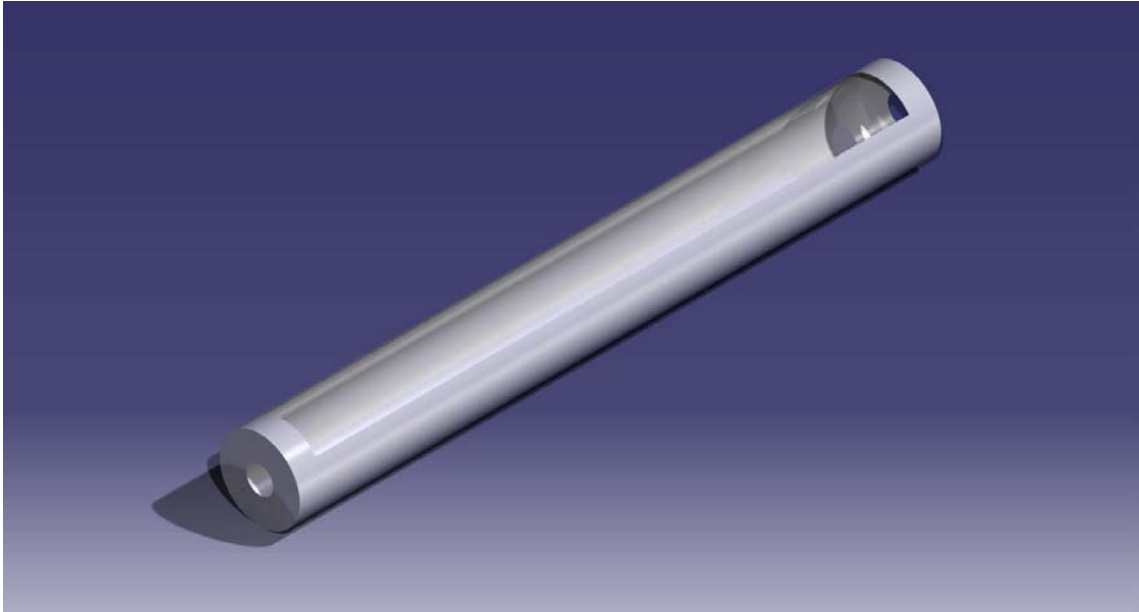
El tornillo sin fin que está al interior de la máquina es de aproximadamente una tercera parte de diámetro del cilindro exterior.

Las dimensiones del cilindro exterior serán de: 4 [m] x 50 [cm] de diámetro.

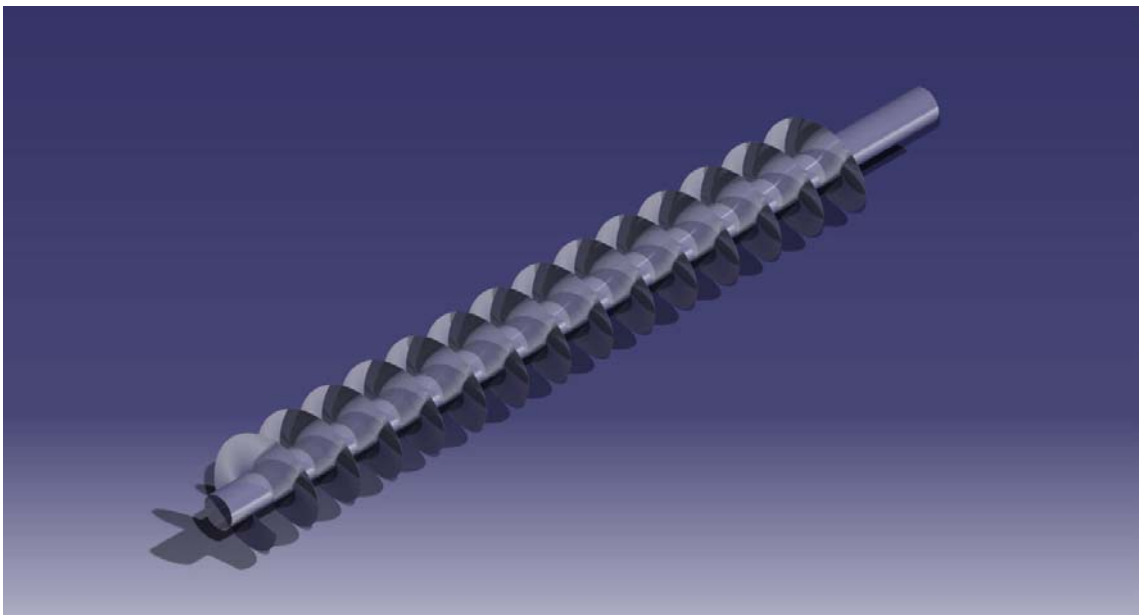
Las dimensiones del tornillo sin fin serán de: 4 [m] x 50/3 [cm] de diámetro.

Volumen cilindro exterior	0.7853	[m <sup>3</sup> ]
Volumen tornillo sin fin	0.087	[m <sup>3</sup> ]
Volumen total	0.6983	[m <sup>3</sup> ]
(2/3) del volumen total	0.4655	[m <sup>3</sup> ]
Cantidad en litros	465.5	[l]

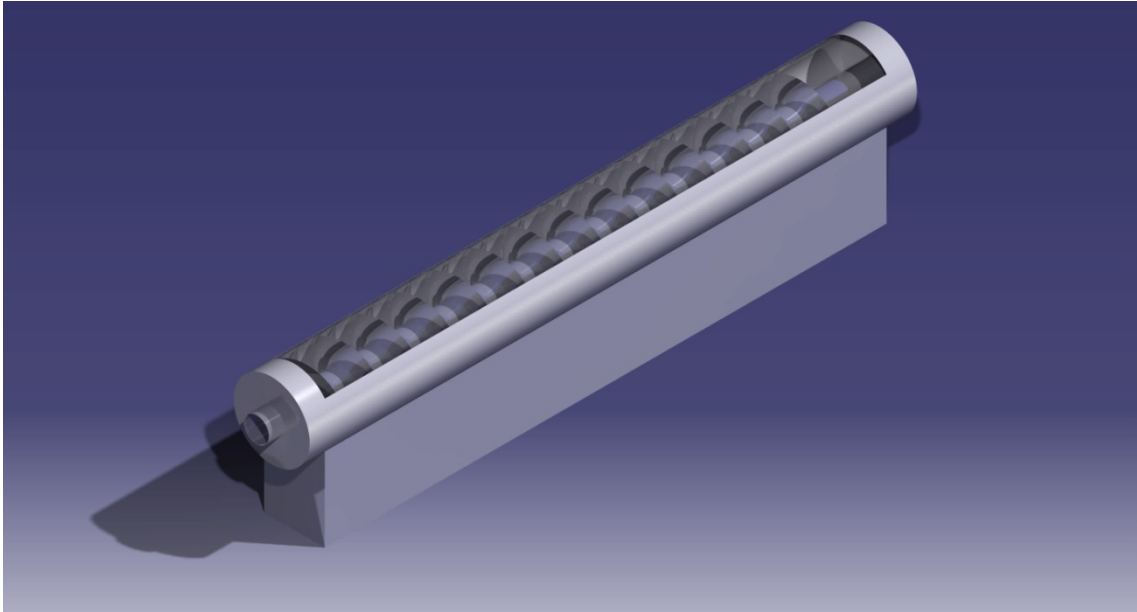
A continuación se muestran las intenciones de diseño, tanto de las piezas separadas como del ensamble final, generadas mediante el uso de una herramienta de diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés).



*Fig. 18.1 Cilindro exterior de la tina de cocción*



*Fig. 18.2 Tornillo sin fin de la tina de cocción*



*Fig. 18.3 Ensamble final de la tina de cocción*

### **18.3 Balance de energía**

Debido a que los champiñones acaban de pasar por un proceso en el que retienen agua, es posible considerar que la temperatura de los champiñones es la misma que la del agua de alimentación. Las condiciones de operación del equipo serán exactamente las mismas con las que opera la tina actual en la planta de proceso, variando únicamente la masa de agua que maneja dicho equipo.

#### **Consideraciones**

La cocción de los champiñones se realiza a  $90[^\circ\text{C}]$

La temperatura promedio en la zona de la planta es de  $12.5[^\circ\text{C}]$

El agua se obtiene a una temperatura de  $17[^\circ\text{C}]$  en promedio.

El volumen útil máximo del receptáculo es de 465 litros, aproximadamente.

Para poder determinar el volumen neto de agua en la tina de cocción es necesario saber primero el volumen de champiñones que habrá dentro de esta. Del balance de materiales se sabe que en el proceso se manejan de manera continua  $2034 \text{ [kg/h]}$  de champiñones y para poder saber que volumen ocupa ese flujo másico de champiñones es necesario saber la densidad de estos.

- Obtención experimental de la densidad de los champiñones.

Para obtener experimentalmente la densidad de los champiñones se parte de:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

$\rho$  es la densidad

$m$  es la masa

$V$  es el volumen

También se toma en cuenta que los champiñones han sido almidonados, por lo que ya no pueden retener más líquidos a partir de ese punto.

Para la realización de este experimento se utilizó una lata de 12 [oz] la cual reporta en datos de etiqueta que: 380 [g] corresponden a champiñones y 228 [g] a masa drenada; dichas latas se encuentran llenas hasta el tope de la misma. Sabiendo lo anterior se puede entonces decir que:

$$V_{lata} = V_{champiñones} + V_{salmuera}$$

Mediante el uso de una pipeta se midió el volumen de la salmuera drenada de dicha lata, la cual tuvo un volumen de 155 [ml].

$$V_{champiñones} = V_{lata} - V_{salmuera}$$

$$V_{champiñones} = 354.882 [ml] - 155 [ml]$$

$$V_{champiñones} = 199.882 [ml]$$

Sabiendo lo anterior:

$$\rho_{champiñones} = \frac{380 [g]}{199.882 [cm^3]}$$

$$\rho_{champiñones} = 1.9 \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$$

$$\rho_{champiñones} = 1900 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

Por lo tanto el volumen de 2034 [kg/h] es:

$$V = \frac{2034 \left[ \frac{kg}{h} \right]}{1900 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$V = 1.0705 \left[ \frac{m^3}{h} \right] = 0.01784 \left[ \frac{m^3}{min} \right]$$

Sabiendo que el tiempo óptimo de cocción de los champiñones es de dos minutos:

$$V_{\max \text{ champiñones}} = (2 [\text{min}]) \left( 0.01784 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] \right)$$

$$V_{\max \text{ champiñones}} = 0.03568 [\text{m}^3]$$

$$V_{\max \text{ champiñones}} = 35.68 [\text{l}]$$

Por lo tanto, el nivel máximo posible de agua, considerando el volumen de champiñones será:

$$V_{\max \text{ agua}} = V_{\text{útil max}} + V_{\max \text{ champiñones}}$$

$$V_{\max \text{ agua}} = 429.32 [\text{l}]$$

A partir de estos datos

- Calor requerido para calentar el agua inicialmente.

$$Q = m \text{ cp } \Delta T$$

$$Q = 429.32 [\text{kg}]_{\text{agua}} (4.205 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{kg K}} \right]) (90[^\circ\text{C}] - 17[^\circ\text{C}])$$

$$Q = 131.786 [\text{MJ}]$$

- Calor requerido para calentar 2034 [kg/h] de champiñones

$$Q = m \text{ cp } \Delta T$$

$$Q = 2034 [\text{kg}]_{\text{champiñones}} (3.8937 \left[ \frac{\text{KJ}}{\text{kg K}} \right]) (90[^\circ\text{C}] - 75[^\circ\text{C}])$$

$$Q = 118.796 [\text{MJ}]$$

Considerando que:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{champiñones}} + Q_{\text{agua}}$$

- Calor total

$$Q_{\text{total}} = 250.582 [\text{MJ}]$$

#### 18.4 Cálculo de vapor

Para realizar este cálculo se consideraran exactamente las mismas consideraciones de operación que para la tina de cocción original, de igual forma se considerará que el vapor tiene exactamente las mismas características que el utilizado en la tina original. Del balance de energía y el cálculo de vapor para la tina de cocción se sabe que:

$$\dot{m}_s = \frac{Q}{h_e}$$

Donde:

$\dot{m}_s$  es la masa de vapor

$Q$  es el calor requerido para la operación

$h_e$  es la entalpía de evaporación del vapor

Por lo que:

$$\dot{m}_s = \frac{250.582 [MJ/h]}{376.99 [KJ/kg]}$$

$$\dot{m}_s = 664.64 [kg/h]$$

### 18.5 Selección de materiales

El material deberá ser resistente a la corrosión del agua a 90[°C] y vapor a 120[°C] además de esto los champiñones tienen una mínima cantidad de ácidos grasos. Forzosamente el material debe tener certificación de grado alimenticio.

- Corrosión debida a ácidos grasos

Material	Corrosión [in/yr]	Temperatura [°F]	Concentración [%]
Acero inox. 316	<0.02	600	100
Acero inox. 12% Cr	<0.02	400	100
Acero inox. 17% Cr	<0.02	200	100
Hastelloy C	<0.002	600	100

\*Todos los materiales mencionados en esta tabla son aptos para aplicaciones alimenticias.

- Propiedades mecánicas

Material	Condición	Esfuerzo de fluencia [kpsi]	Dureza Brinell	Punto de fusión [°F]
Acero inox 304	Recocido, laminado en frío	30,160	160,400	2600
Acero inox 316	Recocido, laminado en frío	30,120	165,275	2525
Hastelloy C	Fundición, laminado recocido	50,71	199,204	2360

- Costos

El Hastelloy C es el más caro, le sigue el acero inox. 304 y el más económico es el acero inox. 316. Los precios obtenidos en cotizaciones a junio de 2011, para placas de dimensiones similares (0.018 x 36 x 48 [in]) son:

Material	Precio [USD]
Acero inox 304	47.88
Acero inox 316	81.43
Hastelloy C	677

De las tablas anteriores, podemos observar que el material que mejor cumple con las especificaciones requeridas es el Hastelloy C, sobre todo en cuanto a resistencia a la corrosión por ácidos grasos; sin embargo la concentración de ácidos grasos en los champiñones es menor al 1%, por lo que el Acero inox. 316, puede cumplir satisfactoriamente la resistencia a la corrosión a los ácidos grasos.

Por lo anterior y considerando la cantidad de material que se emplearía para la construcción de los equipos necesarios en la planta, la opción que ofrece una relación coste / beneficio mejor es el Acero inox. 316, por lo que es el material elegido para la fabricación de la tina de cocción para champiñones.

## 18.6 Consideraciones mecánicas de la tina de cocción

Considerando que el acero inox. 316 tiene una densidad de  $8 \text{ [g/cm}^3\text{]}$  y mediante un análisis con software de diseño asistido por computadora (CAD), se sabe que las propiedades de masa y de volumen de las piezas de la tina de cocción son las siguientes:

Pieza	Volumen [ $\text{m}^3$ ]	Masa [kg]
Tornillo sin fin	0.007	56.587
Tina cilíndrica	0.005	39.258

También mediante el uso de CAD se sabe que el volumen interior de la tina hasta el borde de esta; sin contar el tornillo sin fin, es de:  $0.669 \text{ [m}^3\text{]}$ .

Existen dos situaciones críticas en cuanto a masa se refiere; una de ellas será cuando la tina se encuentre llena de agua hasta su borde superior y el tornillo sin fin también se encuentre lleno de agua en su interior. Dicho volumen de agua será:

$$V_{\text{agua interior tina}} = V_{\text{interior tina}} - V_{\text{tornillo sin fin}}$$

$$V_{\text{agua interior tina}} = 0.669 \text{ [m}^3\text{]} - 0.007 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_{\text{agua interior tina}} = 0.662 \text{ [m}^3\text{]}$$

A partir de esto, se puede saber que la masa de agua al interior de la tina será:

$$M_{\text{agua interior tina}} = 662 \text{ [kg]}$$

Por lo que en este punto crítico el equipo tendrá una masa de:

$$m_{\text{equipo}} = m_{\text{agua interior tina}} + m_{\text{tornillo sin fin}} + m_{\text{tina cilíndrica}}$$

$$m_{\text{equipo}} = 757.845 \text{ [kg]}$$

La otra situación crítica será cuando la tina tenga totalmente lleno su volumen útil de champiñones y el tornillo sin fin se encuentre lleno en su interior de agua. Sabiendo que el volumen útil de la tina es de 465 litros, la densidad de los champiñones cocidos es de  $1900 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  y el volumen interior del tornillo sin fin es de  $0.087 \text{ [m}^3\text{]}$ . Sabiendo esto:

$$m = \rho V$$

Para la masa de los champiñones:

$$m_{\text{champiñones}} = \left( 1900 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \right) (0.4655 \text{ [m}^3\text{]})$$

$$m_{\text{champiñones}} = 884.45 \text{ [kg]}$$

Para la masa de agua al interior del tornillo sin fin:

$$m_{\text{agua}} = \left( 1000 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \right) (0.087 \text{ [m}^3\text{]})$$



Por lo que en este punto crítico el equipo tendrá una masa de:

$$m_{\text{equipo}} = m_{\text{agua interior tornillo}} + m_{\text{champiñones}} + m_{\text{tornillo sin fin}} + m_{\text{tina cilíndrica}}$$
$$m_{\text{equipo}} = 1067.295 \text{ [kg]}$$

### 18.7 Manufactura del equipo

Debido a que es de vital importancia un buen acabado y una alta dureza en la superficie del equipo, las láminas de acero inoxidable 316 deberán de haber pasado por un laminado en frío antes de su manufactura.

Para la manufactura del cuerpo de la tina, sería óptimo que se realizara de una lámina única en el cilindro, con las dos tapas soldadas a los lados y las dos pequeñas cubiertas soldadas en la parte superior. Con este diseño se minimizan los cordones de soldadura y se garantiza una superficie lisa y homogénea en el interior de la tina de cocción. De no ser posible realizar el cuerpo principal del cilindro con una sola lámina, habrá que poner especial atención en los cordones de soldadura que unan las láminas, para garantizar una unión con el mejor acabado superficial posible.



Fig. 18.4 Lámina de cuerpo del cilindro

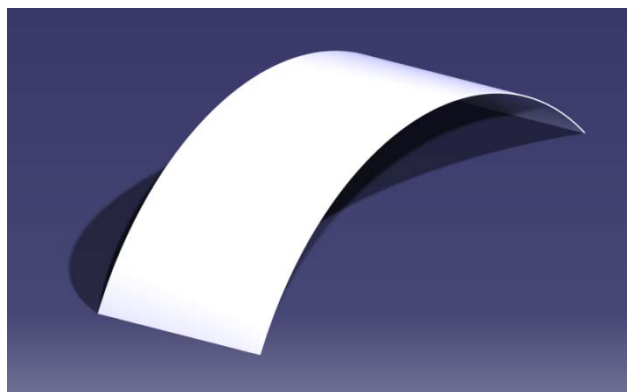


Fig. 18.5 Lámina de pequeñas cubiertas superiores (x2)



Fig. 18.6 Lámina de tapas laterales (x2)

El tipo de soldadura elegida es mediante arco eléctrico, y se utilizará un electrodo del tipo E-316L-Mo, debido a que es adecuada para soldar el material y es apta para aplicaciones en industria alimenticia.

El área mínima de soldadura es de:

$$(2094.18[mm])(2 \text{ tapas}) + (149[mm])(4 \text{ cordones en cubiertas}) \\ + 8309.46[mm](\text{tornillo sin fin})$$

$$L_{\text{soldadura}} = 4188.36[mm] + 596[mm] + 8309.46[mm]$$

$$L_{\text{soldadura}} = 13.09 [m]$$

## 19. Conclusiones

- La empresa de análisis es una empresa líder en el mercado latinoamericano, con presencia internacional y tiene perfectamente implementado su proceso.
- La localización de la planta es idónea.
- El producto enlatado tiene un peso mucho mayor que el producto crudo, debido a una alta retención de líquidos lograda gracias a la operación de almidonado.
- La correcta implementación del proceso requirió de una inversión inicial en una planta de proceso bien diseñada, equipos de tecnología de punta y un terreno amplio y bien localizado. Lo que hoy día le representa grandes beneficios en reducción de costos del producto, flexibilidad de producción, ahorro en transporte, aire acondicionado y materias primas.
- La implementación de la propuesta de rediseño del equipo supondrá un ahorro de 159.832 [MJ/hr] cada vez que se tenga que reiniciar el funcionamiento de la tina de cocción, lo que representa una disminución del 61 % de la energía requerida con la tina de cocción original. De igual forma el rediseño de la tina ahorra 494.5 litros de agua en cada reinicio, lo que representa una disminución de 48.48 % requerido originalmente.
- La correcta implementación de todas las herramientas utilizadas, diagramas, análisis de masa y energía, permitió identificar oportunidades de mejora dentro de un proceso implementado correctamente; logrando con esto, proponer el rediseño de un equipo principal y optimizar el proceso.

## 20. Bibliografía y fuentes consultadas

Cengel, Yunus A. & Boles, Michael A. Termodinámica. Quinta edición. Mc Graw Hill.

Clasificador de Actividades Económicas de la Encuesta Nacional de Empleo (CAE-ENE), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1995, Aguascalientes, México.

Ghiasi, K., Hosney, R. C., Varriano- Marston, E. 1982. Gelatinization of Wheat Startch. I. Excess- Water Systems, , Cereal Chemistry Vol. 59, No. 2.

Guía para la generación de la Determinación de la Prima en el seguro de Riesgos por medio del SUA, para ser enviada por Internet a través de IDSE, Dirección de Incorporación al Seguro Social, Coordinación de Clasificación de Empresas y Vigencia de Derechos, Instituto Mexicano del Seguro Social, 2013, México.

<http://www.monteblanco.com.mx/>

Incropera, David P., DeWitt, Frank P. Fundamentos de Transferencia de Calor. Cuarta edición, Pretince Hall.

Martínez, D., Carrera *et al.* México ante la globalización en el siglo XXI. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Campus Puebla. Biotecnología de Hongos Comestibles. (Puebla 72001). Puebla. México.

Perrit, Robert H. PERRY, Manual del ingeniero químico, Tomo I. Mc Graw Hill.

Reklaitis. 1976. Balances de material y energía. México. Mc Graw Hill.

Segoviano Aguilar, Esperanza Ing. Apuntes de la asignatura, Ingeniería de Procesos Industriales, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Shreve, R. N., Brink, J. A. 1997. Chemical process industries. Mc Graw Hill.

Sierra Galván, Sigfrido. Los Hongos Comestibles y su cultivo. Historia, desarrollo actual y perspectivas en México y el mundo., Laboratorio de Taxonomía de Hongos Tremeloides (Heterobasidiomycetes) Laboratorios de Micología. Facultad de Ciencias. UNAM.

Wageningen, E., Schijvens *et al.* 1996. The Density of Common Mushroom (*Agaricus bisporus*) Tissue Related to the Shrinkage at Heating, Agrotechnological Research Institute. The Netherlands.