

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



**“DISEÑO DE PLANTA PARA LA PRODUCCION DE FRESAS
(*Fragaria × ananassa Duch.*) cv. *Chandler* MEDIANTE
SISTEMA HIDROPONICO”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUIMICO**

**PRESENTADO POR:
PATRICIA PAOLA DIAZ SOLANO**

LIMA - PERU

2009

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor
y apoyo incondicional.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	5
INDICE DE CUADROS	6
INDICE DE ILUSTRACIONES	8
INTRODUCCION	9
CAPITULO 1. MATERIA PRIMA: PLANTA DE FRESA	11
1.1 Generalidades	11
1.2 Descripción botánica	12
1.3 Taxonomía	13
1.4 Fisiología del desarrollo	15
1.5 Problemas fitosanitarios	16
1.6 Características del cultivar Chandler	18
CAPITULO 2. PRODUCTO: FRESA HIDROPONICA	20
2.1 Generalidades	20
2.2 Situación actual de la hidroponía	21
2.2.1 Panorama Mundial	21
2.2.2 Realidad Peruana	22
2.2.3 Comparación de los cultivos tradicional e hidropónico	23
2.3 El cultivo de fresas hidropónicas	23
2.3.1 Ventajas del cultivo hidropónico de fresas	24
2.3.2 Razones para el cultivo de fresa por hidroponía	25
2.4 Elección del cultivar de fresa para hidroponía	26
2.5 Requerimientos del sistema hidropónico	27
2.6 Propiedades del producto	29
2.7 Subproductos derivados de la producción de fresas hidropónicas.	30

CAPITULO 3: INGENIERIA DEL PROYECTO	32
3.1 Tecnología existente	32
3.1.1 Sistema de cultivo de fresa hidropónica	32
3.1.2 Fertirrigación	35
3.2 Selección de la técnica de cultivo	36
3.2.1 El invernadero hidropónico	39
3.3 Bases del diseño de planta	40
3.4 Bases de aseguramiento y gestión de la calidad	42
3.4.1 Buenas Prácticas Agrícola	42
3.4.2 Buenas Prácticas de Manufactura	44
3.4.3 Principios del sistema HACCP	45
3.5 Proceso de producción	54
3.5.1 Producto principal	54
3.5.2 Subproductos	60
3.6 Diseño de equipos	62
3.7 Instrumentación y control	69
3.8 Distribución de planta	72
3.9 Diagrama de Gantt	76
3.10 Costo de producción	77
3.11 Análisis de mercado	79
3.12 Análisis comercial	81
3.13 Evaluación económica	82
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS	96

RESUMEN

La demanda de frutas se ha incrementado en los últimos años como consecuencia de la marcada tendencia al consumo de productos frescos y naturales. La fresa es una de las frutas más comercializadas en los mercados a nivel nacional siendo Lima, el lugar de mayor demanda de este producto por parte de los consumidores. Su popularidad no radica sólo en el buen sabor sino también en el alto contenido de vitaminas y minerales que complementan una dieta saludable.

Es común encontrar en el mercado fresas provenientes de un sistema tradicional de cultivo es decir, aquellas que se desarrollan en suelos agrícolas. Este sistema da como resultado una producción de rendimiento y calidad aceptables sin embargo, no alcanza un nivel máximo en dichos aspectos lo cual es posible mediante la aplicación de un método tecnificado, que es lo que involucra el denominado sistema hidropónico.

En un sistema hidropónico (producción sin suelo), las plantas de fresa se desarrollan en un soporte inerte que actúa como medio de cultivo. La programación del riego y la dosificación de los nutrientes se hacen implementando un sistema de fertirrigación a fin de dotar a las plantas de todos los elementos necesarios en el momento oportuno. A esto se suma un medio ambiente sin estrés como lo es un invernadero y la gestión de la calidad a través de todas las etapas del proceso, mediante el cumplimiento de programas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y principios del sistema HACCP. Todo esto da como resultado una producción de elevado rendimiento (kg de frutos por planta) y calidad. Los productos presentan características físicas homogéneas, alto contenido nutritivo y están listos para su consumo, lo que en conjunto conforman el valor agregado de las fresas hidropónicas.

Las metas alcanzadas con este proyecto de tesis han sido:

1. Caracterizar el proceso de producción de fresas hidropónicas.
2. Diseñar una planta de producción.

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principales especies de fresas.	14
Cuadro 2. Enfermedades de la planta de fresa.	17
Cuadro 3. Plagas que afectan a la planta de fresa.	18
Cuadro 4. Comparación de los cultivos tradicional e hidropónico.	24
Cuadro 5. Rendimientos de cultivos de fresa.	26
Cuadro 6. Composición química y nutritiva de la fresa.	29
Cuadro 7. Composición de la solución concentrada A.	38
Cuadro 8. Composición de la solución concentrada B.	38
Cuadro 9. Composición de la solución de micronutrientes.	38
Cuadro 10. Requerimientos de fertilizantes de la solución nutritiva.	39
Cuadro 11. Descripción y utilización del producto.	46
Cuadro 12. Análisis de peligros de las operaciones identificadas en el diagrama de flujo.	49
Cuadro 13. Determinación de los puntos críticos.	52
Cuadro 14. Sistema de vigilancia o monitoreo del control de los PCC.	53
Cuadro 15. Codificación para la designación de los equipos en el diagrama de proceso para la producción de fresas hidropónicas.	63
Cuadro 16. Departamentos y áreas.	73
Cuadro 17. Definición de las relaciones entre departamentos.	73
Cuadro 18. Código de justificación de la tabla relacional.	74
Cuadro 19. Tiempos de duración de las etapas de producción de fresas hidropónicas.	76
Cuadro 20. Costo de producción de un lote de fresas hidropónicas.	78
Cuadro 21. Precios de fresas en el mercado.	79
Cuadro 22. Inversión en capital fijo.	83
Cuadro 23. Información del proyecto.	83
Cuadro 24. Inversión en capital de trabajo.	85
Cuadro 25. Estado de Ganancias y Pérdidas.	86
Cuadro 26. Flujo de Caja Proyectado.	87
Cuadro 27. Criterios de evaluación.	88

Cuadro 28. Volúmenes de soluciones A y B requeridos para el fertirriego.	97
Cuadro 29. Dosificación de soluciones concentradas A y B.	97
Cuadro 30. Balance de materia en el invernadero.	99
Cuadro 31. Balance de materia en la línea de proceso.	100

INDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Planta de fresa con hojas y estolones.	12
Figura 2. Flor de planta de fresa.	13
Figura 3. Fruto con aquenios y cáliz.	13
Figura 4. Fresas del cultivar Chandler.	19
Figura 5. Fresa Chandler hidropónica.	27
Figura 6. Primer subproducto: infusiones filtrantes.	30
Figura 7. Segundo subproducto: mermelada de fresa hidropónica.	31
Figura 8. El cultivo en sacos.	33
Figura 9. Columnas de macetas apiladas.	34
Figura 10. Sistema NFT para fresas hidropónicas.	35
Figura 11. Saco de cultivo con sistema de riego.	37
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso para la producción de un lote de fresas hidropónicas.	48
Figura 13. Diagrama de proceso para la producción de fresas hidropónicas a nivel de planta.	63
Figura 14. Distribución de palets en el almacén.	69
Figura 15. Condiciones de la bandeja de demanda después del fertirriego.	70
Figura 16. Condiciones en el momento que el sistema requiere fertirriego.	70
Figura 17. Tabla relacional.	74
Figura 18. Diagrama de relaciones.	75
Figura 19. Distribución final de la planta.	75
Figura 20. Diagrama de Gantt.	77
Figura 21. Valor presente neto acumulado y período de recupero.	88

INTRODUCCION

La fresa es una planta de nombre científico *Fragaria sp*, que pertenece a la familia de las rosáceas. De acuerdo al origen, se denomina *Fragaria vesca* (bosques de Europa), *Fragaria virginiana* (América del Norte) o *Fragaria chiloensis* (costas de Chile) según el caso. Es una especie hortícola frutal, ampliamente difundida en el mundo, debido a su consumo en fresco.

En el Perú, este cultivo ha adquirido singular importancia en los últimos años en razón a una mayor demanda interna, sobre todo en el verano que es cuando alcanza mejor precio. Esta demanda ha motivado que se introduzcan nuevos cultivares de alto rendimiento, tales como: Tufts, Douglas, Tioga, Pájaro y Chandler, entre otros (Abensur, 1998).

En los últimos años, la producción de fresas en nuestro país ha presentado altibajos. Mientras que la campaña agrícola 2000 – 2001 produjo 9 540 ton y el periodo 2002 – 2003 logró 24 927 ton, la cantidad producida del 2006 – 2007 sólo llegó a 12 607 ton. Por otro lado, el rendimiento de la cosecha ha ido en aumento, tanto así que la última campaña agrícola cerró con 17 450 kg/ha, con un total de 883 hectáreas cosechadas frente a 1 000 hectáreas sembradas. En todos los casos anteriores, el mayor productor de fresas es el departamento de Lima (Dirección General de Información Agraria, 2008).

El cultivo hidropónico de fresas presenta muchas ventajas frente al cultivo tradicional, destacándose la mayor eficiencia en la regulación de nutrición, mejor utilización del agua y fertilizantes, más facilidad de desinfección para el medio unido a un bajo costo, además de un incremento de cosecha por hectárea como resultado de una mayor densidad de plantación (Resh, 1992).

La hidroponía, además de ofrecer mejores resultados en la investigación, está demostrando ser una nueva alternativa para obtener productos de buen rendimiento y gran calidad, llegando muchas veces a superar a la agricultura tradicional en estos dos aspectos (Castro, 2002).

A pesar de estos avances, la producción de fresas hidropónicas no está muy difundida en nuestro país. La literatura no registra algún diseño de planta que aplique un sistema hidropónico para un cultivo determinado y es por ello que la caracterización del proceso y el uso de tecnología, constituyen las bases para

cumplir el objetivo del presente trabajo: el diseño de una planta de producción de fresas mediante sistema hidropónico.

CAPITULO 1. MATERIA PRIMA: PLANTA DE FRESA

1.1 Generalidades

La fresa es una planta conocida desde hace muchos años. Los autores romanos Virgilio, Plinio y Ovidio la describían como productora de frutos muy apetecidos por el hombre y que crecía en los bosques. Sin duda alguna, estos autores se refieren a la fresa de los bosques europeos, *Fragaria vesca Linn.*

Fragaria vesca Linn junto con *Fragaria moschata Duch.* y *Fragaria viridis Duch.*, son especies europeas de frutos pequeños cuyo cultivo se extendió en Europa hasta finales del siglo XIV. Como consecuencia de las hibridaciones entre especies americanas tales como *Fragaria Chiloensis Duch.* y *Fragaria virginiana Duch.*, se obtuvieron los modernos cultivares de fresones.

Duchesne en su libro "Historia Natural de las fresas" publicado en 1776, hacía mención a la fresa ananás, la que posteriormente llamaría *Fragaria ananassa* y afirmaba que era un híbrido entre *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana*. Apoyaba su teoría basándose en que el híbrido, poseía caracteres intermedios entre las especies mencionadas y en el hecho de que *Fragaria chiloensis* era comúnmente hibridada por *Fragaria virginiana*, como él mismo había comprobado. Así, el denominado fresón, conjugaba las características de los frutos grandes y el vigor propio de la planta de *Fragaria chiloensis* con un mayor número de flores y una mayor firmeza de fruto, cualidades típicas de la *Fragaria virginiana*.

Alrededor de 1920, Albert Etter desarrolló en Estados Unidos las variedades Ettersburg 121 y Fendalcino. Ambas serían utilizadas más tarde como parentales en la obtención del cultivar Lassen en la Universidad de California y a partir del cual, se desarrollaron cultivares de gran éxito tales como Fresno en 1961; Tioga en 1964; Tufts en 1972; Aiko, Cruz y Toro en 1975; Douglas, Pájaro y las primeras variedades de día neutro como Aptos, Brighton y Hecker en 1979; y Chandler, Parker, Santana, Tustin, Selva y Fern en 1983.

La mejora genética ha jugado un papel fundamental en la obtención de nuevas variedades con elevados rendimientos del cultivo del fresón. Se busca una alta productividad así como la mejora de otros parámetros de interés para obtener

frutos de buena calidad gustativa, de fácil recolección, firmes y de color atractivo. La resistencia a las plagas y enfermedades, el índice elevado de estolonamiento según las circunstancias y la adaptación a determinadas características del medio físico constituyen otros aspectos de suma importancia (Maroto, 2002).

1.2 Descripción botánica

La fresa es una planta herbácea de porte bajo que alcanza hasta 40 cm de altura. La raíz es fibrosa y el tallo, llamado corona, es corto y de forma cónica. Las hojas aparecen en roseta, tienen los bordes aserrados y un gran número de estomas ($300 - 400/\text{mm}^2$), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración. Las yemas axilares de las hojas dan origen a estolones que son brotes largos y delgados en cuyo extremo, se forma una roseta de hojas. Los estolones desarrollan raíces para formar una nueva planta con idénticos caracteres a la planta madre.

La figura 1 muestra una planta de fresa en la que se aprecian hojas y estolones.



Figura 1. Planta de fresa con hojas y estolones.

La corola de las flores tiene de 5 a 12 pétalos o más que son de color blanco y forma variable, desde elípticos a redondeados u ovales. Las flores pueden ser hermafroditas (presentar estambres y pistilos) o unisexuales. Están agrupadas en inflorescencias que en realidad son tallos con ramificaciones que sostienen una flor en su extremo.

La figura 2 muestra una flor de 5 pétalos de una planta de fresa.



Figura 2. Flor de planta de fresa.

Después de la fecundación, los óvulos al convertirse en aquenios (pepitas) estimulan el engrosamiento del receptáculo que, una vez transformado en carnosos, constituye el fruto. Sobre la superficie del fruto, se encuentran distribuidos los aquenios que son pequeños, de color claro en la parte que está a la sombra y de color rojo oscuro en la parte expuesta al sol. Los aquenios pueden ser sobresalientes, superficiales o estar en la pulpa y ser poco o muy numerosos. Los frutos pueden ser de forma cónica, cónica alargada, cónica redondeada o esferoidal dependiendo del cultivar. La figura 3 muestra un fruto de forma esferoidal con aquenios superficiales y cáliz.



Figura 3. Fruto con aquenios y cáliz.

En la base del fruto está el cáliz de color verde pero que a veces puede estar casi enrojecido. El cáliz puede separarse o no, lo cual está en función del destino de los frutos, bien sea para la transformación industrial o el consumo en fresco (Branzanti, 1989).

1.3 Taxonomía

Las fresas y los fresones pertenecen a la familia *Rosaceae* y al género *Fragaria*. Existen especies oriundas de Europa como *Fragaria vesca* Linn, *Fragaria*

moschata Duch. y *Fragaria viridis* Duch. También existen especies americanas como *Fragaria chiloensis* Duch. y *Fragaria virginiana* Duch., de frutos grandes y de cuyos cruzamientos derivan los actuales cultivares de fresón. Estos suelen ser conocidos botánicamente como *Fragaria* × *ananassa* Duch (Maroto, 2002).

Al género, cuyo número básico “n” es de 7 cromosomas, pertenecen más de 150 especies pero pueden reducirse a casi unas 20 o menos. Las especies de fresas se dividen en 4 grupos según el nivel de ploidea es decir, el número de juegos de cromosomas.

El cuadro 1 muestra las especies más representativas de cada grupo y sus características (Maroto, 2002).

Cuadro 1. Principales especies de fresas.

Grupo	Especies representativas	Características
Diploide	<i>Fragaria vesca</i> Linn.	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra en Europa y Asia Central. • Está adaptada a los ambientes más diversos. • Los frutos son pequeños, semiesféricos, de color rojo y pulpa blanda.
	<i>Fragaria viridis</i> Duch.	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra en Europa, el Cáucaso y Siberia Central. • La pulpa de los frutos es firme y aromática. • Es resistente a los suelos calizos.
Tetraploide	<i>Fragaria orientalis</i> Losink	<ul style="list-style-type: none"> • Es oriunda de Siberia, Mongolia y Corea. • Es tolerante al frío y a la sequía.
Hexaploide	<i>Fragaria moschata</i> Duch.	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra en el centro y norte de Europa hasta Rusia y Siberia. • Crece en los bosques y lugares sombreados. • Los frutos son de intenso sabor a vino moscato.
Octoploide	<i>Fragaria virginiana</i> Duch.	<ul style="list-style-type: none"> • Es oriunda de Estados Unidos. • Los frutos son aromáticos y tienen cierta acidez.
	<i>Fragaria chiloensis</i> Duch.	<ul style="list-style-type: none"> • Es nativa de Chile. • Es resistente a la sequía y a las bajas temperaturas. • Los frutos son de tamaño grande.
	<i>Fragaria ananassa</i> Duch.	<ul style="list-style-type: none"> • Es el resultado del cruce de <i>Fragaria chiloensis</i> y <i>Fragaria virginiana</i>. • Muchas de las fresas de frutos grandes cultivadas en el mundo, tienen este origen.

1.4 Fisiología del desarrollo

El desarrollo de la planta de fresa consta de 8 fases que son las siguientes:

- Fase A o de reposo vegetativo; es un estado en el cual hay poco crecimiento foliar, las hojas son rojizas y secas.
- Fase B o de iniciación de la actividad vegetativa; que se manifiesta por la aparición de brotes y de un mayor número de hojas.
- Fase C o de botones verdes; los que pueden observarse entre las hojas.
- Fase D o de botones blancos; los que se observan aun sin que los pétalos se hayan desplegado.
- Fase E o de iniciación de la floración; es cuando existen 3 ó 4 flores por planta.
- Fase F o de plena floración; en el que 50% de las flores están abiertas.
- Fase G o fin de la floración; es cuando los pétalos caen para dar inicio al cuajado de los frutos.
- Fase H o de fructificación; en el cual los frutos son claramente visibles (Abensur, 1998).

Estas fases pueden agruparse en 2 etapas, la vegetativa y la reproductiva. En ambos casos hay una especial relación con la luz del día (fotoperiodo) y la temperatura (clima).

Clima

La fresa se ha adaptado mejor al clima templado. Sin embargo, con la obtención de las variedades comerciales de las últimas décadas, el cultivo de la fresa se ha ampliado hacia las zonas subtropicales y hasta ciertas áreas tropicales.

Es recomendable evitar las zonas con vientos fríos y fuertes. En regiones de clima muy caliente o que están expuestas a ventarrones o altas precipitaciones pluviales, la producción de fresas es dificultosa y hasta antieconómica. El riego es imprescindible en lugares donde no hay suficiente humedad.

La temperatura afecta los rendimientos y la calidad de las fresas, principalmente el sabor y la firmeza. Para el crecimiento óptimo es ideal una temperatura entre 20 y 26°C. Bajo condiciones muy cálidas, el fruto pierde sabor, aumenta el grado de suavidad y madura con mayor rapidez. A temperaturas mayores de 30°C, el crecimiento y la fructificación quedan inhibidas.

Fotoperiodo

El fotoperiodo es la duración del día o número de horas de luz al que todas las especies son más o menos sensibles. Para la fresa, se considera un fotoperiodo breve o día corto, cuando las horas de luz son inferiores a 12 y fotoperiodo largo o día largo, cuando son superiores. Entonces, en función de su sensibilidad, los cultivares podrán ser de día corto, de día largo o de día neutro para aquellos que son insensibles a la longitud del día.

La duración del fotoperiodo influye sobre todo durante el desarrollo de las yemas y floraciones que caracterizan a los diferentes cultivares (Inia – Conafrut, 1997).

Reproducción de la planta de fresa

Para propagar o reproducir plantas de fresa, se selecciona una planta y se favorece el enraizamiento de ciertas partes como la corona, los estolones o los meristemas. El enraizamiento de la corona es poco utilizado en la práctica mientras que la reproducción por estolones está más difundida. En la estolonización, las plantas seleccionadas son colocadas en terreno fértil y sano (según análisis fitosanitario), enriquecido con materia orgánica y con un pH neutro o ligeramente ácido. El cultivo de meristemas consiste en inducir el desarrollo de una pequeña porción de tejido, proveniente de los estolones o de la corona, en un medio artificial. Las plantas obtenidas mediante esta técnica son las más caras (Maroto, 2002).

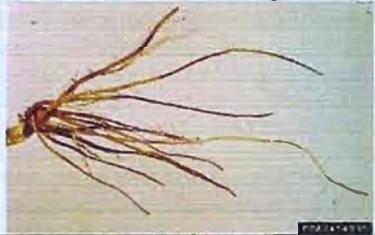
1.5 Problemas fitosanitarios

La materia prima puede verse afectada por diversas enfermedades producidas por hongos o virus. Algunas plagas también pueden atacar a la planta por lo que es necesario realizar controles regulares.

Las enfermedades varían ampliamente en cuanto a su destructividad y distribución. El procedimiento ideal para hacer frente a estas enfermedades es reprimirlas por medio de medidas preventivas. Las pérdidas pueden reducirse mediante prácticas específicas de cultivo, seleccionando variedades adaptadas y utilizando plantas que estén libres de enfermedades.

En el cuadro 2, se explica brevemente las enfermedades más frecuentes que afectan al sistema radicular y a los órganos verdes de las plantas de fresa tales como hojas y tallos.

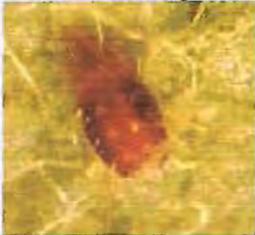
Cuadro 2. Enfermedades de la planta de fresa.

Nombre	Descripción
<p data-bbox="363 443 587 477">La Médula Roja</p> 	<p data-bbox="683 443 1402 685">Es causada por el hongo <i>Phytophthora fragariae</i>. Ocasiona la pudrición de la parte central interna de la corona observándose una coloración roja oscura. Las raíces presentan una apariencia de “cola de rata” de color rojo oscuro.</p>
<p data-bbox="339 734 612 768">La Pudrición Negra</p> 	<p data-bbox="683 716 1402 1010">Es ocasionada por el hongo <i>Rhizoctonia solani</i>. Los síntomas se aprecian en forma de manchas ovaladas de color marrón en las raíces, corona y tejidos que al secarse se toman esponjosos. Las hojas adquieren un color amarillento y áreas oscuras en sus márgenes.</p>
<p data-bbox="384 1048 564 1081">La Marchitez</p> 	<p data-bbox="683 1030 1402 1328">El hongo <i>Verticilium alboatrum</i> causa esta enfermedad y se encuentra frecuentemente en el suelo. Los síntomas aparecen al formarse los estolones o durante la fructificación. Las hojas se marchitan tomándose oscuras al igual que las raíces. El colapso de las plantas es inmediato.</p>
<p data-bbox="331 1350 619 1384">El Mildiú Polvoriento</p> 	<p data-bbox="683 1350 1402 1592">Es también llamado <i>Oidium</i> y causada por el hongo del mismo nombre. El síntoma más visible es el enrollamiento hacia arriba de las hojas. Aparece un moho delgado y de color blanco en el envés de las hojas que puede expandirse hacia tallos y frutos.</p>

Los insectos que comúnmente pueden encontrarse en las plantas de fresa y constituir plagas son: la arañita roja, los pulgones o áfidos, los thrips y los chinches. Todos ellos se alimentan de diversas partes de la planta incluso de los frutos, lo que constituye pérdidas en la producción. Los pulgones o áfidos son los más peligrosos puesto que pueden ser portadores de virus.

A continuación en el cuadro 3, se da una descripción de estos insectos.

Cuadro 3. Plagas que afectan a la planta de fresa.

Nombre	Descripción
<p data-bbox="352 443 520 477">Arañita roja</p> 	<p data-bbox="608 443 1402 629">Es un ácaro de cuerpo globular y anaranjado. Se esconde en hojas viejas de fresa para atacar a las hojas jóvenes con la llegada del calor y la disminución de la humedad.</p>
<p data-bbox="309 730 564 763">Pulgones o Áfidos</p> 	<p data-bbox="608 730 1402 972">Son los insectos que causan los mayores daños a las plantas tanto al aire libre como en cultivos protegidos. Los síntomas son el enrollamiento de las hojas y la detención del crecimiento. Pueden ser portadores de virus.</p>
<p data-bbox="389 1010 485 1043">Thrips</p> 	<p data-bbox="608 1010 1402 1205">Estos dañan las flores con su estilete y los pistilos se deforman como reacción a su saliva tóxica. Suelen aparecer en tiempo seco y su número se incrementa con la temperatura.</p>
<p data-bbox="368 1267 505 1301">Chinches</p> 	<p data-bbox="608 1267 1402 1357">Son insectos picadores de color gris y actividad nocturna. Se alimentan de los achenios de los frutos.</p>

1.6 Características del cultivar Chandler

El cultivar Chandler (*cv. Chandler*) es también conocido como fresa Cañetana por parte de algunos agricultores y vendedores de los mercados mayoristas de nuestro país. Tiene bastante aceptación en el mercado de consumo en fresco por su apariencia atractiva. Los frutos presentan forma cónica alargada de color rojo intenso y son de tamaño grande. Es un cultivar de día corto, originado en la Universidad de California y que ha reemplazado al cultivar Douglas por sus mejores características como la tolerancia al ataque de la arañita roja y la resistencia durante las jornadas de transporte. Es un cultivar de elevado

rendimiento que puede tener una producción continua de 6 meses en condiciones ambientales de Costa (Olivera, 2003).

En la figura 4 se muestran fresas del cultivar Chandler y pueden observarse ciertas características resaltantes como su tamaño y atractivo color.



Figura 4. Fresas del cultivar Chandler.

CAPITULO 2. PRODUCTO: FRESA HIDROPONICA

2.1 Generalidades

La definición más generalizada sobre cultivo hidropónico es aquella que hace referencia al cultivo de las plantas sin usar tierra y a la nutrición vía soluciones de minerales en agua como reemplazo de los métodos tradicionales de cultivo. Existen varios métodos para el cultivo hidropónico y la correcta selección dependerá de las necesidades y de los requerimientos locales (Sholto, 1997).

La geografía de nuestro país determina climas muy variados, por ello es necesario identificar primero los parámetros climáticos del lugar donde se pretende instalar el sistema hidropónico. El ambiente favorable puede ser natural o en su defecto, puede construirse con infraestructura e instalaciones adecuadas. La presión de los costos y la rentabilidad de los cultivos hidropónicos determinarán las decisiones a tomar (Moreno, 1995).

Como un sistema no convencional, la hidroponía puede ser una de las mejores opciones para producir diferentes cultivos en terrenos no aptos para la agricultura. Así, puede aplicarse en la costa, con suelos arenosos o salinos; en la sierra, con factores climáticos adversos (sequía y helada) y en la selva, con suelos mayormente ácidos.

En la actualidad, el método convencional y los métodos no convencionales son las dos alternativas existentes para producir fresas. En el método convencional, la semilla es obtenida directamente de la plantación lo cual aumenta la probabilidad de propagación de enfermedades, las que posteriormente se controlan con productos químicos. Por otro lado, los métodos no convencionales incluyen la agricultura orgánica y el sistema hidropónico donde la primera, requiere áreas considerables de tierras agrícolas y elevados volúmenes de materia orgánica los cuales, dependiendo de la zona, es posible que no sean accesibles.

Un sistema hidropónico no necesita de tierras agrícolas. En general, puede utilizarse prácticamente cualquier área y soporte inerte para llevar a cabo un adecuado desarrollo de los cultivos a producir. Dependiendo del cultivo, el volumen de producción se puede duplicar y hasta triplicar, lo que permite

obtener un volumen comercial de producción sin tener que hacer una elevada inversión en terreno agrícola.

La importancia de utilizar hidroponía para el cultivo de la fresa radica en que es posible cosechar y envasar los frutos directamente, lo que reduce el manipuleo del producto y aumenta la vida post-cosecha en contraposición al caso tradicional (Bisbal, Luna, Mesones; 1999).

2.2 Situación actual de la hidroponía

La hidroponía es una ciencia joven no obstante, ha podido adaptarse a diversas situaciones. Estas van desde los cultivos al aire y en invernadero hasta los altamente especializados en submarinos atómicos a fin de obtener verduras frescas para la tripulación. Al mismo tiempo, la hidroponía es usada en países subdesarrollados para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas.

La importancia del cultivo sin suelo aumenta cada vez más. El sistema hidropónico funciona también como una buena herramienta para resolver un amplio rango de problemas tales como tratamientos que reducen la contaminación del suelo y del agua subterránea, además de la manipulación de nutrientes no deseados en el producto.

2.2.1 Panorama Mundial

De acuerdo a la Sociedad Internacional de Cultivo sin Suelo (ISOSC por sus siglas en inglés), Holanda es el líder tanto en producción como en investigación y desarrollo de la hidroponía en las últimas décadas seguido de España, Francia, Japón e Israel. Holanda ya era productor de cultivos tradicionales y tenía el mercado para sus productos así como la destreza para producirlos, únicamente optimizaron su producción con el manejo hidropónico convirtiéndolo en realidad, apoyados por gente calificada y con un conocimiento real del sistema.

Existen regiones muy áridas en el mundo donde la hidroponía es un sistema de producción agrícola empleado con éxito: Israel, Baja California (México) y Arizona (EE.UU). En Japón, donde el principal problema es el poco espacio, la hidroponía es la solución para producir más en poco terreno y con alto rendimiento. La experimentación en dicho país a finales de los ochenta y

principio de los noventa sobre la unión de cría de peces con la de las plantas, fue muy productiva dando lugar a lo que se conoce como acuaponía.

Canadá, con un invierno largo y riguroso, utiliza la hidroponía como técnica para el desarrollo de cultivos protegidos de alto rendimiento. De esta manera, proporciona el agua, los nutrientes, la luz y la temperatura que los cultivos necesitan para su óptimo desarrollo.

En América Latina, funcionan muchos programas de interés social en Colombia, Perú, Costa Rica, Cuba, Chile, Nicaragua y México. Han aparecido también un número de versiones modificadas de técnica ya existentes. Los equipos de riego y control así como las técnicas progresan mucho y se adecúan al poder adquisitivo del productor (Rodríguez, 2002).

2.2.2 Realidad Peruana

Para tener una idea de la magnitud de lo que hay por hacer en hidroponía, aplicada a una rutina alimentaria para satisfacer parte de las necesidades de alimentación y nutrición de las familias peruanas, es importante tener una visión panorámica del escenario nacional.

Nuestro país se caracteriza por su gran diversidad tanto ecológica como biológica, así como su diversidad de suelos, minerales y recursos hídricos. Asimismo, destaca su heterogeneidad agrícola que comprende los medios ecológicos, las especies cultivadas, las tecnologías y la organización.

Esta optimista visión general del país contrasta con la realidad agrícola, empezando por la cantidad de tierras aptas para la agricultura comparada con las no aptas a nivel nacional, sin contar con la estacionalidad ni con las condiciones a veces muy severas como heladas y sequías de los ambientes locales. Debe considerarse que las localidades distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional, son las que determinan el tipo de actividad que se desarrolla en función del clima, suelo, vegetación, costumbres y desarrollo socioeconómico y cultural.

Sin embargo, gracias a la observación de las ventajas de la producción de cultivos hidropónicos, en nuestro país se tiene interés en cuanto a la adaptación de esta técnica en las diferentes actividades relacionadas con la producción de alimentos. En el Perú, existen instituciones públicas y privadas, nacionales y extranjeras que están propiciando la aplicación de la hidroponía previéndose en

el futuro, un incremento en el apoyo y la aplicación de esta tecnología (Bisbal, Luna, Mesones; 1999).

2.2.3 Comparación de los cultivos tradicional e hidropónico

El incremento de la producción hidropónica frente a la tradicional se debe a diversos factores. Si el suelo es excepcionalmente pobre, el cultivo hidropónico resulta muy beneficioso. La presencia de insectos o enfermedades en el suelo reduce considerablemente las producciones de forma convencional.

Los cultivos hidropónicos presentan muy pocas desventajas que pueden solucionarse. Los costos de capital y la complejidad del trabajo de estos sistemas pueden ser reducidos utilizando métodos hidropónicos más simples así como el uso de muchas variedades resistentes a enfermedades.

Al establecer comparaciones entre el cultivo tradicional y el cultivo hidropónico, este último demuestra que presenta mayores ventajas y beneficios en cuanto a la producción, la calidad de los frutos y el estado sanitario, principalmente.

En el cuadro 4 se muestran con más detalle las comparaciones entre ambos sistemas de cultivo (Resh, 1992).

2.3 El cultivo de fresas hidropónicas

La fresa es una planta de tamaño pequeño por lo que sus frutos crecen muy cerca del suelo. El consumidor de los frutos en fresco desconfía del riego de las plantas, pues ve factible que éste se realice con aguas contaminadas. El sistema hidropónico es una alternativa que permite la producción de frutos limpios (Rodríguez, 2005).

Mediante el sistema hidropónico es posible lograr un suministro constante y adecuado de nutrientes requerido por el cultivo. En adición, brinda la posibilidad de crear una solución nutritiva específica según los requerimientos de cada cultivo. Además, facilita el control sanitario puesto que en hidroponía, las plantas no crecen al ras del piso (Bisbal, Luna, Mesones; 1999).

Cuadro 4. Comparación de los cultivos tradicional e hidropónico.

Aspectos	Cultivo tradicional	Cultivo hidropónico
Manejo del medio de cultivo	El suelo debe cambiarse periódicamente debido a la pérdida de fertilidad y estructura.	El medio de cultivo (soporte inerte) puede utilizarse por años sin necesidad de renovación.
Nutrición vegetal	Requiere grandes cantidades de fertilizantes cuya distribución no es uniforme. Suelen aparecer deficiencias localizadas y hay dificultad para el muestreo y el ajuste.	Requiere sólo pequeñas cantidades de fertilizantes que se distribuyen uniformemente. Es fácil la toma de muestras y el ajuste por lo que el control es completo.
Producción de las plantas	Es limitado por las condiciones de nutrición que puede proporcionar el suelo.	La densidad de plantación es mayor dando como resultado una mayor cosecha por unidad de área.
Problemas fitosanitarios	El suelo puede albergar insectos y hongos que ocasionan enfermedades.	No hay hongos o insectos en el medio de cultivo.
Calidad de los frutos	El fruto a menudo es blando debido a las deficiencias en calcio y potasio, dando lugar a una escasa conservación.	El fruto es firme y resistente lo que permite su recolección en estado maduro y enviarla a lugares distantes.
Utilización de agua	Las plantas están sujetas a transtornos debido a una pobre relación agua – suelo, a la estructura de éste y a una baja capacidad de retención.	No existe estrés hídrico porque el agua es utilizada con alto grado de eficiencia.

2.3.1 Ventajas del cultivo hidropónico de fresa

El cultivo hidropónico de fresa destaca por presentar varias ventajas respecto al cultivo tradicional. Estas se presentan a continuación:

- Alta producción por unidad de área de 5 a 7 veces con respecto a la producción en el campo.
- Mayor rendimiento en gramos de fruto por planta (500 – 800).
- Uso eficiente del agua y de los fertilizantes.
- Menor pérdida de frutos por enfermedades y plagas que afectan a las plantas.
- Frutos más limpios y de excelente calidad.
- Requiere menor mano de obra.
- Las actividades relacionadas con el cultivo requieren menor esfuerzo que aquellas que se desarrollan en el campo (Resh, 1997).

Así, el cultivo hidropónico de fresa da lugar a una rentabilidad muy favorable, en compensación por la inversión que requiere la instalación del sistema. Este sistema, permite controlar la nutrición de las plantas de fresa y el empleo de soportes inertes garantiza que no haya infestación por insectos que comúnmente se encuentran en el suelo. Como consecuencia, se obtienen frutos de mejor calidad y de mayor tiempo de vida post-cosecha (Rodríguez, 2005).

2.3.2 Razones para el cultivo de fresa por hidroponía

La producción de fresas hidropónicas es una alternativa viable y rentable, puesto que permite superar las condiciones que limitan la producción en diversas zonas de nuestro país. La adecuada nutrición hídrica y mineral optimiza el crecimiento de las plantas. Asimismo, el incremento de la densidad de cultivo aumenta la producción (Caso, 2001).

El por qué es factible cultivar fresa mediante hidroponía puede resumirse en los siguientes puntos:

- El desarrollo y fructificación de las plantas es más rápido, saludable y vigoroso.
- Los rendimientos obtenidos con hidroponía son superiores.
- La producción es intensiva, lo que permite obtener cosechas en menor tiempo.
- El consumo de agua y fertilizantes es menor.
- No contamina el medio ambiente.
- Permite aprovechar áreas no aptas para la producción tradicional.

En el cuadro 5 se proporcionan datos sobre el rendimiento de cultivos de fresa en los sistemas tradicional versus hidropónico. La diferencia es notable y según

sea el caso, el rendimiento se duplica y hasta cuadriplica al utilizar un sistema hidropónico (Rodríguez, 2005).

Cuadro 5. Rendimientos de cultivos de fresa. Sistema tradicional vs hidropónico.

Sistema	Rendimiento (ton/ha)
Tradicional (riego por gravedad)	10 – 12
Tradicional (riego por goteo)	15 – 20
Hidropónico (riego por goteo)	40 – 50

2.4 Elección del cultivar de fresa para hidroponía

Resulta imprescindible conocer la biología de las plantas que van a ser cultivadas hidropónicamente para manejarlas de forma adecuada y adaptarlas eficientemente al sistema hidropónico o si es factible, adaptar el sistema hidropónico al hábito de crecimiento y morfología de las plantas (Moreno, 1996).

El cultivar seleccionado debe tener suficiente vigor y resistencia o tolerancia a las enfermedades, las plagas y los cambios climáticos. Los frutos deben ser de buen tamaño, tener un color rojo brillante y la pulpa coloreada.

Los cultivares más empleados en sistemas hidropónicos son: Seascape, Selva, Tristar, Brighton, Fern Irvine, Chandler, Douglas, Sweet Charlie, Pájaro y Camarosa. De todos ellos, Chandler es una excelente opción por su fruto sabroso y por ser fuertemente tolerante a los cambios de temperatura (Resh, 1997).

Las plantas del cultivar Chandler son muy vigorosas y altamente productivas. El fruto es grande, de forma cónica alargada y de color rojo brillante, tiene elevada consistencia, es aromático y de buenas características gustativas es decir, es medianamente dulce y ligeramente ácido (Caso, 2001).

La figura 5 muestra un fruto de una planta de fresa Chandler cultivada hidropónicamente.



Figura 5. Fresa Chandler hidropónica.

Es de gran importancia que las plantas a ser cultivadas mediante sistema hidropónico, no lleven consigo enfermedad alguna puesto que las raíces están en contacto frecuente unas con otras, siendo esto una fuente de contagio inminente (Bisbal, Luna, Mesones; 1999).

En hidroponía, es preferible utilizar plántulas enraizadas provenientes de estolones de plantas madre saludables (Rodríguez, 2005).

2.5 Requerimientos del sistema hidropónico

Para que una planta pueda crecer bien es necesario que cuente con 5 requisitos esenciales que son el agua, la luz, el aire, las sales minerales y el sostén para las raíces. Los 3 primeros requisitos los provee normalmente el sistema hidropónico, en la misma manera que los cultivos en tierra. El agua, la luz y el aire son dones de la naturaleza que se suministran al sistema como parte de lo que lo rodea o, en caso contrario, pueden usarse medios artificiales. Pero los 2 últimos requisitos, las sales minerales y el sostén para las raíces, deben ser proporcionados como suplemento (Sholto, 1997).

Un componente importante es el clima porque la luz y la temperatura son determinantes para el crecimiento vegetativo. La producción del cultivo hidropónico dependerá en gran parte no sólo de su nutrición mineral, sino también del ambiente en el que crece y se desarrolla (Moreno, 1995).

El soporte inerte

En hidroponía, el soporte inerte se define como cualquier tipo de material usado para sustituir a la tierra y que sirve como medio de crecimiento de las raíces de las plantas.

El material óptimo para actuar como soporte inerte es aquel que combina sus características inherentes con un correcto manejo (Castañeda, 1997).

Las propiedades físicas de un soporte inerte son más importantes que las químicas puesto que estas últimas, pueden modificarse mediante el manejo de las soluciones nutritivas. Un buen soporte inerte debe tener un comportamiento similar al de una esponja es decir, una elevada porosidad, gran capacidad de retención de agua, buena aireación, estabilidad y baja densidad (Baixauli, Aguilar; 2000).

Entre los materiales utilizados se encuentran las mezclas de grava y cascarilla de arroz al 50% cada una, incluso un 75% de cascarilla de arroz más 25% de grava y hasta 100% de cascarilla de arroz, han dado resultados óptimos en el cultivo de fresa hidropónica (Abensur, 1998).

De manera particular, para el caso de fresas hidropónicas, se han realizado estudios a fin de determinar qué material resulta más conveniente para el cultivo. Se utilizaron mezclas de arena gruesa con cascarilla de arroz (25% - 75%), piedra pómez al 100%, cascarilla de arroz al 100% y una mezcla de piedra pómez con cascarilla de arroz (50% - 50%). Los mejores resultados se obtuvieron utilizando la cascarilla de arroz al 100% como soporte inerte y el rendimiento fue de aproximadamente 500 g de frutos por planta (Caso, 2001).

Los nutrientes

Los nutrientes que necesitan las plantas cultivadas mediante hidroponía son suministrados en forma de soluciones nutritivas que se preparan mezclando agua con pequeños volúmenes de soluciones concentradas de fertilizantes. Estas soluciones contienen todos los elementos que las plantas necesitan para el adecuado desarrollo de raíces, tallos, hojas, flores y frutos (Castañeda, 1997). Cualquier solución nutritiva completa contendrá los macronutrientes esenciales para la planta tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, que son elementos que las plantas requieren en su nutrición en cantidades

relativamente elevadas. También deberá contener a los micronutrientes esenciales conformados por hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno.

La mayoría de las plantas crecen bien con soluciones nutritivas de valores de pH comprendidos entre 5 y 7. Generalmente, en los cultivos hidropónicos se trabaja con valores de pH menores a 7 puesto que en dicho rango los iones están mejor disueltos, en especial el fósforo y los micronutrientes (Baixauli, Aguilar; 2000).

2.6 Propiedades del producto

Las fresas son un alimento muy nutritivo. Su apreciación en la dieta moderna se basa en el sabor, el aroma y la riqueza de vitaminas y minerales.

Estos productos son una buena fuente de fibra lo que facilita su digestión. Resulta útil una dieta depurativa a base de fresas porque contribuyen a limpiar y eliminar las toxinas del organismo. Son ideales para disminuir el nivel de colesterol en la sangre. Son refrescantes, diuréticas, aumentan las defensas del organismo y ayudan a luchar contra las bacterias.

A continuación en el cuadro 6, se muestra la composición química y nutritiva en 100 g de producto (Olivera, 2003).

Cuadro 6. Composición química y nutritiva de la fresa (100 g).

Componente	Cantidad
Agua	80 - 90%
Proteína	0,5 – 0,9%
Grasa	0,1 – 0,4%
Hidrato de carbono	5 – 10%
Calorías	37
Fibra	2,2 g
Vitamina A	60 UI
Vitamina C	60 mg
Vitamina E	0,2 mg
Tiamina	0,03 mg
Riboflavina	0,07 mg
Hierro	1 mg
Sodio	1 mg
Potasio	164 mg
Calcio	21 mg
Fósforo	21 mg

En adición, las fresas tienen virtudes reconstituyentes debido a su elevado contenido de vitamina C e incluso, resulta muy adecuado consumirlas durante la etapa de crecimiento.

El consumo de fresas puede recomendarse a personas que padecen de diabetes, reumatismo, hipertensión arterial y arterioesclerosis.

Con sólo 100 g de fresas al día, se cubre la cantidad de vitamina C recomendada en la alimentación diaria aportando sólo 37 calorías al organismo. Otras de sus cualidades es su contenido de vitamina E que actúa como antioxidante, fortaleciendo el sistema inmunológico.

2.7 Subproductos derivados de la producción de fresas hidropónicas

En forma paralela a la producción de fresas hidropónicas se obtienen dos productos secundarios: las infusiones filtrantes y mermelada.

Las infusiones filtrantes son elaboradas con las hojas de las plantas de fresa las que contienen taninos, aceites esenciales y vitamina C, principalmente. Estas se trituran y secan en un proceso de pocas etapas al término del cual se obtiene un producto empacado y listo para usar. Este primer subproducto constituye posteriormente una bebida con propiedades medicinales, astringentes y antiinflamatorias siendo recomendable su consumo en el tratamiento de anemia, afecciones hepáticas, afecciones renales y gota.

La figura 6 muestra una alternativa de presentación para el primer subproducto.



Figura 6. Primer subproducto: infusiones filtrantes.

La mermelada se hace con aquellos frutos que a pesar de ser sanos, son retirados en una etapa de selección debido a sus características físicas. Las fresas pasan por un proceso de cocción y adición de otros componentes como

azúcar, ácido cítrico, pectina y conservante, dando como resultado el segundo subproducto que es envasado en recipientes de vidrio.

La figura 7 otorga una idea de cómo se vería el subproducto terminado.



Figura 7. Segundo subproducto: mermelada de fresa hidropónica.

CAPITULO 3. INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 Tecnología existente

La hidroponía o cultivo sin suelo requiere una serie de dotaciones técnicas imprescindibles para poder sacar el máximo provecho de ella. Muchas veces se piensa que la clave del éxito radica en complejas soluciones nutritivas aplicadas a soportes inertes. En la actualidad, se sabe que la preparación de las soluciones nutritivas tiene una menor importancia en relación a una serie de aspectos claves aplicados a la producción en invernadero.

El sistema hidropónico requiere ante todo, una buena preparación profesional. Es necesario saber cómo interpretar datos de pH y conductividad así como preparar la solución nutritiva y determinar cuándo y cómo modificarla en función del cultivo, de su desarrollo y de los factores ambientales. De igual manera, se requiere conocimiento en cuanto al manejo del riego. Todos estos requerimientos aplicados en conjunto dan como resultado el aprovechamiento de todas las ventajas del sistema hidropónico (Sanz, 2003).

3.1.1 Sistemas de cultivo de fresa hidropónica

Dependiendo de la distribución de las plantas y del manejo de drenaje, los sistemas de cultivo de fresa hidropónica pueden adoptar 3 diferentes denominaciones. A continuación se explica cada una de ellas.

A) Sistemas en columna

Estos sistemas se desarrollaron con el objetivo de incrementar el número de plantas que podían crecer por unidad de área. El ahorro de espacio y consecuente incremento de la producción sobre unidad de área, es particularmente aplicable a invernaderos. Una ventaja adicional de este sistema es la facilidad de cosechar sin dañar los frutos, por lo que es el indicado en el cultivo de productos delicados como las fresas.

Los sistemas en columna son de 2 tipos: el cultivo en saco y el cultivo en macetas apiladas.

El cultivo en saco

Las plantas crecen colgantes al insertarlas en sacos llenos del material que actuará como soporte inerte. Los sacos están hechos de polietileno y tienen forma cilíndrica cuyas dimensiones son 2 m de alto y 15 cm de diámetro. Son colocados a 60 cm del suelo y atados a las vigas del invernadero por la parte superior, quedando de esta manera suspendidos (Resh, 1997).

Se obtienen buenos resultados, en cuanto a rendimiento y calidad de productos, utilizando cascarilla de arroz como soporte inerte. También puede utilizarse piedra pómez pero debe realizarse una observación continua y constante de las plantas para detectar problemas por deficiencia de calcio (Caso, 2001).

La figura 8 muestra algunos sacos de cultivo con plántulas en su etapa de desarrollo vegetativo.

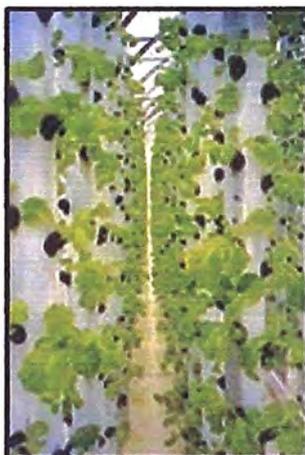


Figura 8. El cultivo en sacos.

El cultivo en macetas apiladas

Requiere el uso de macetas de poliestireno, las que se colocan con un ángulo de rotación de 45° una respecto a otra, formando columnas compuestas por 8 ó 10 macetas. Cada maceta contiene 4 plantas de fresa lo que permite incrementar el número de plantas por metro cuadrado respecto a un sistema de cultivo tradicional.

Las macetas contienen el soporte inerte que suele ser arena de cuarzo de 0,5 a 2 mm de tamaño de partícula, previamente lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 10%. Es posible utilizar otros materiales como la perlita, la vermiculita o arena con escoria de carbón (Grubich, 1998).

En la figura 9 se aprecian columnas de macetas apiladas con plantas de fresa en su etapa de fructificación.



Figura 9. Columnas de macetas apiladas.

B) Sistemas cerrados

Después de finalizado el riego, la solución nutritiva sobrante cae por gravedad desde las columnas hacia una red de canaletas, para ser conducida hacia un depósito de recolección. Desde este depósito es reincorporada al invernadero en el siguiente riego.

Sin embargo, la recirculación de la solución nutritiva incorporada al mismo sistema, presenta inconvenientes tales como la acumulación de iones, el desequilibrio de nutrientes, la reducción del rendimiento y puede servir como vehículo para la transmisión de hongos adaptados a medios acuáticos como *Phytophthora* o bacterias que afecten la salud de las plantas.

Existen 2 sistemas de riego en circuito cerrado que permite la recuperación del drenaje, son los denominados Nutrient Film Technique (NFT) y New Growing System (NGS). Ambos sistemas buscan maximizar el contacto directo de las raíces con la solución nutritiva para estimular el crecimiento acelerado de las plantas. Cabe destacar que en el sistema NGS, el movimiento de la solución nutritiva es continuo, lo que mejora la aireación radicular respecto al sistema NFT (Baixauli, Aguilar; 2000).

Es posible cultivar fresas mediante un sistema NFT pero la dificultad está en el manejo de la solución nutritiva, principalmente. El pH no debe cambiar bruscamente puesto que valores fuera del rango óptimo (6,0 – 6,5) originan la

podrición de las raíces. La higiene de la solución nutritiva y del sistema debe ser apropiada para evitar la diseminación de hongos y bacterias que afecten el saludable crecimiento de las plantas (Rodríguez, 2003).

La figura 10 muestra plantas de fresa cultivadas mediante un sistema NFT.

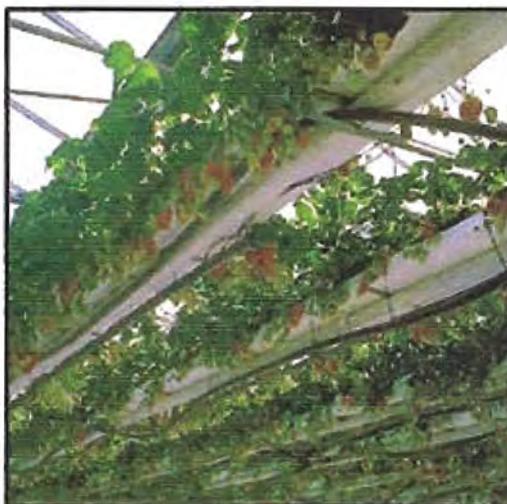


Figura 10. Sistema NFT para fresas hidropónicas.

C) Sistemas abiertos

En un sistema abierto, también denominado no recirculante, la solución nutritiva sobrante no se reincorpora al invernadero. Por lo tanto, no hay un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos como en un sistema cerrado.

La solución nutritiva sobrante puede ser recolectada a través de un sistema de drenaje para evitar su vertido, lo que constituiría un medio de contaminación por nitratos y fosfatos, principalmente.

Esta alternativa permite utilizar posteriormente los drenajes para fertilizar jardines colindantes al invernadero o como materia prima para la fabricación de soluciones nutritivas concentradas a utilizar en otros cultivos. (Baixauli, Aguilar; 2000).

3.1.2 Fertirrigación

La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego, de forma continua o intermitente. La fertirrigación no puede hacerse con todos los sistemas de riego, puesto que la principal exigencia es obtener la máxima uniformidad en la distribución de fertilizantes. Por ello, esta práctica está asociada básicamente a los sistemas de riego localizado como son el riego por

goteo y el riego por microaspersión. El riego localizado permite realizar fertilizaciones diarias que cubren exactamente los requerimientos de los cultivos. Una instalación de fertirrigación consta de un cabezal de riego, una red de distribución y emisores (goteros o microaspersores). El cabezal y los emisores constituyen la parte más importante del sistema puesto que la eficiencia del riego depende de su buen funcionamiento (Cadahía, 1998).

Los fertilizantes deben tener alto grado de pureza para evitar la formación de precipitados o sedimentos que obstruyan la instalación. Las principales obstrucciones son debidas al exceso de compuestos de calcio que taponan los emisores. La formación de precipitados se evita manteniendo la solución nutritiva con un pH ácido (Fuentes, 1998).

Un sistema de fertirrigación presenta ventajas importantes tales como la dosificación racional de los fertilizantes, el ahorro de agua, la posibilidad de automatización y la óptima nutrición del cultivo que se traduce en rendimientos y calidad de los productos (Cadahía, 1996).

3.2 Selección de la técnica de cultivo

La producción de fresas hidropónicas se realiza en invernadero, constituyendo un sistema abierto de cultivo en columna con sacos de polietileno llenos de cascarilla de arroz que actúan como soporte inerte para las plantas.

Se instala un sistema de fertirrigación aplicando la técnica de riego por goteo. El cabezal de riego está compuesto por una bomba centrífuga, un filtro y por el equipo de fertilización que incluye 3 tanques con sus respectivas bombas dosificadoras. Una red de distribución conduce la solución nutritiva desde el cabezal de riego hasta los goteros ubicados en los sacos de cultivo.

Es recomendable el uso de goteros de tipo simple es decir, con sólo un orificio de salida de 0,9 mm de diámetro y un caudal de 4l/h. En cada saco de cultivo deben insertarse 4 goteros unidos a 4 microtubos para regar directamente dos tercios del saco y el tercio restante, por gravedad.

A continuación la figura 11 muestra la disposición de goteros y microtubos en un saco de cultivo.

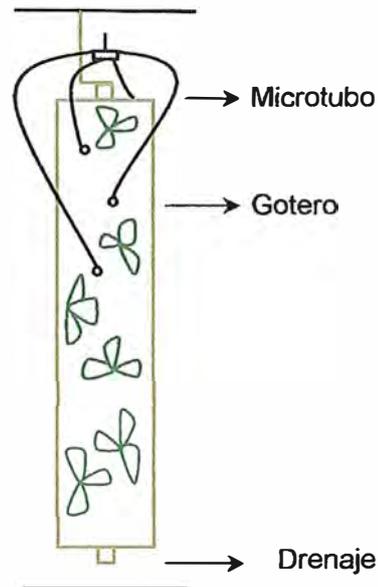


Figura 11. Saco de cultivo con sistema de riego.

Como se aprecia en la figura, la solución nutritiva sobrante drena a través de una boquilla ubicada en la base de cada saco para su posterior recolección (Reátegui, 2006).

Además de los goteros, una red de distribución está conformada por microtubos de polietileno flexible de 12 mm de diámetro y por tuberías de PVC de 1,27 cm ($\frac{1}{2}$ in); 2,54 cm (1 in) y 6,35 cm ($2\frac{1}{2}$ in) de diámetro que corresponden a las tuberías terciarias, secundarias y primaria, respectivamente (Medina, 2000).

La solución nutritiva es preparada mezclando agua blanda con pequeños volúmenes de soluciones concentradas de fertilizantes, denominadas comercialmente A y B, que contienen todos los macronutrientes y micronutrientes requeridos en una producción de tipo hidropónica. Estas soluciones concentradas fueron desarrolladas en la Universidad Nacional Agraria La Molina en donde pueden ser adquiridas para su uso inmediato en el fertirriego del invernadero hidropónico.

En los cuadros presentados a continuación, se indican los componentes que integran cada una de estas soluciones así como sus cantidades.

El cuadro 7 muestra los componentes que conforman la solución concentrada A, para 1 l de agua (volumen final).

Cuadro 7. Composición de la solución concentrada A.

Componente	Masa (g)
Nitrato de potasio (KNO_3)	110
Nitrato de amonio (NH_4NO_3)	70
Superfosfato triple ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)	36

El cuadro 8 muestra las cantidades de los componentes que integran la solución concentrada B, para 1 l de agua (volumen final).

Cuadro 8. Composición de la solución concentrada B.

Componente	Cantidad
Sulfato de magnesio (MgSO_4)	110 g
Quelato de hierro (Fe-EDDHA 6%)	8,5 g
Solución de micronutrientes	200 ml

A continuación en el cuadro 9, se indica la composición de la solución de micronutrientes que integra la solución concentrada B, para 1 l de agua.

Cuadro 9. Composición de la solución de micronutrientes.

Componente	Masa (g)
Sulfato de Magnesio (MgSO_4)	5
Acido bórico (H_3BO_3)	3
Sulfato de zinc (ZnSO_4)	1,7
Sulfato de cobre (CuSO_4)	1
Molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$)	0,2

Cabe destacar que los volúmenes de las soluciones concentradas A y B con los que se prepara la solución nutritiva, varían de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentren los cultivos hidropónicos. Durante las fases de máximo crecimiento y fructificación, las plantas necesitan el doble de nutrientes que durante el inicio de su etapa vegetativa (Caso, 2001).

En el cuadro 10, se muestran los volúmenes de las soluciones concentradas A y B requeridos para la preparación de la solución nutritiva considerando la etapa de desarrollo de las fresas hidropónicas, para 1 l de agua (volumen final).

Cuadro 10. Requerimientos de fertilizantes de la solución nutritiva.

Etapa de cultivo	Solución A (ml)	Solución B (ml)
Etapa vegetativa (10 primeros días)	2,5	1
Etapa vegetativa (posterior a 10 días)	5	2
Etapa de fructificación	5	2

3.2.1 El invernadero hidropónico

Un invernadero permite prolongar el periodo de producción de los cultivos, protegiéndolos de condiciones ambientales adversas como bajas temperaturas y precipitaciones descontroladas, contribuyendo a mejorar la productividad y calidad de los productos (Cajamarca, López, Vilatuña; 2002).

El invernadero hidropónico de 480 m² de superficie tiene capacidad para albergar a 10 000 plantas de fresa distribuidas en 320 sacos de cultivo, cada uno con una capacidad máxima de 32 plantas.

El cultivo hidropónico de dicho número de plantas de fresa, requiere de 0,425 m³ de solución nutritiva en cada fertirriego. El cálculo se realizó en base a datos tales como el caudal del gotero, el número de goteros por saco, el número total de sacos y el porcentaje de volumen asimilado y drenado de solución nutritiva por saco. De igual manera, en base a los datos del cuadro 10 se obtuvieron los volúmenes y dosificación de las soluciones concentradas A y B (ver anexo 1).

En cuanto a la construcción, es conveniente disponer de un invernadero de forma rectangular para lograr el aprovechamiento máximo del espacio, y con un techo a dos aguas para que más luz ingrese al invernadero. Las puertas deben ser corredizas y las ventanas deben estar ubicadas tanto en el techo como a los lados del recinto (Pinske, 1998).

Es común utilizar madera como material para la construcción de la estructura sin embargo, resulta provechoso utilizar el acero galvanizado por su gran resistencia. Las láminas de polietileno son frecuentemente utilizadas como

recubrimiento por sus virtudes tales como elasticidad, resistencia al paso del tiempo y por permitir el paso de la luz solar (Robles, 1999).

Recomendaciones generales para el manejo del invernadero hidropónico

El cumplimiento de estas recomendaciones no sólo mantiene al invernadero en óptimas condiciones sino que además, contribuye al exitoso manejo de la producción hidropónica.

- Ubicar una fosa de desinfección de calzado en los accesos del invernadero.
- Desinfectar periódicamente herramientas y estructuras con hipoclorito de sodio o con soluciones desinfectantes a base de yodo.
- Entrenar al personal en cuanto a la importancia de la desinfección de manos.
- El suelo del invernadero debe estar cubierto con material plástico de color blanco, limpio y en buen estado.
- Limitar el ingreso de personas al invernadero (Sandoval, 2004).

3.3 Bases del diseño de planta

Localización

Las instalaciones de la planta de producción de fresas hidropónicas estarán ubicadas en el distrito de Cieneguilla de la ciudad de Lima Metropolitana. Este lugar reúne condiciones favorables para el desarrollo del cultivo tales como el clima y la calidad de agua, además por la facilidad de acceso a vías alternas que permiten el transporte continuo de los productos hacia los supermercados locales.

Capacidad de planta

La planta tendrá capacidad para procesar 200 kg/día de fresas hidropónicas. Cada unidad de producción está representada por un empaque de 0,5 kg de producto listo para su consumo en fresco, es así que en un día se obtienen 392 unidades, las que conforman un lote de producción.

Mensualmente, la producción de fresas hidropónica es de 5 ton aproximadamente y teniendo en cuenta que la temporada de cosecha del cultivar Chandler comprende 6 meses, al término de este periodo se habrán producido 30 ton.

Materia prima

De acuerdo a pruebas experimentales realizadas en cultivos de fresa en columna del cultivar Chandler, el rendimiento neto expresado en kilogramos de fruto por planta, es de 0,5. Sin embargo, este valor puede incrementarse hasta 0,8 si se siguen todas las recomendaciones en cuanto al manejo de un sistema de producción hidropónico. Esto se refiere principalmente, a los cuidados que requiere el cultivo de plantas en invernadero (actividades culturales) y al manejo del fertirriego (Resh, 1992).

Considerando el valor mínimo de rendimiento como referencia, son necesarias 10 000 plántulas de fresa para lograr la producción deseada. La estación experimental Donoso, órgano descentralizado del Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA del Ministerio de Agricultura, ha desarrollado la técnica de micropropagación para la obtención de plántulas libres de enfermedades, y que ponen a disposición de los productores y público en general.

Mano de obra

Las personas son el elemento básico y la formación es el instrumento que permite la máxima eficacia en el binomio trabajador-puesto de trabajo.

Todo el personal deberá conocer, entender y cumplir las normas y disposiciones que forman los lineamientos de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), con el fin de que los productos manipulados y envasados sean sanos, seguros y cumplan con las expectativas de calidad que los clientes esperan (Pardo, Cuesta; 2004).

Rendimiento y calidad

Si 10 000 plántulas de fresa fueran sembradas en el campo, se obtendrían sólo alrededor de 3 ton/mes de fresas en comparación con las 5 ton/mes que brinda un sistema hidropónico. Esta diferencia se debe al rendimiento de las plantas. Mientras que en un sistema tradicional, sólo se obtiene 0,33 kg de fresas por planta en promedio, este valor es 1,5 veces mayor en fresas hidropónicas.

La producción no sólo se incrementa, sino que es de alta calidad puesto que las fresas crecen en un ambiente limpio como es un invernadero, donde el riesgo de

enfermedades infecciosas causadas por bacterias es reducido y el manejo integrado de plagas permite obtener productos sanos.

Cabe destacar que después de una etapa de selección de productos, el sistema hidropónico presenta alrededor del 2% como porcentaje de merma, en contraste con un sistema tradicional cuyo porcentaje de merma llega al 5%. Esto se debe a que en hidroponía, la homogeneidad de los productos es superior.

El sistema hidropónico, requiere menor área de cultivo que el sistema tradicional para lograr el mismo nivel de producción. Para este caso en particular, un invernadero de 480 m² basta para obtener la producción planificada de fresas, área mucho menor comparada con los 1 700 m² de terreno que demandaría un sistema convencional.

3.4 Bases de aseguramiento y gestión de la calidad

Para garantizar el cumplimiento de una adecuada gestión de la calidad, se implementarán las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). La aplicación de BPA incluye el manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos.

A fin de asegurar la calidad sanitaria y la inocuidad de las fresas hidropónicas, se establecerá la aplicación de los principios del sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point). Este permitirá identificar los puntos críticos de control y establecer las medidas necesarias para corregirlos y verificarlos.

La norma sanitaria para la aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas, fue aprobada mediante resolución ministerial N°449-2006/MINSA el 17 de Mayo del 2006. Se fundamenta en lo establecido en la Quinta Disposición Complementaria, Transitoria y Final del Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, aprobado por Decreto Supremo N°007-98-SA y está en concordancia con lo establecido en la Norma Códex Alimentarius "Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control" y directrices para su aplicación.

3.4.1 Buenas Prácticas Agrícolas

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son recomendaciones técnicas que reducen los riesgos de contaminación de las frutas y vegetales frescos. Están

relacionadas principalmente a prácticas de higiene aplicadas al proceso productivo de los cultivos (Martínez, 2004).

Las BPA abarcan diversos aspectos, desde la elección del lugar de cultivo hasta la gestión ambiental. De manera general, se citan algunas recomendaciones:

- Utilizar herramientas y equipos adecuados, limpios y en perfecto estado de funcionamiento.
- Utilizar plantas saludables y con certificado de garantía.
- Los fertilizantes deben estar ubicados en un almacén alejado de las áreas de producción, manipulación o envasado.
- Conocer las necesidades de riego del cultivo. No regar con aguas contaminadas (la mejor fuente es el agua potable). Analizar la calidad del agua de riego una vez al año.
- Control de la fertilización de los cultivos.
- Prácticas de poda, control y eliminación de malezas.
- Mantener la limpieza para evitar todo foco de contaminación posible.
- Seleccionar y separar residuos para evaluar y decidir su reciclaje o eliminación.
- Identificar y evaluar los posibles riesgos de accidentes durante el proceso productivo.

La aplicación de las BPA permite lograr la trazabilidad. Todas las actividades deben estar registradas y por menos, una vez al año, se realiza una evaluación del cumplimiento de las recomendaciones (Chatata, 2008).

Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos

Consiste en utilizar diversos métodos de control para reducir la densidad de la población de una plaga: control biológico, control tecnológico, control químico y control con extractos de plantas biocidas.

El control biológico es el más utilizado y consiste en dejar que insectos benéficos como mariquitas, crisopas y avispas, se alimenten de los insectos plaga. Es importante revisar diariamente el invernadero hidropónico para detectar la presencia de insectos plaga. La eliminación constante y gradual rompe el ciclo vital de las plagas y crea un ambiente hostil para su desarrollo.

El control tecnológico hace uso de trampas de luz y trampas amarillas para insectos voladores. El control con extractos de plantas biocidas implica la

utilización de repelentes preparados en base a extractos de plantas como ajo, ají, eucalipto, orégano, ortiga, ruda o tabaco. Ambos controles se aplican conjuntamente con el control biológico. En lo posible, se evita el uso de controles que involucren el uso de insecticidas químicos (Cajamarca, López, Vilatuña; 2002).

Las condiciones de temperatura y humedad favorables para el desarrollo de enfermedades se evitan con el manejo de la aireación. El invernadero debe ventilarse temprano por la mañana (si las condiciones climáticas lo permiten) para así lograr que la temperatura suba paulatinamente y se evite la formación de rocío (Sandoval, 2004).

Manejo post-cosecha

El manejo post-cosecha involucra operaciones cuyo objetivo es minimizar las pérdidas de producto y los riesgos de contaminación. Las reglas prioritarias a tener en cuenta son (Martínez, 2004):

- Cosechar el producto en el estado apropiado de madurez.
- Reducir al mínimo el manejo físico del producto.
- Enfriar el producto lo más rápido posible.
- La línea de proceso debe ser lo más limpia posible.
- Seleccionar y empaquetar el producto con cuidado.
- Conocer y proporcionar las condiciones de almacenamiento requeridos por el producto.
- Capacitar a los trabajadores y proporcionarles todas las herramientas necesarias.

3.4.2 Buenas Prácticas de Manufactura

Son requerimientos mínimos de higiene y procesamiento necesarios para asegurar la producción de un alimento sano. Involucran al personal, la infraestructura, el equipo y los utensilios y los controles de producción y proceso. A continuación, se dan algunas recomendaciones generales (Cumpa, 2008):

Personal

- Utilizar uniformes completos y limpios (tapaboca, guantes, etc.).
- No está permitido el uso de joyas ni maquillaje.

- Prohibido comer, beber o fumar dentro de las instalaciones de la planta de producción.
- Lavarse las manos con jabón desinfectante al entrar y salir de las áreas.

Infraestructura

- Mantenimiento de las estaciones de lavado de manos (agua, jabón desinfectante, papel toalla, etc.).
- Almacenamiento adecuado de insumos.
- Almacenamiento adecuado de productos terminados.

Equipo y utensilios

- Limpieza y desinfección de herramientas.
- Establecer un programa de sanitización.

Controles de producción y proceso

- Control de temperatura.
- Control de tiempo.
- Elaboración de registros.
- Identificación del lote y códigos.
- Control de peso del producto.

3.4.3 Principios del sistema HACCP

El procedimiento para la aplicación del sistema HACCP comprende 12 pasos y 7 principios. El paso 1 consiste en la formación de un equipo que debe estar integrado entre otros, por los jefes o gerentes de las diferentes áreas. En los pasos 2 y 3 se realizan la descripción del producto alimenticio y la determinación del uso previsto del alimento, respectivamente.

A continuación, en el cuadro 11, se muestra información detallada acerca del producto.

Cuadro 11. Descripción y utilización del producto.

Producto: Fresas (<i>Fragaria × ananassa</i> Duch. cv. Chandler) hidropónicas.	
1. Nombre común	Fresas
2. Uso	Producto listo para el consumo
3. Características microbiológicas del producto final	Límites críticos: Aerobios Mesófilos: $<1 \times 10^4$ ucf/g Salmonella: Ausencia/25g
4. Composición química (en 100 g de producto)	Agua: 80-90% Proteína: 0,5-0,9% Grasa: 0,1-0,4% Hidratos de carbono: 5-10% Calorías: 30 Fibra: 2,2 g Vitamina A: 60 UI Vitamina C: 60 mg Vitamina E: 0,2 mg Tiamina: 0,03 mg Riboflavina: 0,07 mg Hierro: 1 mg Sodio: 1 mg Potasio: 164 mg Calcio: 21 mg Fósforo: 21 mg
5. Tipo de empaque	Envase de PET tipo Clamshell transparente con aberturas verticales en la tapa y base.
6. Tiempo de vida útil	10 – 12 días.
7. Destino	Supermercados locales.
8. Instrucciones de etiquetado	Etiquetas del manejo seguro del alimento: manténgase en refrigeración.
9. Almacenamiento	Mantener los productos a la temperatura de 1°C dentro del almacén.

El paso 4 corresponde a la elaboración de un diagrama de flujo. En la figura 12 se indican todas las etapas de la secuencia de operaciones, desde la recepción de la materia prima hasta la comercialización, para la producción de un lote de fresas hidropónicas correspondiente al trabajo de un día. El balance de materia se indica con mayor detalle en el anexo 3.

El paso 5 consiste en confirmar el diagrama de flujo en el lugar de proceso a fin de estar de acuerdo con el procesamiento del producto en todas sus etapas.

El primer principio y paso 6 corresponde a la enumeración de todos los peligros posibles relacionados con cada fase, la realización de un análisis de peligros y la determinación de las medidas para controlar los peligros identificados. Toda esta información se muestra en el cuadro 12.

El segundo principio y paso 7 es la determinación de los puntos críticos de control (PCC) que se muestran en el cuadro 13. Para determinar un PCC se debe aplicar una secuencia de decisiones que sigue un enfoque de razonamiento lógico (ver anexo 2).

El tercer principio y paso 8 es el establecimiento de límites críticos para cada PCC. El cuarto principio y paso 9 es el establecimiento de un sistema de vigilancia para cada PCC, el cual se muestra en el cuadro 14.

El quinto principio y paso 10 consiste en el establecimiento de medidas correctivas, con el fin de hacer frente a posibles desviaciones o pérdidas de control en un PCC. Estas medidas deben aplicarse hasta que el PCC vuelva a estar controlado y el producto afectado, será eliminado o reprocesado a fin de evitar la comercialización de un producto dañino para la salud.

El sexto principio y paso 11 es el establecimiento de procedimientos de verificación que incluyen exámenes, tanto del sistema y plan HACCP como de las desviaciones y sistemas de eliminación de productos alimenticios rechazados. Todo esto se hace para comprobar que el sistema HACCP funciona correctamente.

Finalmente, el séptimo principio y paso 12, es el establecimiento de un sistema de documentación y registro. Los documentos a diseñar y mantener son el análisis de peligros, la determinación de los puntos críticos y la determinación de los límites críticos. Las actividades de vigilancia de los PCC, las desviaciones y las medidas correctivas correspondientes y las modificaciones introducidas en el sistema HACCP permanecen como registros.

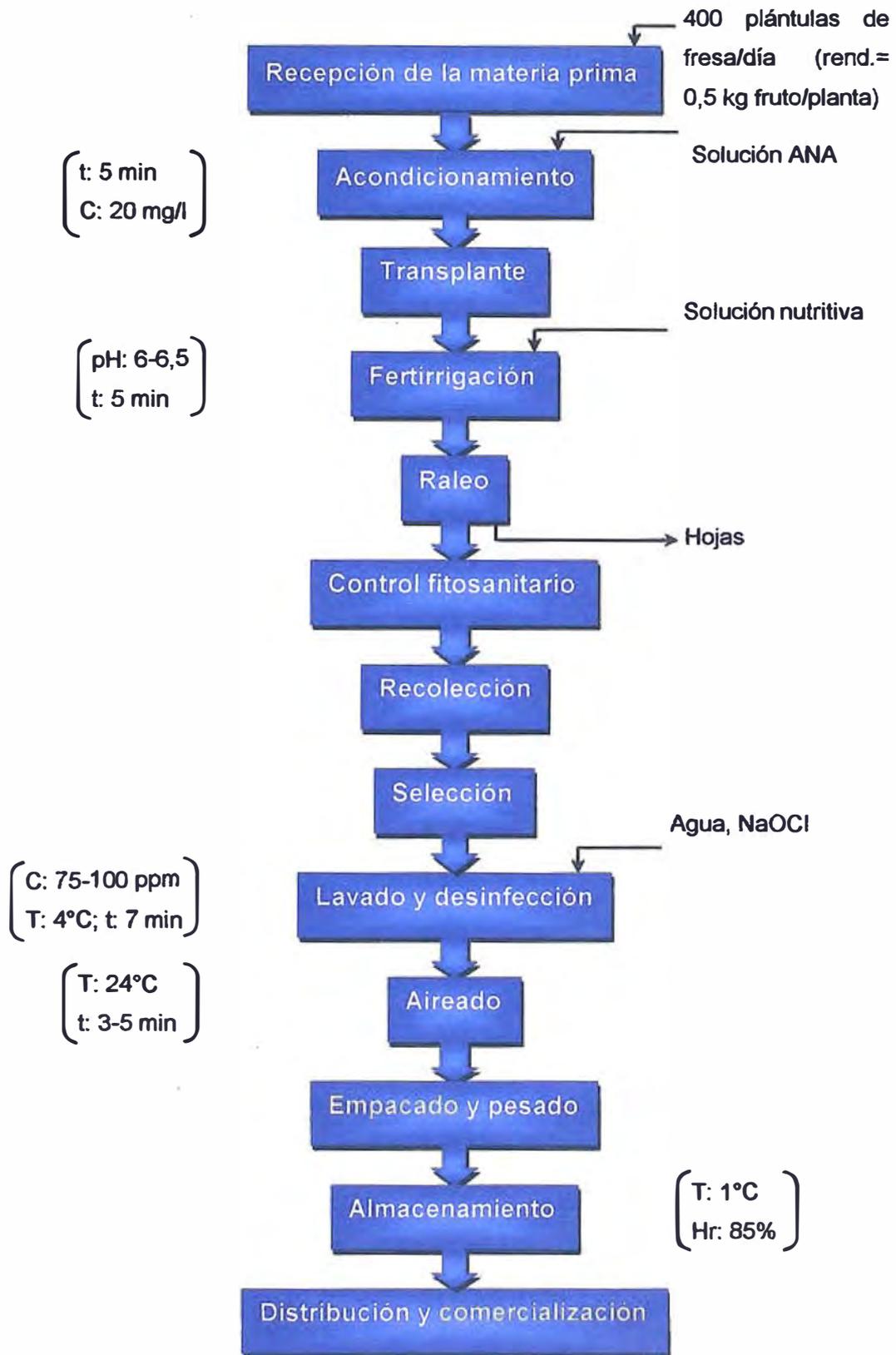


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de producción de un lote de fresas hidropónicas.

Cuadro 12. Análisis de peligros de las operaciones identificadas en el diagrama.

Etapas del proceso	Identificación de peligros	¿Existen peligros significativos para la inocuidad del alimento?	Justifique su decisión para la columna 3	Qué medida(s) preventiva se pueden aplicar para prevenir peligros significativos	Este es un punto crítico de control (sí o no)
Recepción de la materia prima	<u>Biológico</u> Presencia de virus u hongos en su sistema. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Ninguno.	Sí.	Materia prima con virus u hongos que se desarrollan alterando la salud de los cultivos y en consecuencia, de los productos.	Sólo cultivar materia prima proveniente de lugares certificados por el Ministerio de Agricultura.	Sí.
Acondicionamiento	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Exceso de solución ANA. <u>Físico</u> Ninguno.	No.	Controlado por un programa de BPM.		No.
Transplante	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Maltrato de las plántulas.	No.	Controlado por un programa de BPA.		No.
Fertirrigación	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Desbalance de pH y nutrientes. <u>Físico</u> Ninguno.	No.	Controlado por un programa de BPA.		No.
Raleo	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Maltrato a las plantas.	No.	Controlado por un programa de BPA.		No.

Etapas del proceso	Identificación de peligros	¿Existen peligros significativos para la inocuidad del alimento?	Justifique su decisión para la columna 3	Qué medida(s) preventiva se pueden aplicar para prevenir peligros significativos	Este es un punto crítico de control (si o no)
Control fitosanitario	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Aparición de insectos que se alimentan de los cultivos.	Sí.	Los insectos pueden aumentar en número y formar colonias si no se detectan a tiempo.	Controlado por un programa de BPA.	Sí.
Recolección	<u>Biológico</u> Contaminación por bacterias patógenas. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Maltrato de los productos.	Sí. No.	Contaminación por errores en la manipulación e higiene del personal y utensilios. Controlado por un programa de BPM.	Controlado por un programa de BPM.	No.
Selección	<u>Biológico</u> Supervivencia de bacterias patógenas. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Ninguno.	Sí.	Contaminación por errores en la manipulación e higiene del personal y utensilios.	Controlado por un programa de BPM.	No.
Lavado y desinfección	<u>Biológico</u> Supervivencia de bacterias patógenas. <u>Químico</u> Exceso de cloro. <u>Físico</u> Ninguno.	Sí. No.	Eliminación insuficiente de microorganismos patógenos. Controlado por un programa BPM.	<ul style="list-style-type: none"> • Personal capacitado. • Control de tiempo de operación. 	Sí.

Etapas del proceso	Identificación de peligros	¿Existen peligros significativos para la inocuidad del alimento?	Justifique su decisión para la columna 3	Qué medida(s) preventiva se pueden aplicar para prevenir peligros significativos	Este es un punto crítico (sí o no)
Aireado	<u>Biológico</u> Ninguno <u>Químico</u> Ninguno <u>Físico</u> Exceso de temperatura.	No.	Controlado por un programa de BPM.		No.
Empacado y pesado	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Ninguno.	No.	Controlado por un programa de BPM.		No.
Almacenamiento	<u>Biológico</u> Desarrollo de bacterias patógenas. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Ninguno.	Sí.	Los patógenos pueden aumentar en número si no se mantiene la temperatura de refrigeración.	Control de tiempo y temperatura.	No.
Distribución y comercialización	<u>Biológico</u> Ninguno. <u>Químico</u> Ninguno. <u>Físico</u> Maltrato de los productos.	No.	Controlado por un programa de BPM.		No.

Cuadro 13. Determinación de los puntos críticos.

Etapa del proceso	Categoría y peligro identificado	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Número de PCC
Recepción de la materia prima	<u>Biológico</u> Materia prima con virus u hongos que se desarrollan alterando la salud de los cultivos y en consecuencia, de los productos.	Sí	No	Sí	No	1
Acondicionamiento	<u>Químico</u> Exceso de solución ANA.	Sí	No	No		
Transplante	<u>Físico</u> Maltrato a las plántulas.	Sí	No	No		
Fertirrigación	<u>Químico</u> Desbalance de pH y nutrientes.	Sí	No	No		
Raleo	<u>Físico</u> Maltrato de las plantas.	Sí	No	No		
Control fitosanitario	<u>Físico</u> Aparición de insectos que se alimentan de los cultivos.	Sí	Sí			2
Recolección	<u>Biológico</u> Contaminación por bacterias patógenas. <u>Físico</u> Maltrato de los productos.	Sí	No	No		
Selección	<u>Biológico</u> Contaminación por bacterias patógenas.	Sí	No	No		
Lavado y desinfección	<u>Biológico</u> Supervivencia de bacterias patógenas. <u>Químico</u> Exceso de cloro.	Sí	Sí			3
Aireado	<u>Físico</u> Exceso de temperatura.	Sí	No	No		
Empacado y pesado	<u>Físico</u> Maltrato de los productos.	Sí	No	No		
Almacenamiento	<u>Biológico</u> Desarrollo de bacterias patógenas.	Sí	No	No		
Distribución y comercialización	<u>Físico</u> Maltrato de los productos.	Sí	No	No		

Cuadro 14. Sistema de vigilancia o monitoreo del control de los PCC.

Punto crítico de control	Peligro significativo	Límites críticos	Vigilancia				Acciones correctivas	Registro
			¿Qué?	¿Cómo?	Frecuencia	¿Quién?		
Recepción de la materia prima	Materia prima con hongos o virus que se desarrollan alterando la salud de los cultivos y en consecuencia, la de los productos.	Se acepta sólo materia prima proveniente de lugares habilitados por el Ministerio de Agricultura.	Identificar el lugar de propagación y desarrollo de la semilla de fresa.	Información del Ministerio de Agricultura sobre el lugar. Solicitud de certificados que acrediten que la materia prima se encuentra en óptimas condiciones.	Cada lote recibido	El responsable de la recepción.	Si no es del lugar habilitado y/o no acrediten certificados, se rechaza el lote.	Registro de recepción de certificados hábiles.
Control fitosanitario	Aparición de insectos que se alimentan de los cultivos.	No se acepta la presencia de insectos que representen amenaza para los cultivos.	Inspección de los cultivos.	Revisión exhaustiva de las plantas.	Diaria.	Personal responsable.	Tratamiento con métodos no químicos al detectar la mínima presencia.	Registro de control de los cultivos.
Lavado y desinfección	Supervivencia de bacterias patógenas.	Utilizar hipoclorito de sodio a una concentración que varía entre 75 y 100 ppm. El tiempo de desinfección es de 5 minutos. La temperatura del agua debe ser de 4°C.	Controlar la temperatura del agua, la concentración del desinfectante y el tiempo de desinfección	Evaluar el olor y color del desinfectante, y el recipiente que lo contiene. Controlar la temperatura del agua de desinfección, la concentración de cloro y el tiempo de desinfección. Tomar muestras del producto.	Monitorear cada 30 minutos el agua donde se realiza la desinfección y se mide la temperatura, la concentración de cloro y el tiempo. Cada semana, tomar una muestra para realizar un análisis microbiológico.	Responsable de aseguramiento de la calidad.	Si la desinfección se hizo a una concentración menor a 75 ppm, volver a desinfectar todo el producto que haya pasado por la línea de proceso hasta el último control correcto. Proceder de igual manera si el tiempo de desinfección fue menor a lo establecido.	Registro de control de desinfección. Registro de pruebas microbiológicas.

3.5 Proceso de producción

El resultado final de todo el proceso de producción es la obtención de tres productos que son los empaques de fresas hidropónicas que conforman a su vez el producto principal y los dos subproductos es decir, las infusiones filtrantes y la mermelada.

3.5.1 Producto principal

Se aplica un proceso de producción por lotes para satisfacer la demanda del mercado local. Consta de 13 etapas que van desde la recepción de la materia prima hasta la distribución y comercialización de los productos.

La producción se lleva a cabo en un solo turno de trabajo que se desarrolla durante el día, empezando a primera hora de la mañana.

A continuación se explica detalladamente cada una de las etapas del proceso de producción.

1. Recepción de la materia prima

Se verifica que las plántulas estén en condiciones óptimas en el momento de su llegada al área de recepción. Un personal conformado por 4 trabajadores estará a cargo de medir la altura de las plántulas, de pesarlas y de elaborar un registro con los resultados de estas mediciones, indicando la fecha de su ejecución. En un día pueden recibirse hasta 400 plántulas de fresa. Las plántulas deben encontrarse en perfecto estado y libres de enfermedades, siendo imprescindible que el proveedor adjunte los certificados de sanidad que acrediten dicho estado. Concluida esta etapa, las plántulas pasan inmediatamente a la sala de acondicionamiento.

2. Acondicionamiento

En la sala de acondicionamiento, las plántulas reciben un tratamiento con auxina cuyo objetivo es estimular el crecimiento. El tratamiento consiste en la inmersión de las plántulas en un tanque de fibra de vidrio durante 5 minutos, el cual contiene una solución de ácido naftalenacético (ANA) de 20 mg/l de concentración (Castro, 2002).

La solución de ANA se prepara con anterioridad dentro de la misma sala de acondicionamiento, en un espacio reservado para este fin. Además, el tiempo de duración del tratamiento se controla con cronómetro.

Posteriormente, las plántulas se colocan en cajones ranurados apilables, hechos de polietileno que son trasladados en carritos hacia el invernadero. El número de plántulas que ingresa al invernadero hidropónico es el mismo que llega al área de recepción en un día por lo tanto, es posible trasladar hasta 400 plántulas de fresa.

3. Transplante

Consiste en la inserción de las plántulas a los sacos de cultivo, los que pueden albergar hasta 32 plántulas cada uno como máximo.

Los sacos de cultivo son preparados con un periodo mínimo de 10 días de anticipación. La cascarilla de arroz requiere de un tratamiento previo por espacio de 9 días que consiste en humedecerla con agua, para mejorar su capacidad de retención de líquido. Posteriormente, los sacos de polietileno se llenan con la cascarilla de arroz y se cuelgan en las vigas del invernadero hidropónico (Caso, 2001).

Un personal conformado por 5 trabajadores está a cargo de realizar estas actividades. El transplante es realizado inmediatamente después de la etapa de acondicionamiento y puede tomar alrededor de 3 horas.

4. Fertirrigación

Debido al empleo de soporte inerte en hidroponía, el aporte de agua debe hacerse con frecuencia lo cual es posible mediante un sistema de fertirrigación. Con el fertirriego, el soporte inerte se satura en su totalidad y la distribución del agua y los nutrientes resulta homogénea.

El fertirriego comienza con el bombeo centrífugo de agua, que ha de mezclarse con las soluciones concentradas de fertilizantes A y B que se inyectan a la tubería primaria de acuerdo a la cantidad requerida (ver anexo 1). El pH debe mantenerse en el rango de 6,0 y 6,5 por lo que se mide constantemente con un sensor a fin de hacer los ajustes necesarios con solución de ácido nítrico 0,5 N. Después, la solución nutritiva pasa por un filtro de malla de número de Mesh 120 y llega a la red de distribución comprendida por 4 subunidades de riego (cada

una compuesta por 80 sacos de cultivo repartidos en 4 filas), que llevan la solución hasta los goteros en cada saco de cultivo.

Durante los 5 primeros días después del trasplante, se efectúan riegos frecuentes sólo con agua potable. Pasado este tiempo, las plántulas ya han logrado un buen desarrollo radicular por lo que se da inicio al riego con la mitad de la dosis de la solución nutritiva por una semana. El fertirriego con la dosis completa empieza a partir de la cuarta semana después del trasplante. En cualquier caso, el fertirriego dura 5 minutos y al día pueden realizarse alrededor de 4 veces (Castro, 2002).

5. Raleo

Consiste en la eliminación de hojas que se realiza durante la etapa de desarrollo de las plantas para favorecer su crecimiento saludable. Las hojas inferiores de las plantas se ven impedidas de realizar el proceso de fotosíntesis al encontrarse cubiertas por las hojas superiores. El raleo de hojas contribuye al aireamiento de los tallos y a la prevención de anomalías causadas por el exceso de humedad (Reátegui, 2006).

Esta actividad es realizada una vez por semana y por 4 trabajadores, cada uno a cargo de una subunidad de fertirriego.

Una alternativa para darle uso a las hojas de las plantas de fresa es destinarlas como materia prima para la elaboración de bolsitas filtrantes de té, con propiedades astringentes y depurativas, constituyendo un primer subproducto.

6. Control fitosanitario

Se pone en práctica las recomendaciones incluidas en un programa de BPA para prevenir y enfrentar dificultades en caso de presentarse. El invernadero hidropónico debe revisarse diariamente en horas cercanas al anochecer que es cuando salen los insectos de sus escondites, así pueden ser detectados especialmente aquellos que afectan negativamente a la producción.

El control fitosanitario requiere de la participación de personal con conocimientos de BPA que además estará encargado de llevar los registros correspondientes a las revisiones diarias. Este personal puede estar integrado por 4 personas, cada una responsable de revisar $\frac{1}{4}$ del área del invernadero. Como resultado de la

aplicación de métodos no convencionales, naturales y sencillos, las cosechas son sanas y abundantes.

7. Recolección

Empieza a los 3 meses del trasplante, período en el cual los productos han completado su desarrollo y alcanzado propiedades organolépticas aceptables. En cuanto a la apariencia, presentan un color rojo uniforme en toda su superficie. El momento preciso de la recolección se establece con la aplicación de estándares de madurez como lo es el cociente sólidos solubles/acidez titulable, un criterio muy usado en frutas como las fresas donde el equilibrio azúcares-acidez es clave para su aceptación. En la práctica, el ensayo del grado de madurez consiste en triturar la fruta, obtener el zumo y determinar el contenido de sólidos solubles por refractometría (índice de refracción que se relaciona con una escala en grados Brix) y la acidez por titulación con NaOH 0,1 N. Para el caso de las fresas, el sabor aceptable comprende un mínimo de 7% de sólidos solubles y/o un máximo de 0,8% de acidez titulable (Arthey, Arshurst; 1997).

La recolección se realiza durante las primeras horas de la mañana puesto que la temperatura es un poco más baja, resultando ventajoso para el mantenimiento de la calidad de los productos durante la manipulación (Wiley, 1997).

Por su delicada naturaleza, las fresas son recolectadas a mano por un personal integrado por 4 trabajadores, cada uno de los cuales recolecta 50 kg de fresas hidropónicas en una hora, lo que hace un total de 200 kg de producto provenientes de 13 columnas de cultivo.

Las fresas se separan de las plantas con ayuda de herramientas cortantes dejando 1 cm de pedúnculo adherido a ellas. Posteriormente, las fresas son colocadas en bins o canastos de recolección apilables, hechos de material plástico y con capacidad para 25 kg cada uno.

8. Selección

200 kg/día de fresas hidropónicas son revisadas a su paso por un sistema de tría, conformado por 2 seleccionadores de cinta y rodillos a fin de eliminar aquellas que resulten defectuosas. La selección se realiza de forma manual por personal entrenado, capaz de verificar varios factores simultáneamente tales como color, forma, tamaño, magulladuras y superficies cortadas.

Cabe destacar que los productos hidropónicos son muy homogéneos por lo que los factores determinantes a evaluar son las magulladuras y superficies cortadas. Los productos aptos constituyen una sola categoría denominada fresas hidropónicas selectas. Las fresas que presenten defectos son separadas y como alternativa pueden utilizarse para la elaboración de mermelada, constituyendo un segundo subproducto.

9. Lavado y desinfección

Esta etapa se lleva a cabo en un área con restricción de entradas, de forma que el contacto humano con los productos sea limitado.

Las fresas entran a una máquina lavadora por aspersion que trabaja por lotes, cada uno de los cuales comprende 40 kg de productos y permanece durante 7 minutos en el equipo, que es el tiempo total que toma el lavado y la desinfección. Dentro de la máquina, las fresas pasan por 3 subetapas, primeramente se lavan con agua para eliminar polvo y suciedad, después son tratadas con solución de hipoclorito de sodio de 75 a 100 ppm por un tiempo de 5 minutos, y finalmente son enjuagadas. Durante toda la etapa de lavado y desinfección, el agua debe estar a la temperatura de 4°C para enfriar los productos (Suslow, 1997).

10. Aireado

La humedad residual y el exudado celular en la superficie de las frutas tienden a estimular el crecimiento de levaduras, moho y bacterias. Por lo tanto, es necesario eliminar los restos de agua en los productos provenientes de la etapa de lavado (Wiley, 1997).

Las fresas son tratadas en un túnel de secado dotado de una cinta transportadora interior. En el equipo, la acción de un ventilador permite que circule aire en flujo contracorriente a una temperatura de 24°C puesto que a temperaturas más altas estimularían la degradación de las vitaminas que contienen las fresas, la pérdida de pigmentos que dan color y la alteración del sabor y aroma. De igual manera, es conveniente trabajar con tiempos de aireado cortos, que van de 3 a 5 minutos como máximo (Sancho, Raventós; 2004).

La medición de la temperatura de aireado se hace mediante 3 sensores ubicados a la entrada, en la parte central y al final del equipo. El tiempo de aireado se controla con un temporizador.

11. Empacado y pesado

Las fresas son colocadas en empaques tipo Clamshell con capacidad para 500 g de productos. Este tipo de empaque ofrece una excelente presentación gracias a su transparencia. Incorpora perforaciones que permiten la circulación de aire en su interior (ver anexo 5).

Son 4 los operarios a cargo de llenar los empaques con los productos, de pesarlos y etiquetarlos. Además, ordenan los empaques en cajas (1 caja contiene 12 empaques) conformando los 2 palets correspondientes al lote de producción diaria y que están comprendidos por 33 cajas. Una vez que los palets están listos, un trabajador procedente del área de almacén es el encargado de recogerlos.

12. Almacenamiento

El almacenamiento refrigerado de las frutas incrementa la vida útil además de protegerlas contra el desarrollo de gérmenes. Si se busca el límite máximo de vida post-cosecha, el almacenamiento debe efectuarse a una temperatura óptima para el producto y no admitir más que desviaciones mínimas de la misma (Martín, 2005).

La temperatura de almacenamiento de las fresas es de 1°C aceptando variaciones máximas de $\pm 1^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del 85%. Ambas condiciones otorgan a los productos un periodo de vida útil aproximado de 12 días contados a partir de la fecha en que fueron recolectados (Melgarejo, 2000).

El almacén tiene una capacidad máxima de 16 palets. Diariamente recepciona 2 palets comprendidos por 33 cajas que a su vez contienen 12 empaques de fresas hidropónicas cada uno.

En la rotación de los alimentos almacenados se debe tener en cuenta la vida útil del producto razón por la cual se aplica el principio PEPS (primero en entrar, primero en salir). Con dicho fin, se identificarán envases, cajas y otros consignando la fecha de ingreso del almacén, la fecha de producción y la fecha de caducidad del producto (Norma sanitaria, 1998).

Los palets almacenados se verifican continuamente a fin de corroborar el buen estado de los productos y que aún sean aptos para el consumo. Los productos que alcanzan la fecha de caducidad son retirados del almacén y de los puntos de venta, en caso de estar siendo comercializados.

13. Distribución y comercialización

La distribución de productos como las frutas debe realizarse de forma rápida y cuidadosa. La fiabilidad y calidad del servicio de transporte es importante a fin de garantizar que los productos no sufran daños.

Es muy importante la limpieza y el buen estado del compartimiento de transporte de carga. Las cajas se disponen de tal manera que no sobresalgan del borde de las tarimas las cuales deben ser de madera y lo suficientemente resistentes como para soportar el peso de la carga. Por otro lado, los contenedores de carga deben llenarse adecuadamente, no de manera excesiva ni insuficiente porque en ambos casos los productos sufren magulladuras.

Las cargas deben asegurarse con correas, listones de madera y/o tabiques para impedir que vibraciones y golpes causen daños a los productos durante el transporte (FDA, 2004).

Los productos deben acomodarse en expositores dentro de los puntos de venta, bajo condiciones de refrigeración a una temperatura entre 0 y 7°C, siendo preferible el rango entre 0 y 4°C (Artés, 2000).

3.5.2 Subproductos

A) Infusiones filtrantes

Las hojas retiradas en la etapa de raleo del proceso de producción principal constituyen la materia prima para la elaboración de este primer subproducto. El proceso comprende las siguientes etapas:

1. Selección

Las hojas pasan por un seleccionador de cinta y rodillos para descartar manualmente a aquellas que son oscuras y viejas puesto que otorgan un sabor amargo. Las hojas jóvenes, intactas y de color verde pasan a la siguiente etapa.

2. Inactivación de enzimas

La actividad de las enzimas induce al cambio de color de las hojas de verde a negro y para que esto no ocurra, se aplica vapor a una temperatura de 40°C.

3. Molienda

Las hojas entran a un molino de rodillos para romper sus paredes celulares y facilitar la extracción durante el proceso de cocción en agua caliente para obtener la infusión propiamente dicha.

4. Secado

Se lleva a cabo en un horno a la temperatura de 93°C para reducir la humedad de las hojas hasta un 4%.

5. Empacado

En esta última etapa se utilizan saquitos hechos de material filtrante los que contienen 1 g de hojas trituradas y secas cada uno. Posteriormente, son etiquetados y colocados en cajas con capacidad para 20 unidades.

B) Mermelada

Las fresas que no pasan la etapa de selección del proceso de producción principal (debido sólo a características físicas de tamaño, color o forma) se utilizan para elaborar mermelada en un proceso descrito a continuación.

1. Pesado y lavado

Primero, se pesan las fresas para determinar rendimientos posteriormente. Luego, ingresar las fresas a una máquina de lavado por aspersión de las mismas características que se describe en el proceso de producción principal.

3. Descorazonado y pulpeado

Los corazones de las fresas se eliminan de forma mecánica para luego tratarlas en una máquina pulpeadora. La pulpa obtenida se pesa y de acuerdo al resultado, se determinan las cantidades del resto de insumos a utilizar. Así, por cada kilogramo de pulpa se requiere entre 800 y 1000 g de azúcar, 2 g de ácido cítrico (para el caso de las fresas que tienen un pH de pulpa de 3.5), almidón modificado que actúa como pectina y conservante sorbato de potasio en cantidades de 0.5 – 1% y 0.05% del peso obtenido, respectivamente.

4. Precocción

La fruta se cuece suavemente hasta que comienza a hervir durante 10 a 15 minutos a una temperatura de 85°C.

5. Cocción

Se realiza en pailas herméticamente cerradas que trabajan a presiones de vacío entre 700 y 740 mmHg y a una temperatura entre 60 y 70°C, lo que permite conservar mejor las características organolépticas de la fruta.

Cuando el volumen del producto se haya reducido un tercio, se agrega el ácido cítrico y la mitad de azúcar revolviendo hasta su completa disolución. Después, la pectina se agrega mezclándola con la otra mitad de azúcar, se remueve lentamente y se deja hervir por un tiempo no mayor a 20 minutos. El punto final de cocción puede determinarse colocando una muestra en un refractómetro y si indica 65°Brix, es el momento de detener la operación y agregar el conservante diluido en una mínima cantidad de agua.

6. Transvase y envasado

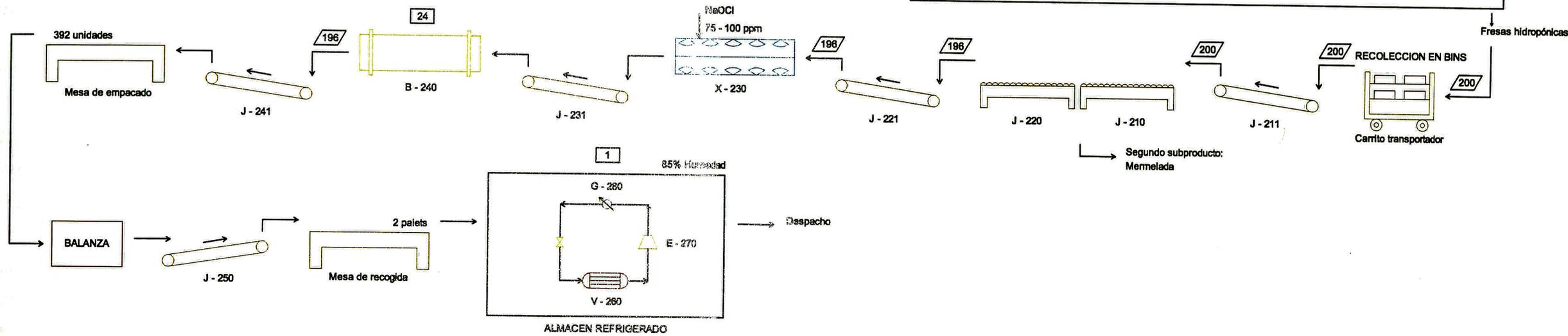
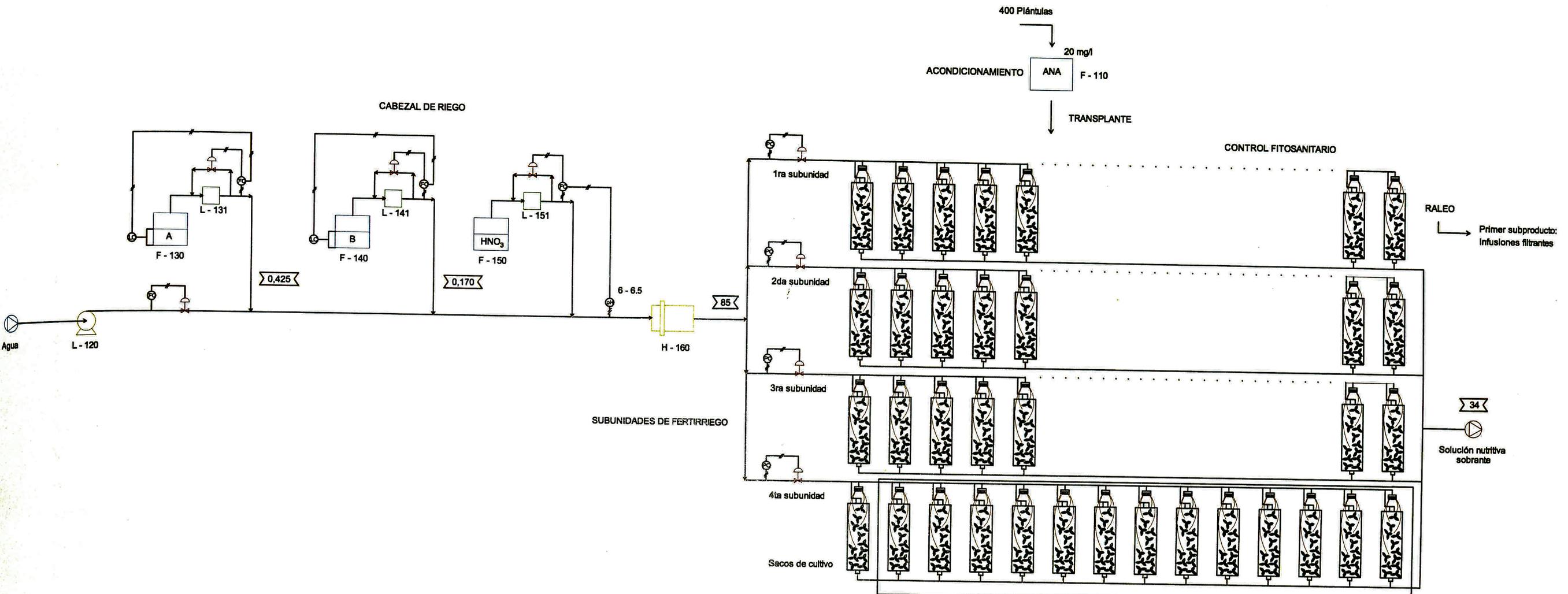
Inmediatamente después de la cocción, el producto se transvasa a un recipiente lo que permite bajar su temperatura hasta 85°C aproximadamente. La mermelada reposa hasta que se forme una fina película superficial momento en el cual, se remueve ligeramente para distribuir los trozos de fruta de manera uniforme. Luego, se llenan los envases de vidrio con el producto.

7. Enfriado

Se aplican chorros de agua fría para conservar la calidad del producto y asegurar la formación de vacío por contracción del mismo dentro de los envases. Estos se etiquetan y almacenan en un lugar limpio, fresco y seco (Coronado, Hilario; 2001).

3.6 Diseño de equipos

La figura 13 muestra el diagrama de proceso diseñado para la producción de fresas hidropónicas a nivel de planta. El diagrama presenta los equipos que constituyen el cabezal de riego y aquellos utilizados en la línea de proceso.



LEYENDA

Masa (kg)	
Temperatura (°C)	
Caudal (l/min)	

DISEÑO DE PLANTA PARA LA PRODUCCION DE FRESAS (Fragaria x ananassa Duch. cv. Chandler) MEDIANTE SISTEMA HIDROPONICO.		
PROYECTO:		
TESIS DE GRADO		
ELABORADO POR:		
DIAZ SOLANO, P.		
ESCALA:	ESCALA DE PLOTEO:	FECHA:
S/E	1:1	FEBRERO

Los equipos se nombran con letras de acuerdo a una codificación que se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 15. Codificación para la designación de los equipos en el diagrama de proceso para la producción de fresas hidropónicas.

Código	Equipo
F	Tanques de almacenamiento
L	Bombas
H	Filtro de mallas
J	Transportadores
X	Lavadora
B	Túnel de secado
E	Condensador
G	Compresor
V	Evaporador

Además de las letras, cada equipo tiene un número que complementa su identificación por lo que es sencillo distinguir entre dos o más equipos del mismo tipo. A continuación se describen detalladamente todos los equipos que intervienen en la producción de fresas mediante sistema hidropónico.

Cabezal de riego

Bomba centrífuga (L - 120)

Transporta el agua necesaria para el riego de los cultivos hidropónicos. Para este caso, se asume una eficiencia de 0,85 y una altura hidrostática de 1,7 m.

Tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Material: acero al carbono y revestimiento de acero inoxidable.

Caudal (m³/h): 5,12

Potencia (kw): 2,84 (3,81 hp)

Tanques de almacenamiento (F - 130, F - 140, F - 150, F - 110)

Se requieren 3 tanques para el depósito de las soluciones concentradas de fertilizantes A y B, además de la solución de HNO₃ 0,5 N. En el diseño, se

considera un factor de seguridad del 30%. Comúnmente estos tipos de tanques están hechos de fibra de vidrio o polietileno. Las especificaciones técnicas para los tanques de las soluciones concentradas de fertilizantes son:

Diámetro (m): 1,61

Altura (m): 1,61

Volumen de almacenamiento (m^3): 2,5

Volumen total de tanque (m^3): 3,25

El tanque de almacenamiento de la solución de ácido nítrico es de menor volumen porque su uso se limita a ajustes de pH. Sus especificaciones técnicas son:

Diámetro (m): 0,75

Altura (m): 0,75

Volumen de almacenamiento (m^3): 0,33

Volumen total del tanque (m^3): 0,43

Además, se requiere un tanque adicional utilizado durante la etapa de acondicionamiento de las plántulas. Este tanque tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Diámetro (m): 0,5

Altura (m): 0,5

Volumen de almacenamiento (m^3): 0,1

Volumen total del tanque (m^3): 0,13

Bombas dosificadoras (L - 131, L - 141, L - 151)

Son necesarias 3, una para cada tanque de almacenamiento. El equipo en sí es una bomba de diafragma que toma un determinado volumen de líquido desde un depósito y lo inyecta a la red. El aire que requiere la bomba para su funcionamiento es proporcionado por un compresor. Para la selección de las bombas deben considerarse los flujos de soluciones que se agregarán en el fertirriego (ver anexo 1). Al trabajar con bajos caudales, podrían considerarse los modelos que ofrece la marca EMEC en su catálogo, con las siguientes especificaciones técnicas:

Para la solución concentrada A:

Tipo de montaje: horizontal

Capacidad máxima (l/h): 60

Contrapresión máxima (kg/cm²): 2,04 (2 bar)

Para la solución concentrada B y solución de ácido nítrico:

Tipo de montaje: horizontal

Capacidad máxima (l/h): 16

Contrapresión máxima (kg/cm²): 2,04 (2 bar)

Filtro de malla (H - 160)

Consta de una carcasa de forma cilíndrica en cuyo interior, hay una malla a manera de cilindro concéntrico y un soporte. La malla debe estar hecha de acero inoxidable y el tamaño de sus orificios debe ser 1/7 del tamaño del orificio del gotero. Es recomendable que el filtro de malla trabaje a una velocidad de agua de 0,4 m/s. El área efectiva del filtro queda establecida como el 30% del área total (Medina, 2000).

Diámetro del gotero (mm): 0,9

Orificio de la malla (mm): $0,9/7 = 0,128$ (128 μ)

Número de Mesh (conforme a tablas): 120

Velocidad de agua (m/s): 0,4

Caudal que atraviesa el filtro por m² de superficie filtrante (m³/hm²): 1440

Para calcular la superficie efectiva, el caudal de riego se incrementa en un 20% como margen de seguridad (Fuentes, 1998).

Caudal de riego (m³/h): $1,2 \times 5,120 = 6,144$

Superficie efectiva (m²): $6,144/1440 = 0,0043$

Superficie total (m²): $0,0043/0,3 = 0,014$

Red de distribución

Goteros

Los goteros que se utilizan son los denominados de tipo simple es decir, aquellos que tienen un solo orificio de salida. Este tipo de emisores están hechos de polietileno flexible de baja densidad. A cada saco de cultivo le corresponden 4 goteros, haciendo un total de 1 280 distribuidos en los 320 sacos de cultivo del invernadero. Sus especificaciones técnicas de son las siguientes:

Diámetro de orificio (mm): 0,9

Diámetro total (mm): 12

Caudal (l/h): 4

Microtubos

Son tuberías de polietileno que normalmente vienen de fábrica en rollos de 100 m de longitud. Cada saco de cultivo dispone de un soporte con salida para 4 microtubos y que a su vez está conectado a una tubería terciaria. En el extremo de cada microtubo se encuentra un gotero insertado al saco de cultivo. Para la selección de los microtubos sólo es necesario conocer el diámetro que debe ser igual al del gotero es decir, 12 mm.

Tubería primaria, secundaria y terciaria

La tubería primaria o principal es aquella que sale directamente del cabezal de riego y de la cual derivan 4 tuberías secundarias correspondientes a las 4 subunidades de fertirriego. De cada tubería secundaria derivan 4 tuberías terciarias que conducen la solución nutritiva hacia los microtubos y goteros (ver figura 13). Para la selección de las tuberías es necesario conocer los diámetros requeridos, así para la tubería primaria se elige un diámetro de 6,35 cm (2½ in), para las tuberías secundarias el diámetro es de 2,54 cm (1 in) y para las tuberías terciarias corresponde un diámetro de 1,27 cm (½ in). Para todos los casos anteriores, el material elegido es PVC (Medina, 2000).

Línea de proceso

Seleccionadores (J - 210, J - 220)

En la selección de frutas y hortalizas, el denominado seleccionador de cinta y rodillo es el elegido por lo seguro y simple de su funcionamiento. Es una cinta compuesta por rodillos giratorios transversales hechos de tubos de PVC, acero o aluminio y que permiten ver la superficie total de los productos mientras son transportados. La potencia del motor suele ser baja (0,5 hp) al igual que la velocidad de transporte (3m/min) para facilitar la eliminación de frutos defectuosos. Los seleccionadores también son denominados mesas de tría y en conjunto forman el llamado sistema de tría (García, Barreiro; 2006).

En este caso, el sistema de tría está compuesto por 2 seleccionadores en serie. Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos son las siguientes:

Longitud de cinta (m): 2

Ancho de cinta (cm): 60,96 (24 in)

Velocidad de transporte (m/min): 3

Potencia del motor (kw): 0,37 (0,5 hp)

Lavadora (X - 230)

Para productos delicados como las fresas, no es aconsejable el lavado por inmersión en agua. Lo recomendable es el uso de una máquina lavadora por aspersión. En este tipo de máquina, el producto es transportado por una cinta cubierta por un chorro de agua proveniente de una serie de boquillas pulverizadoras situadas encima y debajo de la cinta. El ángulo de apertura de las boquillas de aspersión o también llamado ángulo de abanico es de 40° para este tipo de operación. El agua corre luego en flujo contracorriente a través de la instalación, la que además cuenta con un sistema de recirculación en circuito cerrado (García, Barreiro; 2006).

Para la elección del equipo, se consideran las siguientes especificaciones técnicas:

Material: acero inoxidable

Cantidad de agua a utilizar: 3-5 l/kg de producto

Longitud de cinta transportadora (m): 3

Capacidad de lavado: 40 kg/7 min

Potencia del motor (kw): 1 (1,34 hp)

Túnel de secado (B – 240)

Es el equipo más recomendado para el aireado de frutas y hortalizas, por su simplicidad y versatilidad. Consta de un recinto cerrado junto con un sistema de calefacción y de impulsión de aire, siendo la convección el mecanismo principal implicado en la transferencia de calor (Sancho, Raventós; 2004).

En su interior, el aire entra en contacto con un filtro y es calentado por una resistencia eléctrica para luego ser arrastrado por un ventilador hacia el interior del sistema en flujo contracorriente. El aire, después de entrar en contacto con los productos, es parcialmente eliminado del túnel y parcialmente recirculado (García, Raventós; 2006).

Las especificaciones técnicas del equipo son las siguientes:

Material: acero inoxidable

Velocidad del aire (m/s): 3-5

Dimensiones del filtro (cm): 60,96 × 60,96 × 5,08 (24×24×2 in)

Capacidad: 40 kg/3 min

Potencia del motor del ventilador (kw): 0,75 (1 hp)

Potencia de la resistencia eléctrica (kw): 2

Cintas transportadoras (J - 211, J - 221, J - 231, J - 241, J - 250)

Sirven para introducir los productos como alimentación a la línea de proceso y además los conduce de una etapa a la siguiente. Para el diseño, se calcula la potencia del motor de acuerdo a la siguiente ecuación (Ulrich, 1992):

Potencia (kw): $0,006 (m \text{ (kg/s)})^{0,82} \times L \text{ (m)}$

Potencia (kw): $0,006 (5)^{0,82}(2) = 0,045 (0,06 \text{ hp})$

Almacén refrigerado

Las frutas frescas se guardan en almacenes refrigerados donde tanto la temperatura como la humedad relativa deben mantenerse en un valor óptimo para los productos. La baja temperatura del almacén frenará las velocidades de maduración y senescencia (Arthey, Arshurst; 1997).

Para el diseño del almacén refrigerado se realiza un balance de energía a fin de conocer los requerimientos totales de frío para los productos y a partir de estos cálculos y otras consideraciones (ver anexo 4), pueden determinarse las especificaciones técnicas del compresor (G - 280) mostradas a continuación:

Material: acero inoxidable

Potencia frigorífica (kJ/h): 18 964,760

Potencia teórica del compresor (kW): 1,068

Potencia real del compresor (kW): 1,335

Por otro lado, la distribución de palets en el almacén está hecha en base a las siguientes consideraciones:

Dimensiones de los empaques (cm): $9 \times 12 \times 18,3$

Dimensiones de las cajas (cm): $26 \times 38 \times 30$

Dimensiones de los palets (cm): $100 \times 120 \times 60$

Dimensiones de las tarimas (cm): $100 \times 120 \times 50$

Capacidad de cada empaque (kg): 0,5

Número de empaques por caja: 12

Número de palets: 16

Masa total de producto en el almacén: 1 568 kg

Dimensiones del almacén (m): $6,5 \times 8,8 \times 2,2$

Superficie (m^2): 57,2

Volumen (m^3): 125,84

Cabe destacar que el área de almacenamiento debe permanecer seca, limpia y ventilada. El acopio de los alimentos debe dejar un espacio libre de 50 cm entre hileras y 50 cm desde la pared para permitir la circulación de aire (Norma sanitaria, 1998).

En la figura 14 se muestra la distribución de los palets en el almacén refrigerado, tomando en cuenta todas las consideraciones citadas anteriormente.

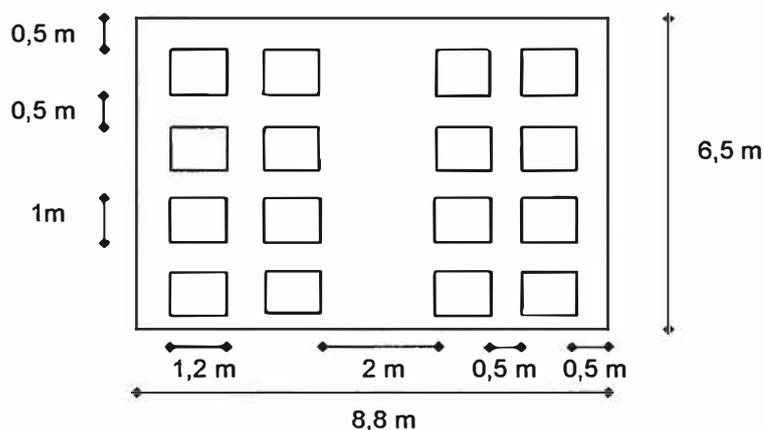


Figura 14. Distribución de palets en el almacén.

3.7 Instrumentación y control

En el sector agroalimentario, los sistemas de control se centran en la consecución de los niveles de calidad y salubridad requeridos en el producto final. A esto se une la labor de expertos en la definición y evaluación de las características deseables en el producto (Barreiro, Navas; 2003).

Control del riego

El uso de soportes inertes en cultivos hidropónicos hace que la aplicación del fertirriego tenga necesariamente una frecuencia diaria alta con un tiempo de aplicación corto, resultando conveniente su automatización. Es la propia interacción del sistema soporte inerte - planta - atmósfera que condiciona decisivamente la respuesta de la frecuencia de riego.

Existen diversos métodos para el control del riego utilizando sensores sobre una medida directa o indirecta del estado hídrico del soporte inerte, planta o clima. Los métodos más confiables son aquellos basados en el estado hídrico del soporte inerte, entre los cuales destaca la denominada bandeja de demanda.

La bandeja de demanda es un dispositivo que consiste en un recipiente, a manera de bandeja, sobre el cual se coloca una porción de soporte inerte donde crecerán un pequeño grupo de plantas representativas del dosel vegetal. Adosado lateralmente a ésta, se encuentra un pequeño depósito en donde se recoge el volumen de riego drenado por el soporte inerte y en el que se ubican un par de electrodos en contacto con el mismo. Al establecer la absorción por el sistema radicular y a su vez existiendo la continuidad hídrica entre éste y el soporte inerte, baja el nivel de líquido en el depósito. Cuando los electrodos del sensor de nivel quedan sin contacto, se cierra un circuito que envía la señal de activación al cabezal de riego (Fernández, Hernández, Fernández; 2003).

La figura 15 muestra el nivel del líquido drenado con respecto a los electrodos del sensor de nivel después del riego.

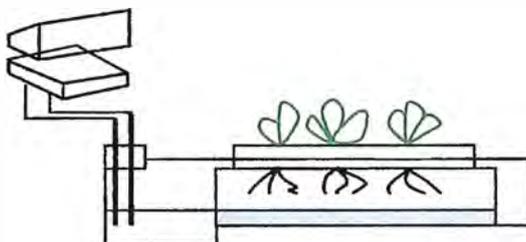


Figura 15. Condiciones de la bandeja de demanda después del fertirriego.

En la figura 16 se observa que los electrodos del sensor de nivel ya no hacen contacto con el líquido drenado, lo cual da inicio a un nuevo fertirriego en el sistema hidropónico.

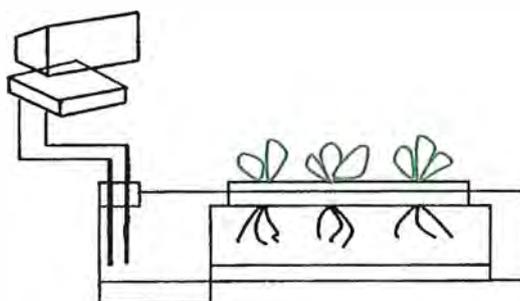


Figura 16. Condiciones en el momento que el sistema requiere fertirriego.

El invernadero hidropónico requiere de la instalación de una bandeja de entrada para la atención de las 4 subunidades de fertirriego. Por seguridad, puede combinarse el sistema con un programador de tiempo para establecer riegos fijos cada cierto intervalo en el caso de que el mecanismo de la bandeja de demanda no lo active.

Control de flujo de alimentación

El flujo volumétrico de agua que ingresa como alimentación al cabezal de riego, se controla con una estrategia feedback. En este caso, la variable manipulada es el mismo flujo de agua. El lazo de control se ubica en la tubería principal, antes de que la inyección de las soluciones concentradas de fertilizantes se lleve a cabo.

Control de la inyección de las soluciones concentradas de fertilizantes

Utiliza sensores de nivel en los tanques que contienen las soluciones concentradas de fertilizantes y sensores de flujo, en la inyección de las mismas a la red en los valores previamente establecidos y de acuerdo a los requerimientos del invernadero hidropónico (ver anexo 1).

Se aplica una estrategia de control de tipo cascada con lazo LC-FC, en el cual el nivel de solución concentrada de fertilizantes constituye la variable maestra y el flujo, la variable esclavo.

Control de pH

Un sensor de pH en contacto con la solución nutritiva realiza la lectura a fin de verificar que el valor de pH esté dentro del rango 6,0 a 6,5, aceptable para el cultivo de fresas hidropónicas. Esta lectura se hace en la tubería principal, antes de que la solución nutritiva pase por el filtro de mallas para hacer los ajustes en caso de ser necesario. La estrategia de control a emplear es del tipo cascada, siendo el pH la variable principal o maestro y el flujo de solución de ácido nítrico, la variable secundaria o esclavo.

Control en la red de distribución

Se dispone de 4 lazos de control tipo feedback, cada uno ubicado en las tuberías secundarias previo a que la solución nutritiva ingrese a las subunidades de

fertirriego. La variable de control es la presión mientras que el flujo de solución nutritiva es la variable manipulada.

Es posible disponer de sensores en otras etapas del proceso. Por ejemplo, en el lavado, resulta útil un sensor de flujo de agua. En la etapa de aireado, pueden colocarse sensores de temperatura al inicio, en la parte central y al final del túnel (Moreno, Baeta, Pizá, Tornero; 2005).

La industria agroalimentaria emplea mayoritariamente el modo de control PID para mantener los niveles de consigna preestablecidos (Barreiro, Navas; 2003).

3.8 Distribución de planta

La planta de producción de fresas hidropónicas sigue un formato de distribución por producto es decir, de acuerdo con los pasos progresivos mediante los cuales se elabora el producto.

En primer lugar, es importante conocer cuáles son los departamentos que comprende una planta de producción para poder establecer las relaciones que existen entre ellos y lograr la distribución óptima de los mismos.

Para una planta de producción de fresas hidropónicas, se han determinado 13 departamentos teniendo en cuenta los requerimientos del sistema hidropónico y de la línea de proceso de los productos.

En el cuadro 16 se presentan los departamentos y sus respectivas áreas.

Conociendo los departamentos que comprende la planta de producción, se realiza un análisis de proximidades que implica la elaboración de una tabla relacional a fin de identificar las relaciones o vínculos entre ellos. Posteriormente se elabora un diagrama de relaciones y la distribución final. Los cuadros mostrados a continuación, muestran la simbología utilizada para la construcción de la tabla relacional.

En el cuadro 17 se indica la definición de las relaciones entre los departamentos.

Cuadro 16. Departamentos y áreas.

Departamento	Área (m ²)
1. Recepción de la materia prima	46
2. Sala de acondicionamiento	46
3. Depósito de productos químicos	16,5
4. Depósito de herramientas	19,25
5. Depósito de fertilizantes	35,75
6. Cabezal de riego	58,5
7. Invernadero	480
8. Selección	64
9. Lavado y desinfección	64
10. Aireado	57,6
11. Empaque y pesado	39,2
12. Almacén	57,2
13. Lugar de despacho	52

Cuadro 17. Definición de las relaciones entre departamentos.

Clasificación	Definición de la relación	Color	Símbolo
A	Absolutamente necesario	Rojo	
E	Especialmente importante	Amarillo	
I	Importante	Verde	
O	Normal u ordinario	Azul	
U	Sin importancia		
X	No deseable	Pardo	

El cuadro 18 muestra el código de justificación utilizado para la elaboración de la tabla relacional.

Cuadro 18. Código de justificación de la tabla relacional.

Justificación	
Código	Razón para la relación
1	Movimiento de materiales
2	Facilidad de supervisión
3	Limpieza
4	Facilidad de transporte
5	No relacionados

Con la información de los cuadros anteriores y con conocimiento de la secuencia del proceso se obtiene la tabla relacional mostrada como figura 17.

1. Recepción de la materia prima	A 2
2. Sala de acondicionamiento	1 U 3 4
3. Depósito de productos químicos	1 U 5 U 6
4. Depósito de herramientas	1 X 5 U 5 U 7
5. Depósito de fertilizantes	U 3 U 5 E 5 U 8
6. Cabezal de riego	5 U 5 X 4 U 5 U 9
7. Invernadero	E 5 E 3 X 5 U 5 U 10
8. Selección	2 1 1 U 3 X 5 U 5 U 11
9. Lavado y desinfección	A 1 X 5 U 3 X 5 U 5 U 12
10. Aireado	2 X 3 X 5 U 3 X 5 U 5 U 13
11. Empaque y pesado	E 3 X 3 X 5 U 3 X 5 U 5 U 1
12. Almacén	4 U 3 X 3 X 5 U 3 X 5 U 2
13. Lugar de despacho	A 5 U 3 X 3 X 5 U 3 2
	2 U 5 U 3 X 3 X 5 U 3
	A 5 O 5 U 3 X 3 4
	2 O 2 U 5 U 3 5
	A 2 U 5 U 5 6
	2 U 5 U 5 7
	A 5 U 5 8
	1 O 5 9
	E 4 10
	4 11
	13 12

Figura 17. Tabla relacional.

A continuación, en la figura 18 se muestran las relaciones entre departamentos (las más significativas), elaborado a partir de la tabla relacional y de la cual deriva finalmente la distribución de la planta de producción de fresas hidropónicas que se muestra como figura 19, en donde además se presentan las dimensiones de los departamentos.

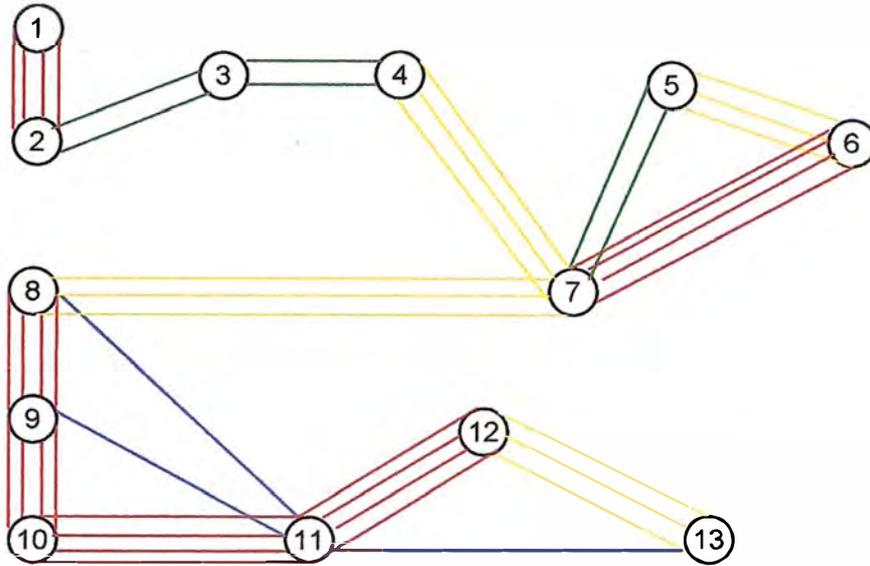


Figura 18. Diagrama de relaciones.

11,5 × 8 m Recepción de la materia prima	Productos químicos	Herramientas	6,5 × 5,5 m Depósito de fertilizantes	6,5 × 9 m Cabezal de riego
Acondicionamiento	24 × 20 m Invernadero hidropónico			
8 × 8 m Selecionadores				
8 × 8 m Lavadora por aspersion				
7,2 × 8 m Túnel de secado				

Figura 19. Distribución final de la planta de producción de fresas hidropónicas.

3.9 Diagrama de Gantt

A fin de tener disponible la programación de la producción se utiliza el diagrama de Gantt. Las actividades se planifican en función del tiempo y es posible saber acerca del estado de avance de los lotes de pedido. Asimismo, ayuda a determinar el tiempo total requerido para la ejecución de todas las tareas.

La gráfica de Gantt muestra una escala horizontal de unidades de tiempo donde cada actividad se representa mediante un bloque, cuya longitud indica la duración de la tarea y su posición en el diagrama indica el inicio y término.

Para este caso, las etapas consideradas son aquellas que se llevan a cabo en un día normal de trabajo, el cual empieza con la recolección puesto que las etapas anteriores son realizadas con mucha anticipación (recepción de la materia prima, acondicionamiento, transplante). La etapa de fertirrigación se realiza de manera automática e independiente, el raleo se lleva a cabo sólo una vez por semana y el control fitosanitario se realiza a horas de la tarde (casi al anochecer), por lo que no se han considerado para efectos de la elaboración de la gráfica.

En el cuadro 19 se muestran los tiempos de duración de las etapas del proceso, desde la recolección hasta el empacado y pesado.

Cuadro 19. Tiempos de duración de las etapas del proceso de producción de fresas hidropónicas.

Operaciones	Tiempo (min)
Recolección	60
Selección	10
Lavado y desinfección	10
Aireado	5
Empacado y pesado	20

La figura 20 muestra el diagrama de Gantt elaborado a partir del cuadro anterior.

Figura 20. Diagrama de Gantt.

Id	Nombre de la tarea	Duración	Hora 1				Hora 2			
			0	15	30	45	0	15	30	45
1	Recolección	60 min	■							
2	Selección	10 min					■			
3	Lavado y desinfección	10 min					■			
4	Aireado	5 min					■			
5	Empacado y pesado	20 min					■			

A partir del diagrama de Gantt se deduce que el tiempo de operación estimado a partir de la etapa de recolección hasta el empaçado y pesado es de 1 hora y 45 minutos.

3.10 Costo de producción

La producción de las fresas hidropónicas lleva asociada una serie de costos tales como el costo de la materia prima (plántulas de fresa), los insumos, los servicios, la mano de obra, los empaques, etc.

En el cuadro 20 se indican todos los costos que involucra la producción de un lote de fresas hidropónicas, correspondiente a 392 unidades obtenidas a partir de 200 kg.

Las cantidades de insumos indicadas en el cuadro, tanto de nutrientes como de soporte inerte, son las que se utilizan para el fertirriego de 13 sacos de cultivo que albergan a 400 plantas de fresa de las que se obtienen los 200 kg de productos. El agua de servicios incluye el agua de fertirriego y el agua que interviene en el lavado de los productos. Para el control fitosanitario sólo se necesita una trampa para insectos puesto que protege el área correspondiente a 13 sacos de cultivo, y que se complementa con la aplicación de 1 l de repelente natural hecho con extractos de plantas biocidas.

Cuadro 20. Costo de producción de un lote de fresas hidropónicas.

Costos	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
Costos directos				
Materia prima				
• Plántulas de fresa	400		0,25	100
Insumos				
• Nutrientes	0,48	l	7,08	3,39
• Cascarilla de arroz	52,5	kg	0,05	2,63
Servicios				
• Agua de fertirriego	0,07	m ³	1,30	0,09
• Agua de proceso	0,59	m ³	1,30	0,77
• Energía eléctrica	67,04	kw-h	1,50	100,56
Mano de obra	170	h-H	2,75	467,5
Empaques				
• Envases Clamshell	392		0,35	137,2
• Cajas	33		0,26	8,58
Otros				
• Etiquetas	392		0,15	58,8
• NaOCl (lejía)	3	l	3,40	10,2
Costos indirectos				
• Supervisión	40	h-H	4,25	170
• Mantenimiento (5% costo producción)				52,99
Costo total de producción por lote (S/.)lote)				1 112,71
Costo de producción unitario (S/./envase × 500 g)				2,84
Costo de producción total (S/./kg)				5,68

El costo de producción por lote, que es equivalente a la producción diaria, es de S/. 1 112,71 siendo el costo unitario del producto final es decir, de un empaque de 0,5 kg de fresas hidropónicas de S/. 2,84 y el costo de producción total por un kilogramo de productos es de S/. 5,68.

3.11 Análisis de mercado

Patrones de consumo

Hoy en día, la demanda por productos frescos y naturales es mayor que en años anteriores. Esto se debe a que las personas tienen dietas más saludables al consumir alimentos ricos en vitaminas y minerales es decir, con mayor valor nutricional. En la actualidad, los consumidores demandan productos con valor agregado que no sólo se limita al carácter nutricional sino a la suma de otros atributos tales como la facilidad de uso, el que estén listos para su consumo y la presentación en porciones pequeñas.

Competencia en el mercado

La competencia está conformada por 2 grupos: los productores de fresas tradicionales y los otros productores de fresas hidropónicas. Al encontrar productos provenientes de estos grupos en el mercado, la diferencia más resaltante está en el precio, puesto que la tendencia de los productos hidropónicos es tener un precio más elevado respecto a los productos tradicionales.

En el cuadro 21, se indican los precios de venta de fresas que comúnmente se encuentran en el mercado.

Cuadro 21. Precios de fresas en el mercado (incluido IGV).

Precio en Nuevos Soles (S/.) por 0,5 kg de fresas	
Tradicional	Hidropónica
1,24	6,19

En la competencia entre productos hidropónicos, la diferencia radica en el precio. Con los productos tradicionales, la diferencia se basa en la calidad. Por lo tanto, la estrategia para ingresar y competir en el mercado es la diferenciación del producto, dando énfasis a la alta calidad y beneficios que ofrece.

Incursión en el mercado

Una estrategia basada en la diferenciación es la mejor alternativa para incursionar en el mercado, puesto que se trata de un producto verdaderamente especial por las siguientes razones:

- Es un producto más saludable que otras alternativas que ofrece el mercado. En su cultivo no se utilizan pesticidas ni fungicidas.
- Tiene alto valor nutricional porque es cultivado hasta la madurez.
- Es producido en un ambiente seguro como lo es un invernadero y por lo tanto, no está sometido a condiciones estresantes.
- Presenta mejor aspecto porque es cuidadosamente cultivado y seleccionado.
- Es un producto más fresco. El tiempo que transcurre entre su recolección y la comercialización es corto.
- Está limpio y listo para el consumo
- Su presentación es en pequeñas porciones y con empaques fáciles de usar.

Todas estas razones en conjunto conforman el valor agregado que se brinda a los consumidores y que marca la diferencia con otros productos competidores.

Segmentación del mercado local

El mercado se encuentra dividido en 2 grupos identificados como los clientes primarios y los clientes secundarios. Los clientes primarios son los consumidores directos a los cuales se llega a través de los supermercados. Los clientes secundarios son otros establecimientos a los cuales pueden venderse los productos, llegando así de manera indirecta al consumidor.

Clientes primarios

Las fresas hidropónicas tienen como mercado meta a los supermercados. El elevado flujo de público que accede a estos lugares, los convierte en ideales para dar a conocer los productos a un mayor número de personas.

Los productos están dirigidos a los consumidores de todas las edades que tengan como hábito el consumo de frutas, como parte de una alimentación saludable con productos de alta calidad.

Clientes secundarios

Es importante tener varios clientes para distribuir los productos. Esto asegura que si se pierde un cliente, no traerá una caída relevante de los ingresos. Además de los consumidores directos a través de los supermercados, los

productos podrían venderse a cadenas de restaurantes y bodegas especializadas.

Mercado internacional

Dentro del comercio internacional de frutas, las fresas pertenecen al grupo denominado berries o también conocido como frutas finas que se caracterizan por su pequeño tamaño y atractivo color. Están catalogados como productos delicatessen o exquisiteces y gozan de una particular aceptación en países desarrollados donde los consumidores suelen pagar elevados precios por ellos.

De acuerdo a la Asociación de Exportadores (ADEX) la fresa peruana es uno de los berries de mayor difusión y consumo en los mercados internacionales. La exportación de este producto presenta un fuerte incremento desde sus inicios en el año 2003 siendo España, Estados Unidos, Holanda y Francia, los principales destinos.

Si bien la exportación de fresas congeladas representa alrededor del 90% del total de esta fruta, cada año es mayor la aceptación de fresas en fresco en el exterior por lo tanto producir para exportar es una oportunidad de desarrollo y expansión de los negocios de una empresa.

Por su alta calidad, las fresas hidropónicas cumplen con los estándares requeridos para la exportación. La cantidad de productos a exportar así como la cantidad destinada al mercado local está sujeta a la demanda de los mismos.

3.12 Análisis comercial

Siempre debe hacerse hincapié en la comercialización aún si los niveles de ventas son considerados excelentes. Los competidores siempre estarán planeando cómo ser más eficientes por lo tanto, es necesario reaccionar tan rápido como sea posible ante cualquier situación de comercialización agresiva por parte de ellos.

La publicidad promueve la comercialización y es el medio directo para llegar al consumidor. Una manera simple y eficiente de hacerlo es adjuntando información al producto. Esta información puede ser una receta desglosable o un pequeño tríptico, explicando los beneficios de la hidroponía y que el producto ofrecido es único en su género. Unas líneas podrían ser dedicadas a contar brevemente la historia de la compañía a fin de personalizarla.

Comercio local

La promoción de ventas puede llevarse a cabo como un trabajo en conjunto con los supermercados, puesto que cada uno de ellos tiene diferentes ideas sobre cómo promocionar los productos en sus establecimientos y apoyarán aquellas que han resultado exitosas en otras ocasiones.

Las fresas hidropónicas pueden venderse a precios más altos que la competencia. Por su alta calidad y beneficios, el consumidor no lo encontrará caro y lo comprará.

Comercio internacional

Un aspecto importante a considerar en la comercialización de los productos en el exterior, además del nivel de ventas, es el cumplimiento de ciertas normas que varían de acuerdo al lugar de destino.

Por ejemplo, en Europa existe la norma FFV-32 CEPE/ONU referente al marketing y control de calidad comercial de las fresas. En Estados Unidos, el control de productos en fresco provenientes de otros países es manejado por APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service – Servicio de Inspección de Salud de Animales y Plantas) cuyo propósito es prevenir la entrada de plagas y enfermedades.

En nuestro país, DIGESA (Dirección General de Salud) es la entidad encargada de emitir la documentación requerida para la exportación de productos alimenticios, la cual comprende la constancia de habilitación sanitaria, el certificado de libre comercialización, el certificado sanitario oficial de exportación, el informe de inspección y el informe de ensayo (análisis fisicoquímico y microbiológico de muestras tomadas del lote de productos a exportar).

3.13 Evaluación económica

Incluye la determinación del Estado de Ganancias y Pérdidas y del Flujo de Caja, los que se basan en información sobre la inversión en capital fijo, la inversión en capital de trabajo, los volúmenes de ventas, el precio de venta y el costo de producción a lo largo del horizonte de planeamiento.

El cuadro 22 muestra el valor de la inversión en capital fijo determinada mediante el método de los factores de costo, que tiene como punto de partida el costo de los equipos.

Cuadro 22. Inversión en capital fijo.

Rubros	Valor típico (%)	Valor (S/.)
Costos directos		
1. Costo del equipo	100	30 448
2. Instalación	45	13 701,6
3. Instrumentación	13	3 958,24
4. Tubería y accesorios	40	12 179,2
5. Instalaciones eléctricas	9	2 740,32
6. Edificios	25	7 612
7. Delimitaciones	13	3 958,24
8. Facilidades y servicios	56	17 050,88
9. Terreno	4	1 217,92
Total directos		92 866,4
Costos indirectos		
10. Supervisión e ingeniería	35	10 656,8
11. Costos de construcción	40	12 179,2
12. Utilidad de contratista	17	5 176,16
13. Contingencias	43	13 092,64
Total indirectos		41 104,8
Total Inversión en capital fijo		133 971,2
Total Inversión en capital fijo (miles de S/.)		133,97

En el cuadro 23 se muestra la información del proyecto requerida para el cálculo de la inversión en capital de trabajo.

Cuadro 23. Información del proyecto.

Rubros	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (empaques/día)	380	380	375	370	385	380	380	375	370	385
Precio de venta (S/./empaque)	5,5	5,6	5,7	5,5	5,6	5,5	5,6	5,7	5,5	5,6
Costo de producción (S/./empaque)	2,85	2,95	3,05	2,85	2,95	2,85	2,95	3,05	2,85	2,95

Además, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Inventario de productos terminados: 3 días de costo de producción.
- Cuentas por cobrar: 10 días de ventas.
- Cuentas por pagar: 2 días de costo de producción.
- Cobros adelantados: 3 días de ventas.

El cuadro 24 presenta la inversión en capital de trabajo expresada en nuevos soles del año 0 para todo el horizonte de planeamiento.

El cuadro 25 corresponde al Estado de Ganancias y Pérdidas para el horizonte de planeamiento y está expresado en miles de nuevos soles del año 0. Para su determinación se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Los gastos administrativos y gastos de ventas son el 1% y 0,5% de los ingresos, respectivamente.
- El impuesto a la renta es el 30% de la renta neta.
- La reserva legal y la utilidad retenida son el 10% y 1% de la utilidad neta, respectivamente.

En el cuadro 26 se muestra el Flujo de Caja Proyectado determinado para el horizonte de planeamiento en miles de nuevos soles del año 0.

Cuadro 24. Inversión en capital de trabajo (Nuevos Soles del año 0).

Rubros	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO CIRCULANTE										
• Inv. prod. terminado										
Sl. /empaque	2,85	2,95	3,05	2,85	2,95	2,85	2,95	3,05	2,85	2,95
empaques/día	380	380	375	370	385	380	380	375	370	385
Sl. / año	3 249	3 363	3 431,25	3 163,5	3 407,25	3 249	3 363	3 431,25	3 163,5	3 407,25
• Cuentas por cobrar										
Sl. /empaque	5,5	5,6	5,7	5,5	5,6	5,5	5,6	5,7	5,5	5,6
empaques/día	380	380	375	370	385	380	380	375	370	385
Sl. / año	20 900	21 280	21 375	20 350	21 560	20 900	21 280	21 375	20 350	21 560
Total Activo Circulante	24 149	24 643	24 806,25	23 513,5	24 967,25	24 149	24 643	24 806,25	23 513,5	24 967,25
PASIVO CIRCULANTE										
• Cuentas por pagar										
Sl. /empaque	2,85	2,95	3,05	2,85	2,95	2,85	2,95	3,05	2,85	2,95
empaques/día	380	380	375	370	385	380	380	375	370	385
Sl. / año	2 166	2 242	2 287,5	2 109	2 271,5	2 166	2 242	2 287,5	2 109	2 271,5
• Cobros adelantados										
Sl. /empaque	5,5	5,6	5,7	5,5	5,6	5,5	5,6	5,7	5,5	5,6
empaques/día	380	380	375	370	385	380	380	375	370	385
Sl. / año	6 270	6 384	6 412,5	6 105	6 468	6 270	6 384	6 412,5	6 105	6 468
Total Pasivo Circulante	8 436	8 626	8 700	8 214	8 739,5	8 436	8 626	8 700	8 214	8 739,5
CAPITAL DE TRABAJO (Sl./año)	15 713	16 017	16 106,25	15 299,5	16 227,75	15 713	16 017	16 106,25	15 299,5	16 227,75
Δ CAP. DE TRABAJO	15 713	304	89,25	(716,75)	928,25	(514,75)	304	89,25	(716,75)	(15 299,5)

Cuadro 25. Estado de Ganancias y Pérdidas (miles de Nuevos Soles del año 0).

Rubros	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS	376,2	383,04	384,75	366,3	388,08	376,2	383,04	384,75	366,3	388,08
EGRESOS										
G. de producción	201,23	208,15	215,21	201,23	208,15	201,23	208,15	215,21	201,23	208,15
UTILIDAD BRUTA	174,97	174,89	169,54	165,07	179,93	174,97	174,89	169,54	165,07	179,93
G. Administrativos	3,76	3,83	3,85	3,67	3,88	3,76	3,83	3,85	3,67	3,88
G. de ventas	1,88	1,92	1,92	1,83	1,94	1,88	1,92	1,92	1,83	1,94
UTILIDAD DE OPERACIÓN	169,33	169,14	163,77	159,57	174,11	169,33	169,14	163,77	159,57	174,11
Depreciación	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
RENTA NETA	155,93	155,74	150,37	146,17	160,71	155,93	155,74	150,37	146,17	160,71
Impuesto a la renta	46,78	46,72	45,11	43,85	48,21	46,78	46,72	45,11	43,85	48,21
UTILIDAD NETA	109,15	109,02	105,26	102,32	112,5	109,15	109,02	105,26	102,32	112,5
Reserva legal	10,92	10,9	10,5	10,23	11,25	10,92	10,9	10,5	10,23	11,25
Utilidad retenida	1,09	1,09	1,05	1,02	1,13	1,09	1,09	1,05	1,02	1,13

Cuadro 26. Flujo de Caja Proyectado (miles de Nuevos Soles del año 0).

Rubros	Años											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
INVERSIONES												
Cap. fijo propio	133,97											
Δ Cap. trabajo		15,713	0,304	0,089	(0,717)	0,928	(0,514)	0,304	0,089	(0,717)	(15,3)	
Total inv.	133,97	15,713	0,304	0,089	(0,717)	0,928	(0,514)	0,304	0,089	(0,717)	(15,3)	
UTILIDAD NETA		109,15	109,02	105,26	102,32	112,5	109,15	109,02	105,26	102,32	112,5	
DEPRECIACION		13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	
FLUJO NETO DE FONDOS	(133,97)	106,84	122,12	118,57	116,44	124,97	123,06	122,12	118,57	116,44	141,2	

Criterios de evaluación

Para medir la rentabilidad, se determinan el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto acumulado (VPNA) y el período de recuero. Todos ellos están en función del flujo neto de fondos (FNF).

En el cuadro 27 se muestran los valores del flujo neto de fondos, valor presente neto y valor presente neto acumulado para el horizonte de planeamiento.

Cuadro 27. Criterios de evaluación.

Rubro	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FNF	(133,97)	106,84	122,12	118,57	116,44	124,97	123,06	122,12	118,57	116,44	141,2
VPN	(133,97)	92,90	92,34	77,96	66,57	62,13	53,20	45,91	38,76	33,09	34,91
VPNA	(133,97)	(41,07)	51,27	129,24	195,81	257,94	311,15	357,06	395,82	428,92	463,82

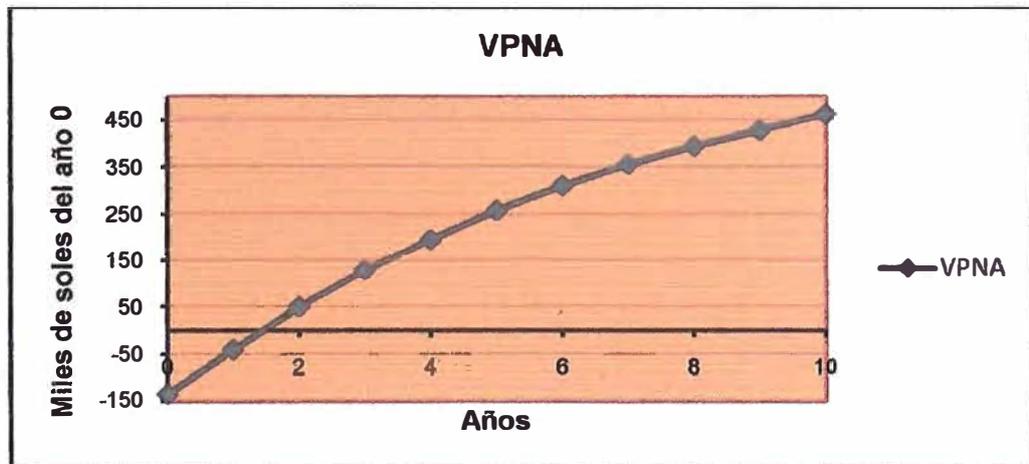
Valor presente neto (VPN) = 463,82

Tasa interna de retorno (TIR) = 27,63%

Tiempo de recuero: 1,5 años.

La figura 21 representa el valor presente neto acumulado y de la cual se deduce el tiempo de recuero.

Figura 21. Valor presente neto acumulado y período de recuero.



CONCLUSIONES

- El sistema hidropónico es una alternativa viable que permite optimizar la producción de fresas. El resultado es una producción homogénea, de alta calidad y mayor rendimiento en comparación con el sistema tradicional de cultivo, que además necesita de grandes áreas de terreno fértil para su desarrollo.
- El sistema de fertirrigación permite otorgar a los cultivos la cantidad exacta de agua y nutrientes que necesitan para su completo desarrollo. La programación de alta frecuencia del riego que implica el uso de este sistema, garantiza que las plantas no presenten deficiencias de minerales que después deban ser compensadas con tratamientos adicionales.
- En la producción de fresas hidropónicas, todas las etapas del proceso constituyen un sistema completamente integrado con la finalidad de mantener la calidad de los productos.
- El principal objetivo de la gestión de la calidad que implica la aplicación de programas como Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y principios del sistema HACCP, es garantizar la seguridad del consumidor al ofrecer un producto con valor agregado y listo para su consumo.
- El costo de cada unidad de producción de fresas hidropónicas es competitivo con sus similares en el mercado por lo tanto, su comercialización es rentable y puede generar ingresos elevados.

RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones periódicas a las plantas de fresa (análisis foliar y análisis de savia) para tener la seguridad de que están desarrollándose apropiadamente de lo contrario, el rendimiento disminuirá.
- Realizar mediciones de conductividad eléctrica del drenaje para el control de pérdidas y fijación de nutrientes, a fin de hacer los cambios respectivos en la dosificación de las soluciones concentradas de fertilizantes en caso de ser necesario.
- Programar la producción de fresas hidropónicas en un periodo del año en el que los cultivos tradicionales estén en etapa de desarrollo, de esta manera se aprovecha el vacío comercial y los productos hidropónicos entran al mercado con un precio tal que permita la generación de mayores ingresos.
- Aplicar el almacenamiento en frío de los productos en combinación con una atmósfera controlada (bajos niveles de O_2 y N_2) para conseguir un mayor efecto conservador mientras las fresas esperan a ser comercializadas.

BIBLIOGRAFIA

Abensur, J. (1998). Cultivo de la fresa: Manual técnico para empresas educativas de producción. Lima. Imagen Educativa.

Artés, F., Artés, H. (2000). Fundamentos y diseño de instalaciones para el procesado en fresco de hortalizas. Alimentación, equipos y tecnología, 43, 92 - 96.

Arthey, D., Arshurst, P. (1997). Almacenamiento, maduración y manipulación de las frutas en Procesado de frutas (pág. 48 - 57). Zaragoza. Acribia.

Baixauli, C., Aguilar, J. (2000). Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. Valencia. Generalitat Valenciana.

Barreiro, P., Navas, L. (2003). Supervisión y control en ingeniería de procesos agroalimentarios. Alimentación, equipos y tecnología, 181, pág. 90 - 94.

Bisbal, J., Luna, M., Mesones, L. (1999). Estudio de pre-factibilidad para la instalación de un centro de producción de fresas (*fragaria* × *ananassa*) utilizando el sistema hidropónico para su comercialización en el mercado de Lima Metropolitana. Trabajo de investigación para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima. UNALM.

Branzanti, E. (1989). La fresa. Madrid. Mundi Prensa.

Cadahía, C. (1996). El sistema de fertirrigación para una fertilización racional de los cultivos en sustratos y suelos en Hidroponía, una nueva esperanza para Latinoamérica (pág.185 - 189). Lima. UNALM.

Cadahía, C. (1998). Fertirrigación: cultivos agrícolas y ornamentales. Madrid. Mundi Prensa.

Cajamarca, I., López, P., Vilatuña, J. (2002). Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos en invernadero. Quito. FAO.

Caso, C. (2001). Evaluación de sustratos sobre el crecimiento de fresas hidropónicas. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima. UNALM.

Castañeda, F. (1997). Manual técnico de hidroponía popular. Panamá. Instituto de nutrición de Centro América y Panamá – INCAP.

Castro, G. (2002). Nutrición marginal en plantas de fresa (*Fragaria × ananassa Duch*) cv. Chandler crecidas hidropónicamente. Tesis para optar el título de Biólogo. Lima. UNALM.

Chatata, B. (2007). Buenas prácticas agrícolas. Arequipa. Asociación especializada para el desarrollo sostenible - AEDES.

Coronado, M., Hilario, R. (2001). Elaboración de mermeladas. Lima. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo – CIED.

Cumpa, M. (2008). Buenas prácticas de manufactura. Lima. UNALM.

Dirección General de Información Agraria (2008). Lima. Ministerio de Agricultura.

Fernández, J., Hernández, S., Fernández, E. (2003). Innovaciones tecnológicas en cultivos de invernadero. Madrid. Ediciones Agrotécnicas.

FDA (2004). Código internacional recomendado para el envase y transporte de hortalizas frescas.

Fuentes, J. (1998). Fertirrigación en Técnicas de riego (pág. 343 - 360). Madrid. Mundi Prensa.

García, F., Barreiro, P. (2006). Actualidad y futuras tendencias en líneas de confección de frutas y hortalizas. Alimentación, equipos y tecnología, 209, pág. 47 - 60.

Grubich, L. (1998). Grow up: vertical growing systems may offer benefits unmatched in traditional growing schemes. American Vegetable Grower, 46, pág. 12 - 13.

Inia-Conafrut. (1997). El cultivo de la fresa: aspectos de producción, manejo post-cosecha y comercialización. Lima. Ministerio de Agricultura.

Maroto, J. (2002). Fresas y fresones en Horticultura herbácea especial (pág. 579 - 604). Madrid. Mundi Prensa.

Martín, J. (2005). El reto tecnológico de la aplicación de las temperaturas en los alimentos. Alimentación, equipos y tecnología, 205, pág. 93 - 97.

Martínez, M. (2004). Buenas prácticas agrícolas. México D.F. FAO

Medina, J. (2000). Riego por goteo: teoría y práctica. Madrid. Mundi Prensa.

Melgarejo, P. (2000). Cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido. Madrid. Mundi Prensa.

Moreno, U. (1995). Potencialidad y perspectivas de la hidroponía en el Perú en Hidroponía, un nuevo campo en la agricultura (pág. 1 - 6). Lima. UNALM.

Moreno, U. (1996). Fisiología de las plantas hidropónicas en Hidroponía, una nueva esperanza para Latinoamérica (pág. 115 - 118). Lima. UNALM.

Norma sanitaria (1998). Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. Lima.

Norma sanitaria (2006). Aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas. Lima.

Olivera, J. (2003). El cultivo de la fresa en el Perú. Lima. Ministerio de Agricultura.

Pinske, J. (1998). Planificación, construcción y funcionamiento de invernaderos. Barcelona. Grupo Ceac.

Pizá, R., Tornero, J., Moreno, R., Baeta, I. (2005). Supervisión, monitorización y control aplicados al sector agroalimentario. Valencia. Universidad Politécnica.

Reátegui, R. (2006). Diseño de una unidad bioclimática de producción de fresas hidropónicas en el asentamiento rural El Pedregal. Irrigación Majes Región Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola. Lima. UNALM.

Resh, H. (1992). Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Madrid. Mundi Prensa.

Resh, H. (1997). Cultivo en columna de hortalizas y fresas en Hidroponía comercial, una buena opción en agronegocios (pág. 49 - 57). Lima. UNALM.

Robles, J. (1999). Construcción y acondicionamiento del invernadero en Cómo se cultiva en invernadero (pág. 51 – 99). Barcelona. De Vecchi.

Rodríguez, S. (2002). Manual técnico de hidroponía. México. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Rodríguez, A. (2003). Cultivos hidropónicos. Red Hidroponía, 19, pág. 11 - 13.

Rodríguez, A. (2005). El cultivo hidropónico de la fresa. Lima. UNALM.

Sandoval, C. (2004). Manual técnico de manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. Talca. FAO.

Sánchez, M. (2001). Ingeniería del frío. Madrid. Mundi Prensa.

Sancho, J., Raventós, M. (2004). Equipos de secado en la industria alimentaria. Alimentación, equipos y tecnología, 188, pág. 101 - 103, 108 - 112.

Sanz, J. (2003). Aspectos a considerar en una instalación de cultivo hidropónico. Navarra Agraria, 42, pág. 9 - 13.

Sholto, J. (1997). Hidroponía: cómo cultivar sin tierra. Buenos Aires. El Ateneo.

Suslow, T. (1997). Postharvest chlorination. Los Angeles. University of California.

Wiley, R. (1997). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza. Acribia.

Anexos**Anexo 1. Cálculo de los requerimientos del fertirriego****Datos:**

$$D_{\text{saco}} \text{ (m): } 0,15$$

$$H_{\text{saco}} \text{ (m): } 2$$

$$V_{\text{saco}} \text{ (m}^3\text{): } \pi (0,15)^2 / 4 \times 2 = 0,035$$

$$\rho_{\text{soporte inerte}} \text{ (kg/m}^3\text{): } 120$$

$$m_{\text{soporte inerte}} \text{ (kg): } 120 \times 0,035 = 4,2$$

$$Q_{\text{gotero}} \text{ (l/h): } 4$$

Número de goteros por saco: 4

Número de sacos: 320

El saco de cultivo asimila un 60% de su volumen en solución nutritiva (por lo que el 40% restante constituye el drenaje que sale del sistema) además, el nivel de agotamiento alcanzado que sirve como dato para programar el momento en que inicia el siguiente fertirriego es del 5%.

$$0,6 \times 0,035 \text{ m}^3 = 0,021 \text{ m}^3$$

$$0,05 \times 0,021 \text{ m}^3 = 0,00105 \text{ m}^3 \text{ (1,05 l)}$$

El riego se da cuando las plantas han consumido 1,05 l de la solución nutritiva del saco. La dotación de riego es de 1,05 l más el volumen de drenaje correspondiente. Es recomendable trabajar con un 25% (Baixauli, Aguilar; 2000).

Luego:

$$1,05 + 0,25 (1,05) = 1,31 \text{ l}$$

$$1,31 / 4 \text{ goteros} = 0,33 \text{ l}$$

$$0,33 / 4 \text{ l/h} = 0,0825 \text{ h} \times 60 = 4,95 \text{ min}$$

Tiempo de duración del fertirriego: 5 min

Caudal de la solución nutritiva por fertirriego

$$320 \times 4 \times 4 = 5120 \text{ l/h (0,085 m}^3\text{/min} = 85 \text{ l/min)}$$

Volumen de la solución nutritiva por fertirriego

$$0,085 \times 5 = 0,425 \text{ m}^3$$

Volumen de la solución nutritiva que abandona el sistema

$$0,4 \times 0,425 = 0,17 \text{ m}^3 \text{ (170 l/5 min} = 34 \text{ l/min)}$$

En un día se dan 4 fertirriegos aproximadamente, por lo que el volumen total de solución nutritiva que requiere el invernadero resulta 1,7 m³.

A partir de los datos del cuadro 10 dado anteriormente, se obtienen los volúmenes de las soluciones concentradas A y B requeridos en cada fertirriego y que son mostrados a continuación en el cuadro 28.

Cuadro 28. Volúmenes de soluciones A y B requeridos para el fertirriego

Etapa de cultivo	Solución A (l)	Solución B (l)
Vegetativa (10 primeros días)	1,063	0,425
Vegetativa (posterior a 10 días)	2,126	0,85
Fructificación	2,126	0,85

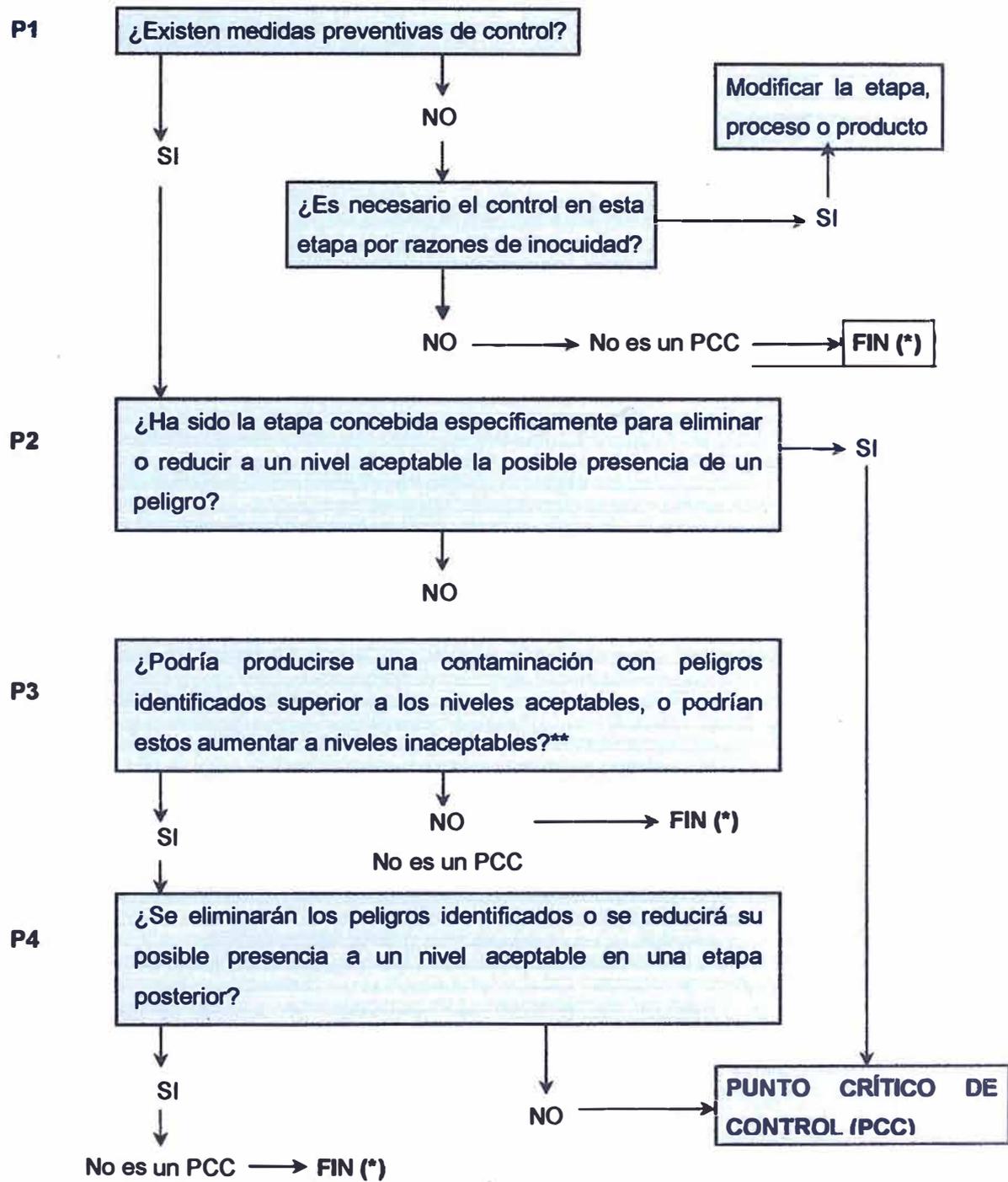
Los volúmenes de las soluciones concentradas de fertilizantes son pequeños y la solución nutritiva resulta muy diluida sin embargo, contiene la cantidad necesaria de elementos para el desarrollo de los productos.

El cuadro 29 indica la dosificación de las soluciones concentradas A y B en el cabezal de riego para cumplir con la demanda del sistema hidropónico. Estos datos sirven de base para la elección de las bombas dosificadoras.

Cuadro 29. Dosificación de soluciones concentradas A y B.

Etapa de cultivo	Solución A (l/min)	Solución B (l/min)
Vegetativa (10 primeros días)	0,213	0,085
Vegetativa (posterior a 10 días)	0,425	0,17
Fructificación	0,425	0,17

Anexo 2. Secuencia de decisiones para identificar los PCC



*Pasar al siguiente peligro identificado del proceso descrito.

** Los niveles aceptables o inaceptables necesitan ser definidos teniendo en cuenta los objetivos globales cuando se identifiquen los PCC del plan HACCP.

Anexo 3. Balance de materia

El balance de materia se hace tanto para el fertirriego de la producción como para la línea de proceso que empieza con la selección de las fresas hidropónicas recogidas del invernadero.

El fertirriego se realiza de manera simultánea a las 10 000 plantas de fresa que alberga el invernadero. En un día se dan 4 fertirriegos.

Para el cálculo de la masa de solución nutritiva se toma como dato la densidad del agua a 20°C por tratarse de una solución muy diluida.

Datos:

$$V_{\text{solución nutritiva que ingresa al sistema}} (\text{m}^3): 0,425$$

$$V_{\text{solución nutritiva que sale del sistema}} (\text{m}^3): 0,170$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} (T= 20^\circ\text{C}) (\text{kg}/\text{m}^3): 997,658$$

$$m_{\text{entrada}} (\text{kg}): 0,425 \times 997,658 = 424,005$$

$$m_{\text{salida}} (\text{kg}): 0,17 \times 997,658 = 169,002$$

$$m_{\text{total que ingresa al sistema}} (\text{kg}): 424,005 \times 4 = 1696,02$$

$$m_{\text{total que sale del sistema}} (\text{kg}): 169,02 \times 4 = 676,008$$

Las cantidades totales de solución nutritiva por fertirriego y por día se indican en el cuadro 30 a continuación.

Cuadro 30. Balance de materia en el invernadero.

Fertirriego	Ingreso (kg)	Salida (kg)
Solución nutritiva	424,005	169,002
Total en un día	1 696,02	676,008

A partir de la etapa de selección se realiza un balance de materia que corresponde a un lote de producción lo que corresponde a un día en la planta.

Para el cálculo del agua de lavado se considera que el equipo utiliza en total 3 l de agua por kg de producto para el lavado y la desinfección, además recircula el 40% del agua utilizada.

Datos:

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} (T = 4^\circ\text{C}) (\text{kg}/\text{m}^3): 999,847$$

$$m_{\text{producto total}} (\text{kg}): 196$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} (\text{kg}): 0,003 \times 196 \times 999,847 = 587,910$$

$$m_{\text{H}_2\text{O salida}} (\text{kg}): 0,6 \times 587,910 = 352,746$$

En la etapa de selección, la merma es del 2% del total de la masa de producto que ingresa.

$$m_{\text{sale de la etapa de selección}} (\text{kg}): 0,98 \times 200 = 196$$

Las cantidades totales de masa que entra y sale de cada etapa se muestran a continuación en el cuadro 31.

Cuadro 31. Balance de materia en la línea de proceso.

Etapa	Ingreso (kg)	Salida (kg)
Selección		
• Fresas hidropónicas	200	196
Lavado y desinfección		
• Fresas hidropónicas	196	196
• Agua	587,910	352,746
Aireado		
• Fresas hidropónicas	196	196
Empaque y pesado		
• Fresas hidropónicas	196	196
Almacenamiento		
• Fresas hidropónicas	196	196

Anexo 4. Balance de energía**Lavado**

Enfriamiento del agua de lavado.

Datos:

m (kg): 588

$C_{p_{H_2O}}$ (kJ/kg°C): 4,192

T_1 (°C): 4

T_2 (°C): 20

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = 588 \times 4,192 \times 16 = - 39438,34 \text{ kJ}$$

Aireado

Calentamiento del aire.

Datos:

V_{aire} (m/s): 3

ρ_{aire} (kg/m³): 1,209

$t_{\text{operación}}$ (min): 3

A_{filtro} (m²): 0,372

$C_{p_{\text{aire}}}$ (kJ/kg°C): 1,0057

T_1 (°C): 20

T_2 (°C): 24

$$q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,372 \times 3 = 1,116$$

$$m \text{ (kg)} = 1,116 \times 1,209 \times 180 = 217,62$$

$$Q = m \times C_p \times \Delta T = 217,62 \times 1,0057 \times 4 = 875,442 \text{ kJ}$$

Almacén refrigerado

1. Cálculo de la carga térmica debida a las pérdidas por transmisión (paredes, techo y suelo), Q_1 .

$$Q_1 = q \times S \times 24$$

Donde:

q: pérdidas de calor a través de los cerramientos, fijado en 8 kcal/hm² como valor estándar permisible.

S: superficie del cerramiento (m²).

$$Q_1 = 8 \times 57,2 \times 24 = 10\,982,4 \text{ kcal/día} = 45\,981,112 \text{ kJ/día}$$

2. Cálculo de la carga térmica debida a las necesidades por renovación de aire, Q_2 .

$$Q_2 = Q_{2,1} + Q_{2,2}$$

Datos:

Condiciones del aire interior.

T_{ae} (°C): 20

Hr_{ae} (%): 70

h_{ae} (kcal/kg): 11

ρ_{ae} (kg/m³): 1,18

Condiciones del aire exterior.

T_{ai} (°C): 1

Hr_{ai} (%): 85

h_{ai} (kcal/kg): 2,4

ρ_{ai} (kg/m³): 1,23

ρ_{media} (kg/m³): 1,23

a) Necesidades por renovaciones técnicas de aire, $Q_{2,1}$.

Se refiere a la renovación del aire viciado por aire más puro del exterior.

$$Q_{2,1} = V \times \rho \times n \times \Delta h$$

Siendo:

V: volumen del recinto (m³).

ρ : densidad media del aire entre las condiciones interiores y exteriores (kg/m³).

n: número de renovaciones técnicas al día.

Δh : diferencia de entalpías entre el aire interior y exterior (kcal/kg).

El número de renovaciones diarias depende del producto a tratar. De acuerdo a tablas de referencia, las fresas sólo necesitan una renovación de aire ligera es decir, una renovación diaria ($n = 1$).

$$Q_{2,1} = 125,84 \times 1,23 \times 1 \times (11 - 2,4) = 1\,331,136 \text{ kcal/día} = 5\,573,200 \text{ kJ/día}$$

b) Necesidades por renovaciones equivalentes de aire, $Q_{2,2}$.

Está relacionado con las pérdidas de calor por infiltraciones. El número de renovaciones equivalentes de aire al día (d) depende del volumen del recinto y es dado en tablas de referencia. Para 125,84 m³ corresponde un valor de 8.

$$Q_{2,2} = V \times \rho \times d \times \Delta h$$

$$Q_{2,2} = 125,84 \times 1,23 \times 8 \times (11 - 2,4) = 10\,649,084 \text{ kcal/día} = 44\,585,584 \text{ kJ/día}$$

$$Q_2 = Q_{2,1} + Q_{2,2} = 50\,158,785 \text{ kJ/día}$$

3. Cálculo de la carga térmica debida a las pérdidas por refrigeración, Q_3 .

$$Q_3 = m \times C_p \times (T_i - T_r)$$

Donde:

m: masa total del producto a refrigerar (kg/día).

C_p : calor específico del producto (Kcal/kg°C).

T_i : temperatura de entrada del producto (°C).

T_r : temperatura de conservación del producto (°C).

$$Q_3 = 1\,568 \times 0,92 \times (20 - 1) = 27\,408,64 \text{ kcal/día} = 114\,754,494 \text{ kJ/día}$$

4. Cálculo de la carga térmica debida a las necesidades de conservación de los productos, Q_4 .

Se refiere al proceso de respiración de productos vivos como las frutas. El nivel respiratorio depende de la temperatura del recinto.

$$Q_4 = m \times C_r$$

Donde:

m: masa total del producto en el recinto (ton).

C_r : calor de respiración (Kcal/ton día).

$$Q_4 = 1,568 \times 1\,092 = 1\,712,256 \text{ kcal/día} = 7\,168,873 \text{ kJ/día}$$

5. Cálculo de la carga térmica debida al calor desprendido por los ventiladores, Q_5 .

De forma práctica y bastante aproximada, el equivalente térmico del trabajo de los 3 ventiladores instalados en el evaporador representa el 5% de la suma de las necesidades de frío Q_1 , Q_2 y Q_3 calculadas anteriormente.

$$Q_5 = 0,05 \times (Q_1 + Q_2 + Q_3) = 0,05 \times (45\,981,112 + 50\,158,785 + 114\,754,494) = 0,05 \times 210\,894,391 = 10\,544,720 \text{ kJ/día}$$

6. Cálculo de la carga térmica debida al calor desprendido por circulación de operarios y por necesidades de iluminación, Q_6 .

Representa el 3% de la suma de Q_1 , Q_2 y Q_3 .

$$Q_6 = 0,03 \times 210\,894,391 = 6\,326,832 \text{ kJ/día}$$

7. Cálculo de la carga térmica por pérdidas diversas, Q_7 .

Incluye las pérdidas por convección y radiación de equipos y tuberías. Representa el 10% de la suma de Q_1 , Q_2 y Q_3 .

$$Q_7 = 0,1 \times 210\,894,391 = 21\,089,439 \text{ kJ/día}$$

Necesidades totales de frío Q_T

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = 256\,024,255 \text{ kJ/día}$$

Q_T comprende un periodo de 24 horas por lo que es necesario fijar el número de horas de funcionamiento del compresor, el cual varía entre 18 y 20 horas diarias en almacenes. Si el periodo queda establecido en 18 horas al día, la potencia frigorífica necesaria resulta:

$$Q = (Q_T \times 24)/18 = 341\,365,673 \text{ kJ/día} = 18\,964,760 \text{ kJ/h} (4\,529,655 \text{ kcal/h})$$

Especificaciones de la instalación

Para efectos de cálculo, se hacen las siguientes consideraciones (Sánchez, 2001):

- Se elige como refrigerante al R-134a (1,1,1,2-Tetrafluoretano) calificado como de alta seguridad. No es tóxico, no es inflamable, su valor de ODP (Poder de Destrucción del Ozono) es cero y su valor de GWP (Potencial de Calentamiento Global) es 0,34.
- El ciclo frigorífico es de tipo simple, sin subenfriamiento ni recalentamiento.
- Se elige un evaporador (V – 260) de tubos con aletas y de convección forzada de aire. De tablas de referencia se tiene que para una humedad relativa de trabajo de 85%, la diferencia de temperatura (DT) del evaporador varía de 6 a 8°C.
- La temperatura de condensación es de 30°C.

$$DT = t_{ae} - t_e$$

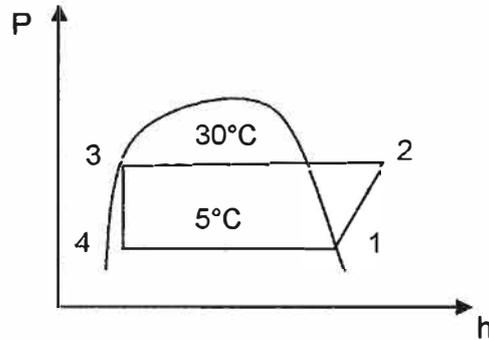
Donde:

t_{ae} : temperatura del aire a la entrada del evaporador (°C).

t_e : temperatura de evaporación (°C).

$$6 = t_{ae} - t_e; t_e = -5^\circ\text{C}$$

Los valores de entalpías se obtienen de un diagrama presión vs entalpía correspondiente al refrigerante R-134a.



h_1 (kJ/kg): 390

h_2 (kJ/kg): 420

h_3 (kJ/kg): 242

Coefficiente frigorífico (ϵ):

$$\epsilon = (h_1 - h_4)/(h_2 - h_1) = (390 - 242)/(420 - 390) = 4,933$$

Potencia frigorífica específica (K_i):

$$K_i = 860 \times \epsilon = 4\,242,380 \text{ kcal/kW h}$$

Potencia teórica del compresor (N_i):

$$N_i = Q/K_i = 4\,529,655/4\,242,380 = 1,068 \text{ kW}$$

Potencia real del compresor (N_r):

$$N_r = 1,068/0,8 = 1,335 \text{ kW}$$

Aislamiento térmico del almacén

Cálculo de las temperaturas de paredes, techo y suelo

Datos:

$$T_{\text{media}} (\text{°C}) = 24$$

$$T_{\text{máx}} (\text{°C}) = 27$$

$$T_{\text{ec}} = 0,4 \times T_{\text{media}} + 0,6 \times T_{\text{máx}}$$

Siendo:

T_{ec} : temperatura exterior de cálculo (°C).

T_{media} : temperatura media del mes más cálido de funcionamiento de la instalación frigorífica (°C).

$T_{\text{máx}}$: temperatura máxima del mes más cálido de funcionamiento de la instalación frigorífica (°C).

$$T_{ec} = 0,4 \times 24 + 0,6 \times 27 = 25,8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{paredes} = 0,8 \times T_{ec} = 20,6^{\circ}\text{C}$$

$$T_{techo} = T_{ec} + 12 = 37,8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{suelo} = (T_{ec} + 15)/12 = 20,4^{\circ}\text{C}$$

$$q = U \times \Delta T$$

Siendo:

q: pérdidas de calor a través de los cerramientos cuyo valor es 8 kcal/m²h

U: coeficiente global de transferencia de calor (kcal/hm²°C).

ΔT: diferencia de temperatura entre el ambiente exterior e interior (°C).

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}$$

Donde:

α_e, α_i: coeficientes globales de transferencia de calor por convección en las caras externa e interna del cerramiento (kcal/m²h°C).

δ_i: espesor de cada uno de los materiales que componen el cerramiento (m).

λ_i: conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen el cerramiento (kcal/hm°C).

Para el cálculo se hacen las siguientes consideraciones:

- El material aislante a utilizar es el poliuretano cuyo valor de conductividad térmica λ_a es igual a 0,02 kcal/mh°C.
- Para las paredes y techos de almacenes refrigerados se tiene que, por convención, los valores de α_e y α_i son 20 kcal/m²h°C y 12 kcal/m²h°C, respectivamente.
- Las paredes y techos están compuestos de los siguientes materiales:
 - Capa de cemento (δ_c = 0,5 cm; λ_c = 1,20 kcal/mh°C).
 - Capa de ladrillo (δ_l = 14 cm; λ_l = 0,76 kcal/mh°C).
 - Capa de cemento (δ_c = 0,5 cm; λ_c = 1,20 kcal/mh°C).
 - Capa de material aislante (δ_a, λ_a).
- Los valores de α_e y α_i del suelo son 5 kcal/m²h°C y 10 kcal/m²h°C, respectivamente.
- El suelo está compuesto de los siguientes materiales:
 - Capa de hormigón (δ_h = 2 cm; λ_h = 1,4 kcal/mh°C).

- Capa de material aislante (δ_a , λ_a).
- Capa de hormigón ($\delta_h = 2$ cm; $\lambda_h = 1,4$ kcal/mh°C).

Aislamiento en las paredes

$$8 = U \times (20,6 - 1); U = 0,408 \text{ kcal/hm}^2\text{°C}$$

$$\frac{1}{0,408} = \frac{1}{20} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{0,14}{0,76} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{\delta_a}{0,02} + \frac{1}{12}$$

$$\delta_a = 4,250 \text{ cm}$$

A nivel comercial, se elige una plancha de poliuretano de 5 cm de espesor.

Luego:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{20} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{0,14}{0,76} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{0,05}{0,02} + \frac{1}{12}$$

$$U = 0,377 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = 0,377 \times (20,6 - 1) = 7,389 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Aislamiento en el techo

$$8 = U \times (37,8 - 1); U = 0,217 \text{ kcal/hm}^2\text{°C}$$

$$\frac{1}{0,217} = \frac{1}{20} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{0,14}{0,76} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{\delta_a}{0,02} + \frac{1}{12}$$

$$\delta_a = 8,565 \text{ cm}$$

A nivel comercial, se elige una plancha de poliuretano de 10 cm de espesor.

Luego:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{20} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{0,14}{0,76} + \frac{0,005}{1,20} + \frac{0,1}{0,02} + \frac{1}{12}$$

$$U = 0,188 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = 0,188 \times (37,8 - 1) = 6,918 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Aislamiento en el suelo

$$8 = U \times (20,4 - 1); U = 0,412 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{0,412} = \frac{1}{5} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{\delta_a}{0,02} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{1}{10}$$

$$\delta_a = 4,197 \text{ cm}$$

A nivel comercial, se elige una plancha de poliuretano de 5 cm de espesor.

Luego:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{5} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{0,05}{0,02} + \frac{0,02}{1,4} + \frac{1}{10}$$

$$U = 0,354 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$q = 0,354 \times (20,4 - 1) = 6,868 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Anexo 5. Ficha técnica del empaque para fresas hidropónicas



CLAMSHEL 5070 350 V.



DESCRIPCIÓN: Clamshell transparente cristal.
38 ventilaciones (16 en tapa y 16 en base).

DIMENSIONES: Altura: 9 cm.
Ancho: 12 cm.
Largo: 18.3 cm.

PESO NETO ENVASE: 50 ± 1g.

CAPACIDAD: 525 g.

USO: Hidroponía

EMBALAJE: Caja de cartón de 610 unidades.

W
W
I
N
T
E
G
R
I
T
Y
C