



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE
PROYECTOS

EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN
DE DERIVADOS DE GRANA COCHINILLA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ROSA MARÍA BAUTISTA GARCÍA

TUTOR
FERNANDO JOSÉ BÁEZ RAMOS, FACULTAD DE QUÍMICA

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.C. Jorge Luis Aguilar González

Secretario: M.I. José Antonio Ortiz Ramírez

Vocal: Dr. José Ramón Fco. I. Montiel López

1^{er.} Suplente: M. en A.I. Alejandro Zanelli Trejo

2^{do.} Suplente: M.A. Fernando José Báez Ramos

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Química

TUTOR DE TESIS:

Fernando José Báez Ramos

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por la beca otorgada.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Química.

A los sinodales M.C. Jorge Luis Aguilar González, M.I. José Antonio Ortiz Ramírez, Dr. José Ramón Fco. J. Montiel López, M. en A.I. Alejandro Zanelli Trejo y M.A. Fernando José Báez Ramos por su dedicado interés en la revisión de este trabajo, así como por los valiosos comentarios, indispensables para el enriquecimiento del mismo.

A los Doctores Ana Lilia Vígueras y Liberato Portillo, miembros del cuerpo de profesores investigadores, titulares “A” y “C”, respectivamente del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, especialista en Biotecnología de Zonas Áridas, por los invaluable comentarios y aportaciones hechos a este trabajo, así como las conexiones con el mundo de la grana cochinilla.

Al M. en C. en Entomología por la Universidad Nacional Agraria, La Molina, Víctor Ignacio Flores Flores por el soporte y cordial hospitalidad prestados durante la visita al X Festival de la Tuna y Cochinilla en 2006 en Ayacucho, Perú.

A Don José Antonio Bustamante, Director–Gerente de Foodsafe Chile S.A. por la información compartida durante el desarrollo de este trabajo.

A la Ingeniera Química Sara Suárez Torres, del laboratorio 223 del Posgrado de la Facultad de Química por las facilidades prestadas y las valiosas recomendaciones de las técnicas utilizadas durante la parte experimental de este trabajo.

A la Bióloga Anabel López Rosas por sus comentarios y apoyo en la realización de este trabajo

Al M. en A. Alejandro Pelayo, por su valiosa ayuda en la creación de la base de datos estadísticos así como los gráficos correspondientes.

DEDICATORIAS

Con todo amor a mi familia; papá, mamá, tía y hermanos por todo lo que son y lo que representan.

A los que ya no están y sigo extrañando, principalmente a mi Abue, Migue y la Abuela

A todos los entrañables amigos, que son parte de mi familia y que siempre están ahí, para los buenos y malos momentos.

Al Ingeniero Miguel Ángel Rosas Trejo, la persona que más ha influido en mi vida profesional, quien me contagió su pasión por la ingeniería química y me impulsó a ver e ir más allá.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
INTRODUCCIÓN	IX
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
1.1 COLORANTES	1
1.1.1 Colorantes sintéticos.....	1
1.1.2 Colorantes naturales.....	2
1.1.2.1 Aplicaciones de los colorantes naturales	7
1.1.2.2 Legislación.....	9
1.2 GRANA COCHINILLA.....	10
1.2.1 Descripción morfológica.....	10
1.2.2 Clasificación.....	11
1.2.3 Ciclo biológico.....	11
1.2.4 Factores bióticos y abióticos que afectan a la grana cochinilla	12
1.2.4.1 Factores abióticos	12
1.2.4.2 Factores bióticos	13
1.3 PLANTAS HOSPEDERAS	14
1.3.1 Tipos de nopal utilizados en la producción de grana cochinilla	14
1.3.2 Composición química del nopal	15
1.3.3 Distribución	15
1.3.4 Plagas y enfermedades	16
1.4 PRODUCCIÓN DE GRANA COCHINILLA.....	16
1.4.1 Formas de cría.....	16
1.4.2 Métodos de infestación	18
1.5 COSECHA Y MANEJO POSTCOSECHA.....	20
1.6 PRODUCTOS DERIVADOS DE LA GRANA DE GRANA COCHINILLA	22
1.6.1 Grana cochinilla seca.....	23
1.6.2 Extracto de grana cochinilla.....	23
1.6.3 Carmin de grana cochinilla	24
1.6.4 Ácido carmínico	24
1.7 APLICACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA GRANA COCHINILLA.....	25
2. ESTUDIO DE MERCADO	27
2.1 PRODUCCIÓN MUNDIAL	27
2.1.1 Mercado Peruano	28
2.1.1.1 Importaciones de Perú de grana cochinilla seca.....	28
2.1.1.2 Exportaciones de Perú de grana cochinilla seca.....	33
2.1.1.3 Importaciones de carmín de grana cochinilla	39
2.1.1.4 Exportaciones de carmín de grana cochinilla.....	41
2.1.2 Mercado Chileno.....	47
2.1.2.1 Importaciones de grana cochinilla seca	47
2.1.2.2 Exportaciones de grana cochinilla seca	48
2.1.2.3 Importaciones de carmín de grana cochinilla.....	49
2.1.2.4 Exportaciones de carmín de grana cochinilla.....	50

2.2	PRODUCCIÓN NACIONAL	51
2.2.1	Importaciones de grana seca.....	51
2.2.2	Exportaciones de grana seca	53
2.2.3	Importaciones de carmín	53
2.3	DEMANDA NACIONAL	57
2.4	OFERTA NACIONAL	58
2.5	CANALES DE DISTRIBUCIÓN.....	59
2.6	ANÁLISIS INTERNO Y EXTERNO DEL MERCADO	60
2.6.1	Análisis externo.....	60
2.6.1.1	Análisis del consumidor.....	60
2.6.1.2	Análisis competitivo.....	60
2.6.1.3	Análisis del entorno	61
2.6.2	Análisis interno.....	61
2.6.2.1	Organización interna	61
2.6.2.2	Recursos humanos.....	62
2.6.2.3	Cultura	62
2.7	ANÁLISIS DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS (FODA).....	63
2.8	DEFINICIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO PARA DESARROLLO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA	65
3.	ESTUDIO TECNOLÓGICO.....	66
3.1	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GRANA COCHINILLA	66
3.2	ACTIVIDADES COSECHA Y POST COSECHA.....	68
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE GRANA COCHINILLA ORIGINAL	71
3.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE GRANA COCHINILLA ACTUALIZADO	75
3.5	PROCESO PRODUCTIVO DE COLORANTES	79
3.6	EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	83
3.6.1	Evaluación de producción de extracto de carmín.....	83
3.6.2	Evaluación de producción de ácido carmínico.....	84
3.6.3	Evaluación de producción de carmín.....	85
4.	EVALUACIÓN TÉCNICA.....	86
4.1	INGENIERÍA CONCEPTUAL	86
4.2	ANÁLISIS TÉCNICO Y CONCEPTUAL DEL PROCESO	86
4.2.1	Bases de diseño	86
4.2.1.1	Capacidad de la planta.....	87
4.2.1.2	Filosofía de Operación de la planta.....	88
4.2.1.3	Tecnología.....	89
4.2.1.4	Materias primas.....	90
4.2.1.5	Productos y subproductos.....	90
4.2.1.6	Almacenamiento de materias primas y productos.....	90
4.2.1.7	Reactivos.....	90
4.2.1.8	Reacciones.....	91
4.2.1.9	Servicios auxiliares.....	92
4.2.1.10	Aspectos normativos.....	92
4.2.1.11	Residuos	92
4.2.2	Localización de la planta	93
4.2.2.1	Selección de la macrozona	93
4.2.2.2	Selección de la microzona.....	94
4.3	INGENIERÍA BÁSICA PRELIMINAR	95
4.3.1	Descripción del proceso.....	95
4.3.2	Balance de materia	96
4.3.3	Definición del ciclo productivo.....	101

4.3.4	Dimensionamiento de equipo	107
5.	EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA.....	178
5.1	ANÁLISIS FINANCIERO	178
5.1.1	Inversión Total	178
5.1.2	Costo Total del Producto	179
5.1.2.1	Costos Variables	179
5.1.2.2	Costos Fijos.....	182
5.1.3	Flujo de caja	184
5.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	186
5.2.1	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	186
5.2.2	Análisis de Sensibilidad	187
6.	RESULTADOS.....	190
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	196
8.	ANEXOS	200
9.	LITERATURA CITADA.....	217
10.	BIBLIOGRAFÍA	221

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación de colorantes según su naturaleza química (Sing, 1997)	3
Cuadro 2. Parámetros que establece la NOM-119-SSA1-1994	10
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la grana cochinilla (Piña, 1984, Viguera et al., 1993).	11
Cuadro 4. Principales factores abióticos que intervienen en la cría de grana cochinilla, (Portillo y Viguera, 2002)	13
Cuadro 5. Insectos depredadores de la grana cochinilla, adaptado de Portillo y Viguera (1998).....	14
Cuadro 6. Plagas más comunes en el nopal (Del Río y Loera, 2005)	16
Cuadro 7. Grados de calidad para la grana de grana cochinilla seca, fuente INTINTEC (1987)	22
Cuadro 8. Especificaciones para extracto de grana cochinilla de acuerdo a FDA	23
Cuadro 9. Especificaciones para extracto de grana cochinilla de acuerdo a FDA	24
Cuadro 10. Propiedades del ácido carmínico	25
Cuadro 11. Aplicaciones de los productos derivados de la grana cochinilla	26
Cuadro 12. Importaciones de grana cochinilla seca periodo 1993-2012	29
Cuadro 13. Países exportadores de grana cochinilla seca a Perú 1993-2012.	30
Cuadro 14. Diferentes presentaciones de grana cochinilla seca 1993-2012 importaciones.	31
Cuadro 15. Exportaciones de grana cochinilla seca periodo 1993-2012.	33
Cuadro 16. Países importadores de grana cochinilla seca de Perú 1993-2012	34
Cuadro 17. Diferentes presentaciones para grana cochinilla seca 1993 – 2012 exportaciones	35
Cuadro 18. Importaciones de carmín de grana cochinilla periodo 1993-2012.....	39
Cuadro 19. Países exportadores de carmín de grana cochinilla a Perú 1993-2012.....	40
Cuadro 20. Diferentes de presentaciones para carmín de grana cochinilla 1993-2012 importaciones.....	40
Cuadro 21. Exportaciones de carmín de grana cochinilla y derivados periodo 1993-2012.	42
Cuadro 22. Países exportadores de carmín 1993-2012.	42
Cuadro 23. Importaciones de grana cochinilla seca realizadas por Chile para el periodo 2002 – 2012.	48
Cuadro 24. Exportaciones de grana cochinilla chilena para el periodo 2002-2004	48
Cuadro 25. Importaciones de carmín para el periodo 2002 – 2012.....	49
Cuadro 26. Exportaciones de carmín chileno periodo 2002 – 2004.	51
Cuadro 27. Importaciones mexicanas de grana seca para el periodo 1995 a 2012.....	52
Cuadro 28. Importaciones de carmín peruano por México periodo 1995 – 2012	55
Cuadro 29. Importaciones totales de carmín de grana cochinilla periodo 1995-2012	56
Cuadro 30. Cuadro de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas	64
Cuadro 31. Producción de grana cochinilla en Perú y Chile Planta en Pie	67
Cuadro 32. Ventajas y desventajas de los sistemas de producción de penca cortada	68
Cuadro 33. Actividades cosecha y post cosecha.....	69

Cuadro 34. Actividades cosecha y post cosecha (continuación)	70
Cuadro 35. Tecnologías de extracción para la producción de diferentes extractos de grana cochinilla Gibaja, 1998	80
Cuadro 36. Métodos de producción de ácido carmínico de acuerdo a Gibaja, 1998	81
Cuadro 37. Métodos de producción de carmín de grana cochinilla de acuerdo a Gibaja, 1998.....	82
Cuadro 38. Tecnologías de producción de carmín de grana cochinilla (continuación).....	83
Cuadro 39. Factores de evaluación para proceso de producción de extracto de grana cochinilla	84
Cuadro 40. Factores de evaluación para proceso de producción de ácido carmínico	84
Cuadro 41. Factores de evaluación para proceso de producción de carmín.....	85
Cuadro 42. Caracterización de corriente residual de laqueado, producción de carmín de grana cochinilla	93
Cuadro 43. Cuadro de derivados a producir, capacidad.....	96
Cuadro 44. Resumen de secuencia para desencerado.....	103
Cuadro 45. Resumen de secuencia para Extracto de grana cochinilla	104
Cuadro 46. Resumen secuencia Carmín	105
Cuadro 47. Capital Total de Inversión.....	179
Cuadro 48. Monto de materias primas.....	180
Cuadro 49. Costo anual de mano de obra	180
Cuadro 50. Costo de Servicios Auxiliares	181
Cuadro 51. Costo por mantenimiento	181
Cuadro 52. Monto Total Costo Variable.....	182
Cuadro 53. Cuadro Depreciación acelerada.....	182
Cuadro 54. Monto Costos Fijos.....	183
Cuadro 55. Costo Total del Producto.....	183
Cuadro 56. Flujo de Caja del Proyecto	185
Cuadro 57. Variación de la TIR contra precio de venta	188
Cuadro 58. Variación de la TIR contra producción de carmín	188
Cuadro 59. Variación de la TIR contra costos variables de producción	188

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Dimorfismo sexual en <i>Dactylopius coccus</i>	12
Fig. 2. Distribución de importaciones de grana cochinilla por presentación	31
Fig. 3. Presentación de importaciones de Chile a Perú para grana cochinilla seca	32
Fig. 4. Presentación de importaciones de Bolivia a Perú para grana cochinilla seca.....	32
Fig. 5. Distribución de exportaciones de grana cochinilla por presentación	36
Fig. 6. Presentación de exportaciones de Perú a España para grana cochinilla seca	36
Fig. 7. Presentación de exportaciones de Perú a Francia para grana cochinilla seca	37
Fig. 8. Variación de precio para importaciones de Perú grana cochinilla seca.....	38
Fig. 9. Variación de precio para exportaciones de Perú grana cochinilla seca.....	38
Fig. 10. Distribución de importaciones de carmín por presentación	41
Fig. 11. Distribución de exportaciones de carmín por presentación	45
Fig. 12. Variación de precio para importaciones de Perú carmín de grana cochinilla	46
Fig. 13. Variación de precio para exportaciones de Perú carmín de grana cochinilla	46
Fig. 14. Importaciones mexicanas de carmín para el periodo 1995 a 2012	56
Fig. 15. Diagrama de bloques de proceso productivo actual.....	74
Fig. 16. Diagrama de bloques de proceso actualizado 1/2.....	77
Fig. 17. Diagrama de bloques de proceso actualizado 2/2.....	78
Fig. 18. Reacción de obtención de carminato de calcio	91
Fig. 19. Reacción de obtención de carmín de grana cochinilla.....	91
Fig. 20 Punto de equilibrio del proyecto para 320 dólares por kilogramo de carmín	184
Fig. 21. Tasa Interna de Retorno	187

RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio de factibilidad técnico-económica para la actualización del proceso productivo de la grana cochinilla, así como de dos de sus derivados: extracto de grana cochinilla No. 5 y carmín de grana cochinilla.

A fin de llevar a cabo el estudio de factibilidad técnica, se efectuó una revisión del proceso actual con objeto de detectar los puntos susceptibles de actualización, considerando todas las etapas involucradas a lo largo del proceso productivo, el cual abarca actividades de:

- ❑ Cosecha del hospedero (nopal)
- ❑ Corte y lavado de éste para colocación en los invernaderos
- ❑ Infestación del hospedero con el insecto (grana cochinilla)
- ❑ Recolección del insecto, limpieza, clasificación, desencerado y molienda para su posterior procesamiento
- ❑ Producción de extracto de carmín y
- ❑ Producción de carmín de grana cochinilla

El proceso propuesto se diseñó con capacidad para producir seis ton/año de producto; tres ton/año de extracto de grana cochinilla número cinco y tres ton/año de carmín de grana cochinilla. A fin de determinar tiempos entre etapas de producción, algunas características de las corrientes y dimensionar el equipo, se realizó la obtención de los colorantes en el laboratorio 223 de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química.

En la selección de los procesos de producción de los colorantes se consideró que éstos fueran:

- ❑ Procesos con equipamiento mínimo y no especializado.
- ❑ Amigables con el medio ambiente, evitando el uso de reactivos tóxicos y/o contaminantes.
- ❑ Susceptibles de utilizar ecotecnologías, como el uso de secadores solares, a fin evitar el consumo excesivo de energía eléctrica.
- ❑ De fácil operación, accesible a personal con bajo perfil de estudios

- Generadores de subcorrientes de desecho mínimas, aptas para tratamiento y reutilización a fin de tener un proceso autosustentable

Por otra parte, se realizó el estudio de factibilidad económica a fin de determinar la rentabilidad del proyecto. De los resultados se puede observar que se obtiene una Tasa Interna de Retorno de 12.8% en un periodo evaluado de 10 años y un precio de venta de 320 dólares por kilogramo de carmín. Este valor de TIR calculada, solo es ligeramente superior al valor 8.92% de la tasa CETES para 28 días que se tomó como tasa de descuento. Por lo anterior se procedió a realizar un análisis de sensibilidad a fin de determinar cómo afectan al proyecto la variación del precio de venta, producción de carmín y variación en los costos de producción de carmín.

Con base en el análisis de sensibilidad se encontró que se obtiene una TIR de 20.36% aumentando la producción de 6 toneladas/año a 7.5 toneladas/año a un precio de venta de 320 dólares/kg de carmín. Sin embargo, para incrementar la producción se requerirá encontrar terreno en un valor menor a \$500/m² que fue el precio de venta encontrado y utilizado en este proyecto, dado que el proyecto es altamente demandante de superficie.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha resurgido el interés por los colorantes de origen natural debido a que se han comprobado los efectos negativos que tienen para la salud los colorantes sintéticos, particularmente los que imparten la coloración roja. A partir de estos descubrimientos instituciones como la FDA y el comité científico de la CEE han restringido el uso de ciertos colorantes, a consecuencia de esta prohibición se ha incrementado la demanda del colorante proveniente del insecto conocido como grana cochinilla, el cual puede variar su coloración de amarillo a púrpura dependiendo de parámetros como el pH.

A pesar de que los colorantes de grana cochinilla pueden ser sustituidos por colorantes fosfatados, soluciones etanólicas y pigmentos naturales de origen animal y vegetal se ha comprobado que el colorante de grana cochinilla posee mayor calidad y estabilidad que cualquiera de sus sustitutos, por tanto los colorantes de grana cochinilla no tienen competencia real.

Lo anterior, reviste gran importancia para México dado que la tecnología de producción del colorante está fuertemente arraigada al estado de Oaxaca. Sin embargo, a partir de la Independencia de México, la producción de este colorante se perdió y actualmente la producción es de tipo artesanal, siendo Perú y Chile los países líderes en la producción del insecto y del colorante.

En lo que se refiere a Perú la producción se realiza en tres zonas: Ayacucho, Lima y Arequipa con niveles de tecnificación variables, siendo Ayacucho, la zona de menor implementación tecnológica. En esta zona, la producción se reduce básicamente a la recolección, lo cual hace que los costos de producción de grana cochinilla sean bajos. Como desventaja, el porcentaje de ácido carmínico es variable y es la zona que presenta el menor porcentaje de ácido carmínico 18.5% contra 19 a 24% de la zona de Arequipa, la cual cuenta con alta tecnología.

En lo que se refiere a Chile se cuenta con una producción tecnificada con sistemas de riego por goteo y suministro de abonos que mejoran considerablemente la productividad y la calidad del producto llegando a tener mayor contenido de ácido carmínico (25 a 26.8%) que el producto peruano. Sin embargo, la producción, por decreto oficial, está restringida a la región norte del

río Choapa bajo estrictas condiciones de bioseguridad, pues la grana cochinilla está considerada como plaga cuarentenaria del país.

En el caso de México la demanda del producto se satisface, vía la importación, de países como Perú, Chile, Bolivia y España ya que la producción local es incipiente. Sin embargo, dado que la demanda se incrementa año con año y que se ha incorporado China a la lista de países importadores, se espera un repunte en la demanda así como la incapacidad de los actuales productores de grana cochinilla y los productos derivados para abastecer la demanda mundial.

Por esta razón se considera necesario que México retome la producción de grana cochinilla de forma competitiva con miras a sustituir las importaciones, y más aún que se produzcan los colorantes derivados de la grana cochinilla, los cuales tienen mayor valor agregado que la materia prima.

Para elevar la productividad y calidad del producto en nuestro país es necesario actualizar el proceso productivo, desde un punto de vista integral que contemple tecnologías limpias, que permitan recuperar algunas de las corrientes a fin de ser reutilizadas, modificaciones que permitan elevar la calidad del producto, así como contemplar aspectos de comercialización que permitan que los productores puedan obtener márgenes aceptables de utilidad. Bajo las condiciones que impone el medio mexicano estas tecnologías deben ser por una parte rentables y por la otra, sistemas sencillos con bajos costos de operación y mantenimiento.

Bajo estas consideraciones el objetivo general y los particulares de este trabajo fueron:

Objetivo general

Realizar la evaluación técnico-económica de la actualización de la tecnología para el proceso productivo de grana cochinilla así como sus derivados.

Objetivos particulares

1. Realizar el estudio de mercado que permita establecer la capacidad de la planta, así como conocer al líder en producción de grana cochinilla.

2. Proponer un proceso que contemple tecnologías amigables con el medio ambiente considerando reutilización de corrientes de residuos en otra parte del proceso.
3. Evaluar técnicamente que el proceso sea factible
4. Evaluar económicamente el proceso

El trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma:

En el capítulo uno se presenta los fundamentos teóricos de la investigación, con el objeto de proporcionar una visión general, que permita ubicar a la grana cochinilla y sus derivados en contexto de los colorantes naturales.

En el capítulo dos se presenta el estudio de mercado con información estadística principalmente de Perú, a fin de determinar precios de producto, importaciones, exportaciones, principales compradores y los productos líderes comercializados.

El capítulo tres presenta un estudio tecnológico a fin de evaluar la tecnología existente para producción de grana cochinilla así como para la producción de los colorantes de grana cochinilla a fin de seleccionar los procesos a proponer en este trabajo.

El capítulo cuatro presenta la evaluación técnica del proceso seleccionado, el cual previamente se había desarrollado en el laboratorio a fin de determinar algunos parámetros de diseño. En este capítulo se presenta la ingeniería básica preliminar que se realizó, a fin de dimensionar los equipos principales para su cotización.

En el capítulo cinco se desarrolla la evaluación económica del proceso propuesto a fin de determinar la factibilidad económica del proyecto.

El capítulo seis presenta los resultados obtenidos en este trabajo

Finalmente, el capítulo siete presenta las conclusiones del trabajo.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Colorantes

Colorante puede definirse como un producto susceptible de conferir su color a una sustancia incolora, de tal forma que ambas materias no puedan ser separadas. Este grupo de productos está formado por pigmentos, tintes y tintas, las cuales pueden ser de origen vegetal, animal o sintético.

1.1.1 Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos son pigmentos obtenidos mediante síntesis química, se dividen en:

Colorantes directos. Se absorben directamente por las fibras en soluciones acuosas, éstos a su vez se pueden dividir en ácidos o básicos. Los colorantes ácidos son sales de ácido sulfúrico o carboxílico que precipitan sobre la fibra. Por otra parte, los básicos son sales de amonio o complejos formados por cloruro de zinc o aminas.

Colorantes a la tina. Son sustancias insolubles que se pueden reducir a materiales alquilar solubles. El procedimiento de teñido se da mediante la aplicación del colorante en su forma reducida y su posterior reoxidación en presencia de la fibra.

Colorantes nitrados y nitrosados. Son nitro o nitroso derivados del benceno y naftaleno con algún grupo fenólico o amino. Su principal aplicación se encuentra dentro en la industria de los alimentos.

Colorantes azoicos. Este tipo constituye el mayor grupo de tinturas. Se producen al copular una amina aromática diazotada con un fenol o amina aromática.

Colorantes de difenil y de trifenil metano. Son tinturas básicas para lana, seda o algodón mordentado con ácido tánico. Su principal característica es su brillantez. Sin embargo,

presentan la desventaja de no ser resistente a la luz o lavado, excepto cuando son aplicados a fibras acrílicas.

1.1.2 Colorantes naturales

El término colorante natural, se aplica a aquellos productos de origen animal, vegetal o incluso mineral que se encuentran en la naturaleza. Se clasifican según su naturaleza química en diversos grupos como se puede apreciar en el cuadro 1.

Las fuentes de estos colorantes son:

- Vegetales: plantas superiores, algas, hongos y líquenes
- Animales: algunos insectos y organismos marinos invertebrados
- Minerales: óxidos de hierro y dióxido de titanio.

Colorantes de origen vegetal.

Antocianos. Son glucósidos flavonoides, cuyas geninas, llamadas antocianidinas, son derivados del 2-fenilbenzopirilio (flavilio) (Primo, 1995). Son los responsables de la coloración roja y azul de flores y frutos. Los cambios de color son función del pH, lo cual provoca reajustes electrónicos en la molécula.

Se obtienen de la piel de la uva y otros subproductos comerciales de las industrias del jugo de uva y del vino. Son sustancias relativamente inestables que se decoloran, principalmente por efecto de la luz. Son estables en medio ácido (pH bajo).

En la industria alimentaría se utilizan en productos ácidos con un pH inferior a 4, como jaleas, confituras, mermeladas y menos en productos cárnicos, lácteos, de pastelería, vegetales, vinos y conservas de pescado. Se sabe que cuando el ser humano ingiere este tipo de colorante, buena parte es destruido por la flora intestinal y los restos absorbidos se eliminan en la orina y fundamentalmente en la bilis, previas ciertas transformaciones (Cuevas *et al*, 2008).

Cuadro 1. Clasificación de colorantes según su naturaleza química (Sing, 1997)

Naturaleza Química	Ejemplo	Color Predominante	Longitud de onda $\lambda_{\text{máx}}$, nm
Tetrapirroles (lineales y cíclicos)	Ficobilinas	Azul-verde	610-650 (ficocianinas)
		Amarillo-rojo	540-570 (ficoeritrinas)
	Clorofila	Verde	640-660
Carotenoides (tetraterpenoides)	Carotenoides	Amarillo-anaranjado	400-500
Flavonoides	Flavonas	Blanco-crema	310-350
	Flavonoles	Amarillo-blanco	330-360
	Chalconas	Amarillo	340-390
	Auronas	amarillo	380-430
	Antocianinas	Rojo-azul	480-550
Xantonas	Xantonas	amarillo	340-400
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde	
	Antraquinonas	Rojo-púrpura	420-460
Derivados Indigoides e indoles	Índigo	Azul-rosado	
	Betalainas	Amarillo-rojo	470-485 (betaxantinas) 530-554 (betacianinas)
Pirimidinas sustituidas	Pterinas	Blanco-amarillo	
	Flavinas	amarillo	
	Fenoxazinas	Amarillo-rojo	
	Fenazinas	Amarillo-púrpura	

*Valores aproximados, los valores varían de acuerdo al modelo de sustitución y a los solventes utilizados; solo se señala el intervalo de absorción a mayor longitud de onda.

Tomada de Sing, 1997.

Betalainas. Son estructuras de glucósidos, derivados de la 1,7-diazoheptametina, los cuales se han dividido en dos grandes clases: betacianina (rojos) y las betaxantinas (amarillos), se encuentran en el betabel, tuna roja y las flores de bugambilia. Las más estudiadas son las del betabel, que se localiza en la vacuolas y cuya betacianina principal recibe el nombre de betanina, la cual representa hasta el 95% de los pigmentos (Badui, 1993).

El betabel es la fuente comercial más importante de estos pigmentos. El color rojo se debe a un alcaloide, la betanidina que unido a diversos azúcares en forma de glucósidos, da lugar a las betaninas; es un producto estable a pH entre 4 a 6. Su principal aplicación es en productos lácteos dirigidos al público infantil, pero también se usa en caramelos duros, chicle de frutas,

postres de gelatina y mezclas en polvo para hacer bebidas, en repostería, helados, conservas vegetales, mermeladas, conservas de pescado y en preparados a partir de queso fresco.

Se ha sugerido usar betalaínas en la elaboración de productos cárnicos embutidos, debido a que los nitritos han causado controversia por su implicación en la síntesis de nitrosaminas, se considera que la mezcla de betalaínas y sorbato de potasio puede sustituirlos (Badui, 1993).

Caramelo. (E-150), Pertenece a la clase de las meloidinas. Inicialmente se fabricaba por calentamiento de la sacarosa en baño abierto; en la actualidad se obtiene de diversos carbohidratos como el azúcar invertido y el jarabe de glucosa procedente de la hidrólisis de diferentes almidones en presencia de catalizadores como el amoníaco. Fue el primero en ser empleado en bebidas alcohólicas y es de los más usados en las bebidas de cola, caramelos, cerveza, helados, postres, sopas preparadas y diversos productos cárnicos. De sus efectos en el ser humano, se ha establecido que aproximadamente la mitad de los componentes del caramelo son azúcares asimilables.

Carotenoides. Son colorantes poliénicos rojos y amarillos cuya molécula posee un grupo cromóforo de dobles enlaces conjugados en una cadena alifática ramificada (grupos metilo), formada por ocho restos isopropeno. Son por lo tanto, tetraterpenos. Algunos son lineales, pero la mayor parte tienen uno o dos ciclos (Primo, 1995). Constituyen un amplio grupo de pigmentos de origen vegetal (frutos y flores) así como animal, que se encuentran presentes en los cítricos, zanahorias, tomates rojos, pimiento, naranjas, melocotones, aceite de palma, azafrán, yema de huevo, trucha, salmón y algas.

Las principales fuentes de obtención son los residuos de pulpa y melazas procedentes de las fábricas de cítricos. Son bastante estables siempre que se limite su exposición al aire. No son muy solubles en grasas y, con excepción de la norbixina, prácticamente nada en agua. Algunos de ellos tienen la capacidad de transformarse dentro del organismo en vitamina A. Son empleados en la industria alimentaria para colorear productos lácteos (mantequilla, margarina, yogurt y quesos) y productos cárnicos, productos derivados de huevos, conservas de pescado y vegetales; mermeladas, bebidas refrescantes y helados.

Clorofilas y Clorofilinas (E-140 y E-141) Son estructuras formadas por cuatro anillos pirrólicos (porfirina) con un átomo de magnesio en el centro y una molécula de fitol esterificada al ácido propiónico de uno de los anillos (Cubero *et al*, 2002). Son pigmentos verdes, presentes en las

plantas fotosintéticas, incluidas algunas algas y bacterias. Se obtiene por extracción por solvente a partir de alfalfa, ortigas y de otras materias vegetales comestibles. La coloración va de verde oliva a verde oscuro, lo cual es función de la cantidad de magnesio ligado.

Tanto la clorofila como la clorofilina utilizados como colorantes alimentarios, son sustancias sin límite de ingestión pues se absorben muy poco en el tubo digestivo. Las clorofilas naturales son sustancias muy inestables. Las afecta el calor, los ácidos, la luz, el oxígeno y su degradación se asocia al envejecimiento. Como aditivos alimentarios se utilizan ocasionalmente en aceites, chicle, helados y bebidas refrescantes, en sopas preparadas y en productos lácteos (queso y yogures). Su uso está permitido en la Unión Europea, pero en Estados Unidos sólo está autorizado como colorante de pasta para dientes, se tiene prohibido su uso en Canadá.

Curcumina. Di (hidroxi-4-metoxi-3-fenil)-1,7-heptadieno-1,6-diona-3,5, el principal colorante presente en el rizoma de la planta *Curcuma longa*, planta que se cultiva en países tropicales, principalmente India, China, Pakistán, Haití y Perú (Cubero *et al*, 2002). Es un colorante con propiedades aromáticas cuando se utiliza la especia completa o la oleorresina. Su coloración varía de amarillo limón a color naranja para pH ácido y alcalino, respectivamente. Se utiliza como colorante de mostazas, en preparados para sopas y caldos y en algunos productos cárnicos. Es un colorante tradicional en productos lácteos como helados de vainilla, también se emplea en panadería mezclada con annato para dar color amarillo. El colorante de la cúrcuma se absorbe relativamente poco en el intestino, y aquel que es absorbido se elimina rápidamente por vía biliar.

Xantofilas. Son derivados oxigenados de los carotenos, con características de alcohol, aldehído, o ácido. Por su insaturación, son sensibles al oxígeno, a la luz, a los metales y a las lipoxigenasas. Existen, en gran número y variedad en la naturaleza, son responsables de las coloraciones amarillas y anaranjadas, aunque muchas veces éstas estén enmascaradas por el color verde de la clorofila. Las xantofilas se encuentran también en el reino animal, como pigmentos de la yema del huevo (luteína) o de la carne de salmón y concha de crustáceos (cantaxantina). En la industria alimentaria se utiliza para dar color a helados. Se sabe que, en altas dosis pueden provocar problemas oculares.

El Carbón vegetal (E-153) se obtiene por la combustión de materias vegetales en condiciones controladas. El proceso de fabricación debe garantizar la ausencia de ciertos hidrocarburos que

podrían formarse durante el proceso de carbonización y que son cancerígenos. Este colorante se usa en gran cantidad en la industria farmacéutica, y muy poco en el campo de los alimentos. En Estados Unidos no está aprobado su uso por considerar que faltan datos acerca de la posible contaminación del carbón con aminas heterocíclicas.

Colorantes de origen animal.

Caracol Púrpura (*Purpura pansa*). Se distribuye desde el extremo sur de Baja California hasta el sur de Colombia y las Islas Galápagos. Se caracteriza por secretar un fluido púrpura intenso, el cual se utiliza como colorante en tinción de textiles. El colorante es producido en la glándula hipobranquial del molusco, al ser expulsado al exterior y en contacto con el aire y la luz sufre un proceso de foto oxidación, el cual hace que su coloración cambie de blanco inicial a un tono púrpura intenso.

Como característica distintiva con respecto a otros moluscos con los cuales es indispensable romper la concha y extraer la glándula que contiene el tinte, con el caracol púrpura la extracción se realiza estimulando el pie y el opérculo del animal con lo cual es posible hacer extracciones sucesivas a estas especies sin recurrir al sacrificio.

Insectos

Grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*) es un insecto parásito de los cladodios del nopal (*Opuntia* spp.) cuyas hembras poseen importancia económica como fuente de ácido carmínico. El color del ácido carmínico va de rojo violáceo, dependiendo del pH. A pH alcalino ofrece tonos rojo-azulados mientras que a pH ácido predomina la tonalidad roja.

Kermes. Colorante animal de origen mediterráneo. La sustancia colorante que contiene, ácido kermésico, se obtiene de las hembras fecundadas de los insectos *Kermes ilicis* L. y *Kermes vermilio* Planchón, parásitos de la encina (*Quercus ilex* L.) y de la coscoja (*Quercus coccifera* L.), respectivamente. Desde la desaparición del Murex en la alta Edad Media, hasta la total aceptación de la grana cochinilla en el bajo Renacimiento, el Kermes fue la materia tintórea por excelencia de los rojos de lujo.

Colorantes de origen mineral.

Óxido de hierro. Los óxidos de hierro se encuentran naturalmente, pero suelen elaborarse por medio de un tratamiento con sulfato ferroso o cloruro ferroso con un álcali, seguido de oxidación del hidróxido. La gama de coloración que se puede obtener abarca los colores negro, marrón, rojo, e incluso amarillo. Se utiliza como colorante de superficie en quesos.

Dióxido de titanio. Existe en la naturaleza en las formas llamadas rutilo y anatasa (forma cristalina del dióxido de titanio), la cual es la más empleada, se sintetiza a partir de la hidrólisis del sulfato de titanio. Es el pigmento blanco, se utiliza principalmente en alimentos viscosos y semisólidos en los que permanece disperso. También se añade en líquidos combinados con lacas para evitar la sedimentación. Se utiliza en pastelería y confitería.

1.1.2.1 Aplicaciones de los colorantes naturales

Debido a su inocuidad los colorantes naturales pueden ser utilizados en la industria de los alimentos, la farmacéutica y de los cosméticos.

Coloración de alimentos

El objetivo de la coloración de alimentos es proporcionar, reforzar u homogeneizar el color a los alimentos, la adición de los colorantes se hace necesaria a fin de:

- ❑ Modificar el color, debido a que los productos poseen una débil intensidad en el color con respecto a lo que los consumidores esperan debido a los ingredientes que lo componen por ejemplo las bebidas y salsas.
- ❑ Uniformar el color en los productos debido a la variedad de la calidad de la materia prima
- ❑ Compensar color debido a la pérdida de éste durante los procesos de manufactura. Por ejemplo la preservación de la fruta
- ❑ Colorear productos incoloros tales como la margarina, dulces y postres.

Coloración de productos cosméticos

El color juega un papel dominante en la industria cosmética. Para la coloración de productos cosméticos existen cuatro diferentes tipos de colorantes:

- a) solubles en agua
- b) lacas insolubles
- c) colorante solubles en aceites
- d) pigmentos y sus derivados dispersos en agua

Por otra parte, dependiendo del tipo de contacto que el cosmético tenga con el cuerpo se establecen cinco grupos

Grupo 1. Estos colorantes pueden ser utilizados en la manufactura de todos los productos cosméticos.

Grupo 2. Estos colorantes no pueden ser utilizados en la manufactura de productos cosméticos que tengan contacto con las mucosas de los ojos, especialmente aquellos productos para remover maquillaje.

Grupo 3. Estos colorantes no pueden ser utilizados en la manufactura de productos cosméticos que puedan estar en contacto con las mucosas.

Grupo 4. Estos productos sólo pueden ser utilizados en la manufactura de productos cosméticos que están en contacto con la piel por tiempo muy corto.

Grupo 5. Estos colorantes solo pueden ser utilizados en la manufactura de barnices para uñas.

Coloración de productos farmacéuticos

Los medicamentos de hoy en día son presentados con color, sabor y aroma, favoreciendo su grado de aceptación particularmente en pacientes pediátricos, además de la facilidad para diferenciarlos e identificarlos.

Las características que debe poseer un colorante utilizado en el área farmacéutica son:

- ❑ No debe ser reactivo
- ❑ Debe ser estable
- ❑ Se debe incorporar fácilmente al sistema al cual se está agregando
- ❑ No debe impartir olor ni sabor al producto
- ❑ No debe interferir con efecto terapéutico del producto
- ❑ Ser compatible con los demás componentes de la formulación

Entre los productos farmacéuticos más frecuentemente coloreados se encuentran:

- ❑ Tabletas con y sin recubrimiento
- ❑ Cápsulas de gelatina dura y blanda
- ❑ Preparaciones líquidas orales

1.1.2.2 Legislación

En lo que respecta a la legislación en México los colorantes naturales están normados por la NOM-119-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Materias Primas para Alimentos, Productos de Perfumería y Belleza. Colorantes Orgánicos Naturales. Especificaciones Sanitarias, la cual establece las especificaciones de identidad y pureza de los colorantes orgánicos naturales para su aplicación en alimentos, productos de perfumería y belleza, en los que se emplean como materias primas.

Con base en el apartado 6.1.10.2 Pureza para la grana cochinilla en el cuadro 2 se pueden observar las características que establece la NOM-119-SSA1-1994 para la grana cochinilla y el carmín respectivamente.

Cuadro 2. Parámetros que establece la NOM-119-SSA1-1994

Parámetro	Grana cochinilla	Carmín
Arsénico (como As)	< 1 mg/kg	< 1 mg/kg
Plomo (como Pb)	< 10 mg/kg	< 10 mg/kg
pH	5 – 5.5	N.A.
Proteína (N X 6,25)	< 2.2%	N.A.
Sólidos totales	5.7 – 6.3%	N.A.
Alcohol metílico	<150 mg/kg	N.A.
Ácido carmínico	No menos de 1.8%	No menos de 50%
Materia volátil @ 135°C por 3 h	N.A.	< 20%
Cenizas	N.A.	< 12%

Adicional a la normatividad mexicana la grana cochinilla, así como sus derivados deberán cumplir con la reglamentación internacional impuesta por la Food and Drug Administration (FDA) y la institución correspondiente de la Unión Europea.

1.2 Grana cochinilla

La grana cochinilla, *Dactylopius coccus* Costa, es un insecto parásito fitófago perteneciente a la familia Dactylopiidae, cuyo huésped son los nopales o tunas del género *Opuntia*. Al igual que todos los demás miembros del género *Dactylopius*, es originario de América; existía controversia acerca de su zona de origen, porque su área de distribución comprende México, el sur de Estados Unidos, Perú y los países andinos vecinos, ahora se acepta que su origen está en México (Portillo,2009).

Se le conoce con el nombre de grana cochinilla del carmín en Perú; grana cochinilla, grana cochinilla grana, o nocheztli en otros países, sin embargo, el nombre aceptado por convención es grana cochinilla y a su pigmento como carmín de grana.

1.2.1 Descripción morfológica

La grana cochinilla posee cuerpo ovalado de superficie convexa, segmentada que aparenta estrías. El cuerpo está cubierto por cera a manera de polvo blanco, lo cual le da apariencia de

gránulos blanquecinos sobre la superficie de los cladodios del nopal. Cuando se separa la cera blanca que la cubre, su color varía de gris a negro, esto se debe al proceso de oviposición, entre más oviposita va cambiando el color. Una vez que la grana se fija al nopal pierde las alas y sus patas se reducen mostrando únicamente el cuerpo granular ovalado.

1.2.2 Clasificación

La clasificación taxonómica se basa en las características de las hembras. En 1835 Costa L estableció la clasificación taxonómica de la grana cochinilla. El nombre científico fue *Dactylopius coccus* costa en honor a este investigador. En el cuadro 3 se muestra la clasificación actual de la grana cochinilla.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la grana cochinilla (Piña, 1984, Viguera et al., 1993).

Clasificación	
Clase:	Insecta
Orden:	Homoptera (Hemiptera)
Suborden	Sternorrhyncha
Superfamilia	Coccoidea
Familia	Dactylopiidae
Género:	Dactylopiidae
Especie:	<i>coccus</i>

1.2.3 Ciclo biológico

Con respecto al ciclo biológico, se sabe que la hembra presenta tres etapas; huevo, ninfa y adulto. Mientras que el macho presenta cuatro etapas huevo, ninfa, pupa y adulto. Marín y Cisneros (1977) reportaron que la hembra pasa por los instares de huevo, ninfa y adulto, mientras que el macho presenta los instares de huevo, ninfa, pupa y adulto (Figura 1). Ambos presentan dos estados ninfales muy similares previos al adulto.

La hembra, que es la que se utiliza para extraer el pigmento, tiene forma ovalada, mide en promedio 6.24 mm de largo por 4.71 mm de ancho, pero aumenta de tamaño cuando está próxima a ovopositar. La duración del ciclo biológico desde la fase de huevo hasta adulto es variable ya que puede ser desde 90 hasta 103 (Marín y Cisneros, 1977) o 128 días (Condeña,

1997), variabilidad que está en función de la temperatura y humedad, puesto que puede alargarse en climas fríos o reducirse en climas cálidos.

Por otro lado, el macho forma un capullo o pupa y al emerger de éste presenta dos pares de alas, la cabeza, tórax y abdomen bien diferenciados, segmentos que no se aprecian a simple vista en la hembra. Mide aproximadamente 2.2 mm de ancho por 4.8 mm de expansión alar (Marín y Cisneros, 1977).

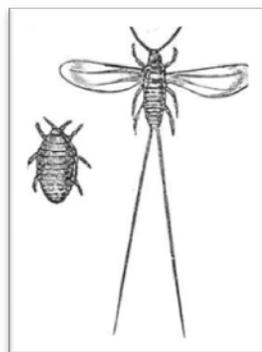


Fig. 1. Dimorfismo sexual en *Dactylopius coccus*

1.2.4 Factores bióticos y abióticos que afectan a la grana cochinilla

El ciclo de la grana cochinilla es afectado tanto por factores bióticos tales como: nopales hospederos, enemigos naturales, enfermedades, competencia con otros fitófagos, etcétera, como por factores abióticos como la lluvia, temperatura, luz, viento, suelo, etc.

1.2.4.1 Factores abióticos

De los factores abióticos se considera que el más importante para el desarrollo de la grana es la temperatura; al respecto diferentes investigaciones han demostrado que éste guarda una relación inversamente proporcional con la duración del ciclo biológico. Llanderal y Nieto (2001) determinaron la duración del ciclo biológico para cuatro diferentes temperaturas 20, 24, 28 y 32°C encontrando que el ciclo más corto (60 a 64 días) se llevó a cabo a 28°C, mientras que a 32°C no se dio debido a que las hembras murieron antes de iniciar la reproducción. El estudio

se realizó a una humedad relativa promedio del 40% y con fotoperíodos de 12 horas de luz por 12 horas de obscuridad.

Por otra parte, se sabe que la grana cochinilla busca lugares sombrados al eclosionar, que no prospera en lugares con alta humedad relativa y que los factores más adversos para su producción son la lluvia y el viento. Estos dos últimos factores provocan que en nuestro país la producción de grana cochinilla se realice bajo cobertizos o tapescos, aunque se ha reportado que en una región de Jalisco, con una precipitación superior a los 70 mm anuales, se ha logrado mantener por dos años una cría de grana cochinilla a cielo abierto. En el cuadro 4 se presenta los principales factores abióticos y su influencia sobre la cría de la grana cochinilla.

Cuadro 4. Principales factores abióticos que intervienen en la cría de grana cochinilla, (Portillo y Viguera, 2002)

FACTOR	EFFECTO	REFERENCIA
TEMPERATURA	Duración del ciclo biológico, disminución del número de machos Grado de oviposición de las hembras, establecimiento de ninfas	Méndez, 1992 Tekelenburg, 1995
PRECIPITACIÓN	Eliminación hasta del 100% de la población de grana cochinilla Sofocación, chamusco, chorreo y pérdida de la grana cochinilla Establecimiento y desarrollo	Campos et al, 1988 Alzate et al, 1777 CIID-Canadá, 1997
VIENTO	Limita el establecimiento de las ninfas Diseminación por arrastre de la grana cochinilla	Aquino, 1992 Maldonado, 1983
LUMINOSIDAD	Desplazamiento de las ninfas Crecimiento y desarrollo	Flores et al, 1991 Aquino, 1992
GRANIZADAS	Arroja la grana cochinilla al suelo	Alzate et al, 1777
HELADAS	Elimina más del 50% de la grana cochinilla	Alzate et al, 1777

1.2.4.2 Factores bióticos

A este respecto tres son los principales factores que afectan la producción de grana cochinilla: Tipo de hospedante, los enemigos naturales y competencia con otros fitófagos.

Enemigos naturales

La grana cochinilla está expuesta a diferentes enemigos naturales, los cuales afectan considerablemente la producción de ésta si no son controlados de forma conveniente. Estos

depredadores afectan principalmente a la grana cochinilla en sus estados inmaduros extrayendo el ácido carmínico o bien comiéndosela.

El uso de insecticidas como medio de control, se debe realizar de forma cuidadosa pues éstos afectan a la grana cochinilla, pudiendo llegar a causarle la muerte. Asimismo, el exceso de éstos puede llegar a causar quemaduras al nopal (Del Río y Loera, 2005). A este respecto, la Universidad de Guadalajara realizó trabajos a fin de identificar y controlar los diferentes depredadores de grana cochinilla mediante el aislamiento de feromonas, diseño de trampas y la utilización de insecticidas con base de bacterias, obteniendo buenos resultados con el *Bacillus thuringensis* como control del gusano telero.

En el cuadro 5 se pueden observar los principales enemigos naturales de la grana de grana cochinilla.

Cuadro 5. Insectos depredadores de la grana cochinilla, adaptado de Portillo y Viguera (1998)

Clasificación	Nombre común	Efecto
Lepidoptera: Pyralidae <i>Laetilia coccidivora</i>	"gusano telero"	Es un gusano de color blanco que en estado larvario es blanco, al extraerle el colorante se torna rojizo. Se dice que llega a matar de tres a cuatro grana cochinillas al día.
Diptera: Syrphidae No identificado	"gusano tambor"	Es de color amarillo con puntos negros, reconoce por dejar un camino punteado después de haberse comido a la grana cochinilla. En su estado adulto se convierte en una avispa, la cual deposita sus huevos en los nopales
Neuroptera: Hemerobidae <i>Sympherobius sp.</i>	"gusano aguja"	Debido a que es pequeño comparado con los otros depredadores (alargado de 2mm aproximadamente) se come a la grana cochinilla en su primer estado ninfal.
Coleoptera: Coccinellidae <i>Hyperaspis sp.</i> <i>Chilocorus sp.</i>	"catarinita"	

1.3 Plantas hospederas

1.3.1 Tipos de nopal utilizados en la producción de grana cochinilla

Diversas especies de los géneros *Opuntias* pp y *Nopaleas* pp están asociados al cría de la grana cochinilla. No obstante, el cría tradicional se ha realizado en las especies *Opuntia ficus-*

indica, (nopal de Castilla), *Opuntiatomentosa* (nopal de San Gabriel), *Opuntiapillifera* (nopal de San Cristóbal). Sin embargo, Méndez (1992) reporta que se obtuvo buen desarrollo de grana cochinilla en nopal para fruto como son el fafayuco y el amarillo del altiplano potosino-zacatecano.

1.3.2 Composición química del nopal

Uno de los compuestos más importantes en la constitución química del nopal es el mucílago contenido en las células mucilaginosas. El mucílago es ácido combinado con arabinosa, galactosa, ramnosa y ácido galacturónico (Sands y Klass citados por Trachtenberg y Meyer, 1981). Se cree que el mucílago podría contribuir a la resistencia a las heladas y como cicatrizante de heridas.

Por otra parte, el calcio es el principal constituyente mineral, se encuentra en forma de oxalatos de calcio o en forma libre. El oxalato llega a constituir hasta el 85% de las cenizas en ejemplares viejos (Bravo citado por Castillo, 1993). Otros elementos presentes en los cladodios son nitrógeno, fósforo, magnesio y potasio, de éstos la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio disminuye al ir incrementándose la edad del cladodio, mientras que la concentración de calcio y magnesio aumenta.

1.3.3 Distribución

La familia Cactaceae tiene su origen en América. México es el país con mayor diversidad de cactáceas, entre ellas destacan los nopales (*Opuntia* spp.) con más de 110 especies, las cuales se distribuyen por casi todo el país.

La especie más común en la cría de grana cochinilla es *O. ficus-indica* y se encuentra distribuida en la actualidad en todas las regiones tropicales del mundo, de hecho la cría de este insecto en Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Islas Canarias, Sudáfrica y otras regiones del planeta, utiliza sólo a esta especie como planta hospedera, ya que presenta una gran diversidad genética, que le permite adaptarse y muy probablemente desarrollar biotipos en periodos relativamente cortos.

1.3.4 Plagas y enfermedades

El nopal (*Opuntia* spp.) presenta un gran número de parásitos, principalmente insectos y microorganismos, los cuales son conocidos como plagas y enfermedades del nopal. Entre las últimas las más comunes son la necrosis bacteriana, la mancha plateada por hongos, y el engrosamiento del cladodio. En el cuadro 6 se pueden observar algunas de las plagas más comunes en los nopales.

Cuadro 6. Plagas más comunes en el nopal (Del Río y Loera, 2005)

Nombre común	Nombre científico	Daño ocasionado
Picudo barrenador	<i>Metamasius spinolae</i>	Se alimentan de los bordes de las pencas tiernas y las larvas hacen huecos en el interior. En las partes afectadas se presentan secreciones de consistencia gomosa.
Picudo de las espinas	<i>Cylindrocopturus biradiatus</i>	Las larvas se alimentan del nopal provocando escurrimiento que forma escamas y secreciones que endurecen rápidamente.
Chinche gris	<i>Chelinidea tabulata</i>	Provoca manchas al alimentarse mediante la succión de la savia
Gusano cebra	<i>Olycella nephelepsa</i>	Las larvas viven en el interior de la penca provocando abultamientos exteriores.
Gusano blanco	<i>Lanifera cyclades</i>	Las larvas recién nacidas avanzan hacia el interior de la penca perforando la parte interna, lo que evita nuevos brotes y/o la muerte del nopal
Grana cochinillas	<i>Dactylopius</i> spp.	Provocan severos ataques a la planta, pueden causar la caída del fruto, debilitamiento de la planta y finalmente la muerte.

1.4 Producción de grana cochinilla

1.4.1 Formas de cría

En México se han empleado principalmente dos formas de cría para la cría de grana cochinilla, la primera en plantas establecidas, utilizadas por algunos campesinos a nivel familiar, y la segunda en cladodio (penca) cortado para proteger al insecto en cobertizos. Dependiendo de la época estacional. Actualmente la forma de cría de este insecto se ha modificado de acuerdo al clima, temperatura, presencia de depredadores, disponibilidad del hospedero, y otros factores abióticos propios de cada región. Algunas de las formas empleadas son:

Microtúneles: Se utilizan materiales que proporcionan sombra, tales como plástico negro y malla verde de 1mm de diámetro (Méndez, 1990). Se emplean para planta establecida de aproximadamente dos o tres años de edad o cladodios plantados de un año (Loera, 2005 comunicación personal). Este procedimiento es útil en regiones donde las lluvias son abundantes, la temperatura es menor a 10°C, o cuando se quiere disminuir el ciclo biológico del insecto (Tekelenburg, 1995).

Cobertizos o tapescos: Su uso se recomienda cuando se dispone de poco material hospedero, si la cría del insecto no puede realizarse en planta establecida, si se requiere incrementar la colonia de grana cochinilla o cuando ésta se quiere proteger de los factores abióticos.

En su interior se construyen camas, en las cuales se siembran los cladodios previamente cortados, los cuales tienen de uno a dos años de edad. Las camas son de 1 metro de ancho por 2.5 de largo y con altura de 15 cm, en dos niveles. Las cuales son construidas con materiales propios de la región, éstas cuentan en el fondo con plástico que evita que la humedad escurra sobre el nivel inferior. Sobre el plástico se cuenta con una capa de arena mezclada con abono. Se recomienda que la cama cuente con tres centímetros de arena y de 8 a 10 cm de abono (Del Río y Loera, 2005).

Planta o penca con sistema de cría hidropónico: Esta nueva forma se desarrolló en Perú y México (Vigueras, 1992) donde se emplean formulaciones con macro y micronutrientes que favorecen el crecimiento del nopal y por consiguiente de la grana cochinilla.

Otras formas de producción: Perú, el primer productor mundial de grana cochinilla, presenta un amplio espectro de producción, que va desde el proceso de recolección del insecto de nopales que crecen en forma silvestre en la sierra por campesinos, principalmente niños y mujeres, a producción tecnificada en la costa sur del país en Arequipa, por la empresa Colca APX, la cual tiene plantadas 100 ha de nopal *O. ficus-indica*, con un sistema de riego por goteo. En estas condiciones es posible plantar altas densidades que varían entre 2,500 a 9,000 plantas/ha, con la finalidad de hacer rentable su producción (Flores, 1995).

Por otra parte, en el norte de Chile, en particular en la Región I en la Serena, un grupo de empresarios peruanos y chilenos están produciendo grana cochinilla en forma similar a la peruana (Flores, 1995).

En Cochabamba, Bolivia, en el año de 1990 dio inicio a la cría de grana cochinilla en ambientes semicontrolados. Las construcciones fueron hechas de adobe, los techos de lámina de lata, plástico intercalado y tejas y los pisos de tierra compacta y cubiertos con aislante de aserrín de madera. Dentro de éstas se colocan estantes para plantas o colgar los cladodios de nopal; cada estante con cuatro pisos a una distancia de 50 cm entre pisos (Tekelenburg, 1995).

En Sudáfrica la cría de grana cochinilla se inició como un programa para el control de nopal (*O. ficus-indica*) y actualmente ha tomado importancia comercial; se utilizan cladodios sujetos a alambres a manera de ganchos por presión, éstos son introducidos en cobertizos (Zimmerman y Brutch, 1988).

En las Islas Canarias la cría de grana cochinilla es desarrollada en tres islas: la Gran Canaria, Tenerife, y Lanzarote, para lo cual utilizan planta establecida de tres años de edad (Flores, 1997).

1.4.2 Métodos de infestación

Tenate (método oaxaqueño): La infestación consiste en colocar las grana cochinillas madre en la base de planta del nopal, por medio de nidos tejidos de palma que se recomienda fijarlos por un periodo de 15 a 20 días, tiempo en el cual las hembras están liberando los huevecillos, además es recomendable hacer una rotación de nidos, hacia las partes de la planta que no presenten una infestación adecuada con la finalidad de que exista una distribución más homogénea del insecto (S.D.R., 1990).

Bolsa de Tul (método peruano). Se emplean grana cochinillas madre, las cuales se introducen en las bolsas de tul (aproximadamente 6 x 6 cm de lado) para luego ser fijadas en las bolsas con la ayuda de espinas u otro material no metálico para evitar la pudrición de la penca. La ubicación de las bolsas debe ser en el tercio medio de la planta por la tendencia de migración ascendente de las crías en busca de pencas, que son las preferidas para su establecimiento. Sobre este método Gareca (1993) comenta que se deben hacer grupos de 15 a 20 grana cochinillas madre. Para colocarlas en cladodios de 3 años para que emigren a los cladodios superiores de 1 a 2 años (Tukuypaj, 1993).

Ricci. Consiste en realizar una pequeña incisión en el tercio medio del cladodio de forma triangular de 2 x 2 x 2 cm por 0.5 cm de profundidad, que luego que cicatricen sirvan de soporte para las hembras oviplenas (OV) y sus oviposturas (Portillo, et al., 1992).

Penca al pie. Consiste en cortar las pencas del nopal infectadas con colonias de grana cochinilla cerca de la fase de oviposición; este procedimiento mejora si se coloca la penca-semilla entre dos pencas; para que quede protegida del sol y el viento sujetándose con un cordón o con espinas. El proceso de infestación se produce al ovopositar las hembras fijadas en la penca; las crías migrantes pasan a la penca de las futuras plantas hospederas para fijarse (Tukuypaj, 1993).

Paño o algodón. En este método se utilizan paños y/o algodones sobre grana cochinilla oviplena fresca, ya que al ovopositar las crías suben por el paño quedando entrampado; entonces estos paños pueden ser llevados y adheridos a las plantas a infestarse (Tukuypaj, 1993).

Nido de caña. Consiste en cosechar oviplenas y colocarlas dentro de una caña hueca con pequeñas perforaciones, que permitan salir las crías. Los orificios laterales pueden ser tapados con material fibroso y/o algodón. Una vez llenados con grana cochinilla se procede a colocarlos sobre la penca en forma horizontal, con ayuda de algún cordón de lana u otro material (Tukuypaj, 1993).

Penca infestadora. Consiste en cortar de la inserción del tallo las pencas infestadas con un gran número de hembras adultas en plena oviposición para luego quitar el cladodio dejando de 15 a 20 grana cochinillas por cada parte para después infestar la porción del cladodio mediante una espina más o menos larga (Gareca, 1993).

Bandeja con malla milimétrica. Se aplica a los cladodios sin raíces, es decir se cortan cladodios que reúnan las condiciones óptimas para la infestación y posterior a la infestación se cuelgan en un ambiente húmedo y con ventilación adecuada. Se elabora en un marco de madera de 10 x 90 cm, con cuatro patas formando con malla milimétrica. En el marco, se coloca una cantidad de oviplenas y abajo los cladodios de un año. Al marco se le da un movimiento horizontal 2 veces por día y los cladodios se retiran a las 48 horas para luego proceder a colgarlos (Gareca, 1993).

Colocación del nido en la penca. Una vez elegido el material para infestar, el nido se coloca en la parte media de la penca y se sujeta con espinas, nunca con alfileres o alambres, ya que esto propicia que se pudra o se dañe la penca.

1.5 Cosecha y manejo postcosecha

La cosecha del insecto implica separarlo cuidadosamente de la planta hospedera a fin de no dañarlo. La grana cochinilla es colectada de diversas maneras, lo cual está principalmente en función de las formas de realizar la cría del insecto y de las características fenotípicas de la planta hospedera.

En la sierra Peruana existen instrumentos, cosechadores, que están elaborados de varas y palos de diversa longitud (aproximadamente de 0.60 a 1.50 m), en cuyo extremo se fija una cuchara, escobilla o un pequeño trozo de fleje metálico. Los dos últimos se utilizan preferentemente cuando se cosecha de plantas espinosas. El producto cosechado se captura en bolsas cónicas de manta que están montadas en aros de alambre, mismos que se fijan a varas y palos similares a los cosechadores. La grana cochinilla cosechada se deposita en cajas de madera o cartón, cuyo peso no exceda los 10 kg, para así evitar la formación de grumos por apelmazamiento (Condeña, 1997). En Bolivia el procedimiento de cosecha es similar al peruano.

En Chile y la región costera de Perú, donde hay plantaciones tecnificadas de plantas hospederas en alta densidad, la grana se cosecha cortando pencas para después desprender a los insectos mediante aire a presión. La producción se captura en carretillas que soportan una pared de malla para permitir que fluya el aire utilizado para desprender a los insectos, pero que retengan a éstos últimos. Una forma similar de cosecha se utiliza en Sudáfrica, donde se ha cultivado grana cochinilla en nopalotecas, aquí la separación del insecto también se hace con aire a presión, sólo que la grana cochinilla se recoge en depósitos de madera fijos en lugar de carretillas.

En las Islas Canarias, la cosecha se realiza después de tres meses de efectuada la infestación y se prolonga hasta la aparición de las primeras lluvias en Noviembre. Para la cosecha del insecto, se utiliza un tipo de cuchara a manera de recogedor denominado “milana”.

Por otra parte, en México la cosecha del insecto es mediante trozos de carrizo (tallos huecos y endurecidos de gramíneas), cucharas de metal y raspadores de plásticos elaborados a partir de envases desechables. En Jalisco la cosecha de grana cochinilla de plantas espinosas, como *O. jaliscana* Bravo, se efectúa con la ayuda de un pequeño palo y un recipiente, de manera similar al reportado por Fray Vicente Magón en la época colonial.

El manejo postcosecha consta de tres etapas: sacrificio, secado o deshidratado y clasificación.

Sacrificio de la grana cochinilla. Los métodos empleados para sacrificar la grana cochinilla son:

- a) Inmersión en agua recién hervida durante 1.5 a 2.5 min.
- b) Aplicación de vapor de agua. La grana cochinilla se coloca en una caja con base de malla milimétrica, la cual se coloca en un recipiente con agua hirviendo.
- c) Por congelación, se somete la grana cochinilla a temperaturas menores a 0°C (en etapa experimental).
- d) Aspersión por hexano (100% de pureza). Cubrir la grana cochinilla de manera que los gases de hexano provoquen la muerte por asfixia. Este método es muy empleado pues, dada la gran volatilidad del solvente no deja residuos en la grana cochinilla sacrificada.
- e) Por asfixia, se introduce un volumen no mayor de 25 libras (12 kg) de grana cochinilla viva en una bolsa de ixtle, se amarra la parte superior de la bolsa al ras del contenido y se introduce en una bolsa de plástico, cerrando lo más herméticamente posible. Finalmente se expone al sol durante tres horas, si no hay sol se utiliza una estufa a una temperatura máxima de 38°C por aproximadamente 3 h.

En México existen otros métodos para sacrificar la grana cochinilla; sofocarla en bolsa de plástico, calentar en ollas de barro o con ceniza caliente (Tellez, 1991) o sumergir en agua caliente (Alzate y Ramírez, 1777).

Secado o deshidratado. Para secar la grana cochinilla se utilizan secadores solares, estufas con focos, sol directo o también puede dejarse secar a la sombra, en este último caso de deberá cuidar que el sitio donde se coloque la grana cochinilla este completamente seco.

Clasificación. Se realiza mediante tamices a fin de separar de acuerdo al tamaño del insecto.

Todos los autores se refieren a los requisitos de calidad de grana cochinilla establecida por la Institución de Normas y Tecnologías (INTINTEC, Perú); donde se manejan cinco parámetros: porcentaje de ácido carmínico mínimo, porcentaje de humedad máxima, pureza, cenizas, y tamaño de la grana cochinilla, con base en estos parámetros la grana cochinilla se clasifica como de primera, segunda y descarte de acuerdo al cuadro 7.

Cuadro 7. Grados de calidad para la grana de grana cochinilla seca, fuente INTINTEC (1987)

Ensayo	Primera		Segunda		Descarte	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Humedad (%)	13		12		10	
Tamaño (%)	Malla 3.36 mm		Malla 1.68 mm		Malla 0.841mm	
Impurezas (%)	3		5		No se determina	
Ácido carmínico (%)		17.5		10		5
Cenizas (%)	5		12		25	

1.6 Productos derivados de la grana de grana cochinilla

La grana cochinilla es comercializada e industrializada en cuatro formas comerciales:

- Grana cochinilla seca
- Extracto de grana cochinilla
- Carmín de grana cochinilla
- Ácido carmínico

1.6.1 Grana cochinilla seca

Es el primer producto obtenido del manejo postcosecha, después del secado y clasificación, es la materia prima del extracto, carmín y ácido carmínico. Está constituido por los siguientes constituyentes químicos:

- 10% ácido carmínico
- 40% materia proteica
- 10% grasas (principalmente triglicéridos)
- 2% ceras
- 2% cenizas

Las especificaciones con las que debe de cumplir el producto son las mencionadas en el cuadro 7.

1.6.2 Extracto de grana cochinilla

Es una solución concentrada que se obtiene después de eliminar el alcohol de un extracto acuoso-alcohólico, posee un contenido de sólidos totales de aproximadamente 6% y es ácido (pH 5.0 a 5.3). Es insoluble en agua, glicerina, y propilenglicol, pero puede dispersarse en agua.

Es estable a la luz y a la oxidación. Su coloración varía del naranja al rojo en función del pH. Las concentraciones permitidas se encuentran en el intervalo de 25 a 1000 ppm y frecuentemente contiene benzoato de sodio como conservador. Las especificaciones con las que debe de cumplir según la FDA se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Especificaciones para extracto de grana cochinilla de acuerdo a FDA

Parámetro	Valor
pH @ 25°C	5 – 5.5
Contenido de ácido carmínico (%)	No menos de 1.8%
Sólidos Totales (%)	5.7 a 6.3%
Proteína (%)	≤ 2.2%
Metanol (ppm)	≤150
Plomo (ppm)	≤10
Arsénico (ppm)	≤1

1.6.3 Carmín de grana cochinilla

Se denomina carmín de grana cochinilla a la laca de aluminio, calcio-aluminio o bien un sustrato de hidróxido de aluminio del ácido carmínico. Este último se obtiene por complejación del ácido carmínico con el aluminio. En el cuadro 9 se indican las especificaciones con las que debe de cumplir el carmín de acuerdo con la FDA.

Cuadro 9. Especificaciones para extracto de grana cochinilla de acuerdo a FDA

Parámetro	Valor
Contenido de ácido carmínico (%)	No menos de 50%
Materia volátil (a 135°C por 3 h)	≤ 20%
Cenizas	≤ 12%
Plomo (ppm)	≤10
Arsénico (ppm)	≤1

Es importante mencionar que al carmín se le considera como el único sustituto natural del rojo #3 FD&C, el cual es cuestionado por sus efectos toxicológicos.

El carmín de grana cochinilla es identificado mediante las siguientes denominaciones:

- Rojo natural número 4
- E-120, de acuerdo al Comité Científico en Alimentos de la CEE
- Número 75470 de acuerdo al Color Index segunda edición, 1956.

1.6.4 Ácido carmínico

Es un ácido antraquinoncarboxílico oxhidrilado, con una cadena lateral de azúcar su fórmula molecular condensada es $C_{22}H_{20}O_{13}$ y su peso molecular es de 492.4 g/mol. Posee forma cristalina; no tiene punto de fusión, pero oscurece a 130°C y a 250°C se torna negro. Es soluble en agua, alcohol, ácido clorhídrico y sulfúrico, ligeramente soluble en éter, insoluble en benceno y cloroformo. Su coloración está en función del pH y va de color amarillo a violeta a pH's menores a 2 y mayores a 7 respectivamente. En el cuadro 10 se presentan las propiedades del ácido carmínico.

Cuadro 10. Propiedades del ácido carmínico

Estado físico	Sólido
Número Estados Unidos	E 120
Número del Color Index	75470
Color	Rojo oscuro
Olor	Afrutado
Valor de pH a 10 g/l en agua 20°C	Aprox 1.6
Solubilidad	Soluble en agua Baja solubilidad en solventes inorgánicos
LD50 probada en ratas	> 15,000 mg/kg
Estatus de certificación	Aprobado en la Comunidad Económica Europea Argentina, Australia, Austria, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Egipto, Hungría, Indonesia, Iran, Israel, Japón, Kenya, Korea del Sur, Malasia, Malta, Nueva Zelanda, Perú, Filipinas, Polonia, Singapur, Sudáfrica, EUA, Suiza, Siria, Taiwán, Tailandia, Tunes, Turquía, Uruguay, Venezuela y Zambia

1.7 Aplicaciones de los derivados de la grana cochinilla

Los derivados de la grana cochinilla tienen su principal aplicación en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética, aunque también se utilizan en menor grado en la industria textil.

Por otra parte, en el caso del ácido carmínico, éste tiene aplicaciones específicas en el área de investigación, ya que se utiliza como colorante de tejidos e indicador de reacciones químicas.

En el cuadro 11 se muestran los campos de aplicación de los derivados de la grana cochinilla.

Cuadro 11. Aplicaciones de los productos derivados de la grana cochinilla

Derivado	Aplicación
Extracto de grana cochinilla	<input type="checkbox"/> Bebidas <input type="checkbox"/> Productos cárnicos <input type="checkbox"/> Especias <input type="checkbox"/> Confitería <input type="checkbox"/> Textiles
Carmin de grana cochinilla	<input type="checkbox"/> Sidra <input type="checkbox"/> Vermouth <input type="checkbox"/> Confituras, jaleas, mermeladas <input type="checkbox"/> Frutas en almíbar <input type="checkbox"/> Golosinas <input type="checkbox"/> Vinagres <input type="checkbox"/> Productos de salchichonería <input type="checkbox"/> Yoghurt
Ácido carmínico	<input type="checkbox"/> Colorante nuclear para cromosomas en frotis no fijados <input type="checkbox"/> Complejante de cationes <input type="checkbox"/> Fotografía a color <input type="checkbox"/> Coloración de tejidos nerviosos <input type="checkbox"/> Indicador químico de reacciones ácido-base y de óxido-reducción

2. ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo de este capítulo es revisar la información estadística de los países que comercializan grana cochinilla, poniendo especial atención a Perú, país líder en producción de grana cochinilla a fin de identificar:

- ❑ Forma de comercialización de la grana cochinilla
- ❑ Países a los que se exporta o importa
- ❑ Cantidades y montos por importación y exportación
- ❑ Precios

Con base en la información revisada se determinará la capacidad de la planta productiva de grana cochinilla y sus derivados que se plantea en este trabajo.

Es importante mencionar que ante la falta de información acerca de estos productos en el país se procedió a buscar información en Perú. La fuente de la información que se presenta en el presente capítulo es la de la Asociación de exportadores ADEX a través de su departamento de Inteligencia Comercial, sección estadística.

La revisión se realizó para el periodo comprendido de abril de 1993 a mayo de 2012, bajo las siguientes partidas arancelarias

0511991000 para grana cochinillas e insectos similares y
3203002100 para carmín de grana cochinilla

2.1 Producción mundial

A nivel mundial la producción de grana seca se encuentra localizada principalmente en América, el principal productor de grana cochinilla es Perú seguido por Chile. Otros países que integran el bloque de productores, menores, en el continente son: Bolivia, Ecuador, Honduras, Guatemala, República Dominicana, El Salvador, Argentina y México.

En el continente Europeo el principal productor de grana es España, proveniente de las Islas Canarias, aunque se reporta que países como Alemania y Holanda exportan pequeñas cantidades del producto. Finalmente, en África se encuentran países productores como Argelia y Kenia.

2.1.1 Mercado Peruano

El mercado peruano de grana de grana cochinilla seca está principalmente orientado a cubrir la demanda de países europeos como España, Francia, Alemania, Países Bajos, Italia y Gran Bretaña. En Asia sus principales clientes son Japón, Corea del Norte y Corea del Sur. En lo que respecta a América es el principal proveedor de países como Estados Unidos, Chile, México, Argentina, Bolivia y Brasil.

Por otra parte, en lo que se refiere al carmín de grana cochinilla, la lista de países a los que exporta el producto es mayor que en el caso del insecto seco y a partir del año 2000 se han integrado países de Europa oriental, Asia y América. Es importante mencionar que para el primer semestre de 2005 países como China y Arabia Saudita habían incrementado entre 6 y 5 veces, respectivamente la compra del producto con respecto al 2004.

2.1.1.1 Importaciones de Perú de grana cochinilla seca

En el cuadro 12 se muestran las importaciones realizadas por Perú en el período comprendido de abril de 1993 a mayo de 2012. Como puede observarse el monto pagado fue de \$5,120,312.36 por 109 toneladas de grana cochinilla importada. Asimismo, puede apreciarse que el precio promedio de grana cochinilla seca fue de 16.05 dólares por kilogramo.

Cuadro 12. Importaciones de grana cochinilla seca periodo 1993-2012

Año	Monto total anual (Miles de dólares)	Peso Neto (Ton)	Precio Promedio anual (USD)
1993	\$4,060.00	0.3	\$13.14
1994	\$21,736.00	1.1	\$19.48
1995	\$3,854.00	4.8	\$0.80
1996	\$22,434.00	3.2	\$20.21
1997			
1998			
1999	\$13,040.00	0.5	\$24.51
2000	\$15,896	1	\$15.90
2001			
2002			
2003	\$56,686.00	4.8	\$7.07
2004	\$427.36	0.3	\$1.47
2005	\$71,299.00	6.1	\$12.61
2006	\$1,292.00	0.1	\$15.75
2007			
2008			
2009	\$25,524.00	1.3	\$19.94
2010	\$3,734,488.00	65.4	\$74.06
2011	\$1,126,703.00	18.9	\$64.55
2012	\$22,873.00	1.2	\$19.06
Total	\$5,120,312.36	109	16.05

Por otra parte, en el cuadro 13 se muestran los países de donde Perú importó la grana cochinilla para este periodo. Como puede observarse, Perú importa grana cochinilla de forma continua de países como Chile, segundo país productor de grana cochinilla, y de Bolivia que si bien no presenta suministros importantes en cantidad, si representa un abasto continuo para Perú.

En el cuadro 13 llama la atención el comportamiento que presenta España quién sin ser un proveedor constante de grana cochinilla presenta tres apariciones en el mercado peruano, la primera con 82 kg, la segunda con un pico de 35,488.64 kg para el año 2010 y la tercera con 3,896.3 kg en el 2011. Del mismo modo, resulta interesante observar que Perú ha importado grana cochinilla de países como Alemania, Japón, Holanda y en pequeñas cantidades de Corea

del Sur, Estados Unidos y Hong Kong, los cuales son los principales clientes a los que la exporta.

Finalmente, puede observarse que las importaciones de México a Perú son totalmente intrascendentes, pues en el 1993 a 2012 solo ha hecho dos suministros, el primero en el año 1995 y el segundo en el año 2010 de 2,990 y 5,068kg respectivamente.

Cuadro 13. Países exportadores de grana cochinilla seca a Perú 1993-2012.

Año	País de origen	Monto (dólares)	Peso neto (kg)
1993	Bolivia	4,060	309
1994	Bolivia	21,736	1,116
1995	México	3,854	4,513
1996	Chile	15,527	2,990
	E.U	6,907	170
1999	Bolivia	13,040	520
2000	Alemania	15,896	1,000
2003	Bolivia	49,390	4,000
	Ecuador	7,022	680
	Corea del Sur	159.00	90.80
	Hong Kong	115.00	30.00
2004	Bolivia	427.36	290
2005	Chile	30,550	3,000
	Japón	11,530	1,270.00
	Holanda	10,677.00	679.00
	Bolivia	18,542	1193
2006	España	1,292.00	82.00
2009	Chile	25,524	1,280
2010	Chile	491,890	4,571
	Ecuador	28,464	519.00
	España	2,695,275.00	35,489
	Etiopia	275,072.00	3,328
	México	243,787.00	5,068
2011	Chile	344,060	4,200
	Ecuador	8,681	140.00
	España	426,420.00	3,896.30
	Etiopia	142,988.00	3,561
	Francia	204,554.00	6,998
2012	Etiopia	22,873.00	1,200
TOTAL		\$5,120,312.36	109,410

Fuente: <http://www.aduanet.gob.pe/aduanas>

Finalmente, en el cuadro 14 se muestran las importaciones de grana cochinilla seca en sus diferentes presentaciones para el periodo comprendido de 1993 al primer semestre de 2012. Como se puede apreciar Perú importó 109.4 toneladas de grana cochinilla seca, de las cuales la mayor proporción corresponde a grana cochinilla seca y pulida de primera calidad 85.34%, siguiéndole la grana cochinilla plateada 13.74% y la grana cochinilla gris de primera calidad 0.92%.

Cuadro 14. Diferentes presentaciones de grana cochinilla seca 1993-2012 importaciones.

Descripción comercial	Kilogramos	%
Grana cochinilla gris de primera calidad	1003	0.92%
Grana cochinilla plateada	15036	13.74%
Grana cochinilla seca de primera calidad	93371	85.34%
Total	109,410	100.00%

En la figura 2 se muestra la gráfica de la distribución de grana cochinilla en sus diferentes presentaciones.

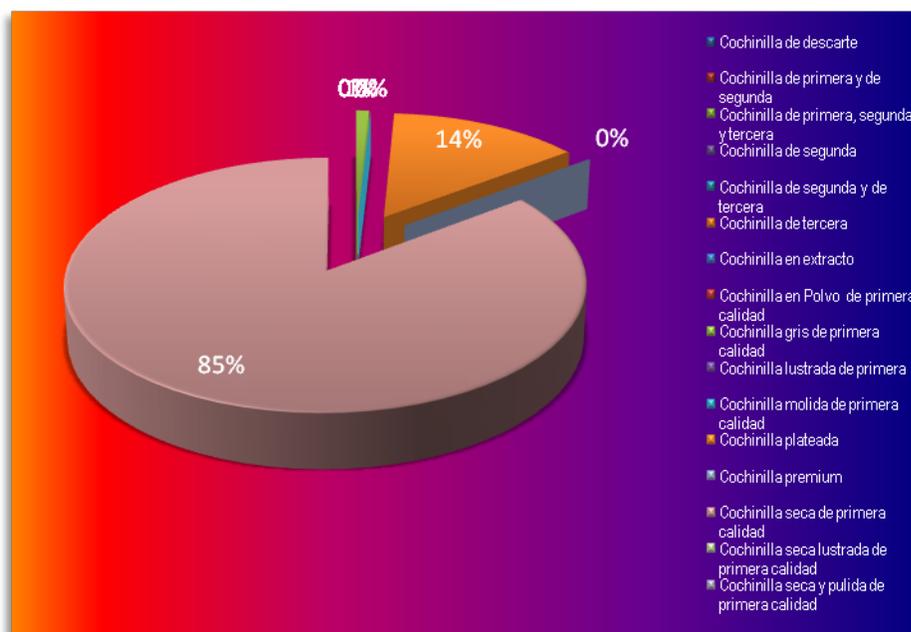


Fig. 2. Distribución de importaciones de grana cochinilla por presentación

En las figuras 3 y 4 se muestra la presentación en la que Chile y Bolivia vendieron la grana cochinilla a Perú.

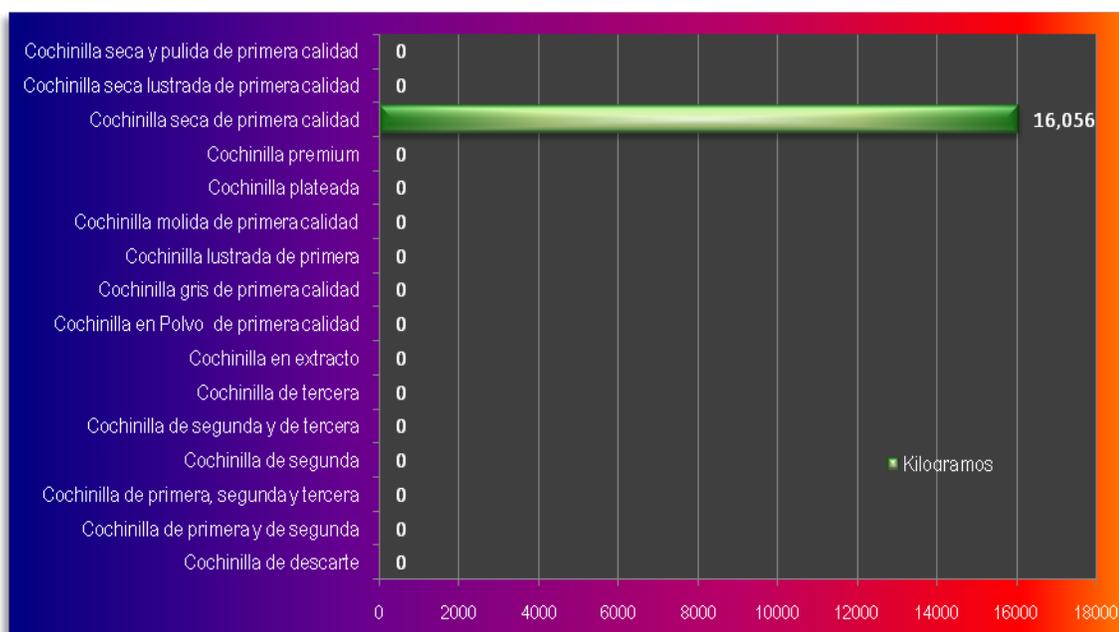


Fig. 3. Presentación de importaciones de Chile a Perú para grana cochinilla seca

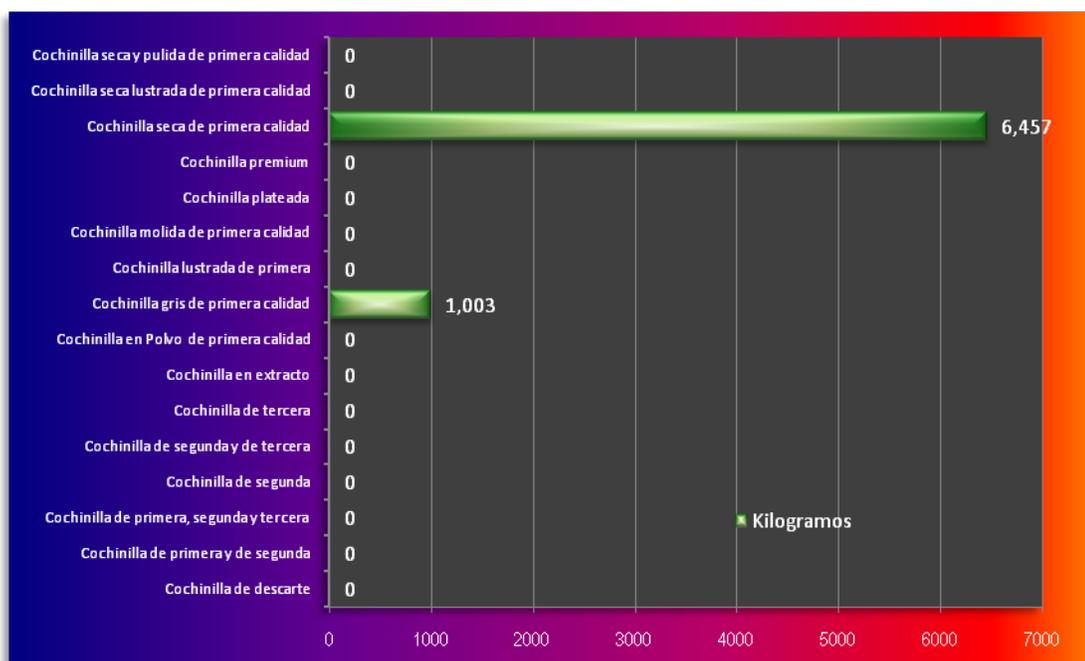


Fig. 4. Presentación de importaciones de Bolivia a Perú para grana cochinilla seca

2.1.1.2 Exportaciones de Perú de grana cochinilla seca

Para el periodo comprendido de 1993 a 2012 Perú exporta 4,459 toneladas de grana cochinilla seca que corresponden a un monto de \$149,004,126.00 dólares con precio promedio de \$36.92 dólares/kg de grana cochinilla seca, como se puede apreciar en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Exportaciones de grana cochinilla seca periodo 1993-2012.

Año	Monto total anual (Miles de dólares)	Peso Neto (Ton)	Precio Promedio anual (USD)
1993	\$2,353,982.44	165.5	\$31.83
1994	\$2,713,385.01	163.9	\$18.35
1995	\$12,686,848.89	243.5	\$50.64
1996	\$32,046,823.69	397.8	\$81.56
1997	\$26,212,024.44	361.3	\$72.82
1998	\$11,370,081.73	376.9	\$29.96
1999	\$9,278,319.31	382.3	\$24.18
2000	\$6,004,144.62	352.5	\$17.46
2001	\$4,450,567.76	250.2	\$17.44
2002	\$4,262,027.88	284.9	\$15.38
2003	\$3,934,528.83	260.4	\$15.38
2004	\$5,307,259.37	260.6	\$20.61
2005	\$5,228,326.92	280.3	\$17.37
2006	\$3,629,725.32	196.8	\$17.47
2007	\$2,307,763.54	144.9	\$16.61
2008	\$2,764,260.16	157.5	\$17.19
2009	\$1,743,809.65	88.2	\$19.86
2010	\$6,910,201.11	27.7	\$92.87
2011	\$4,821,606.29	44.3	\$90.31
2012	\$978,439.04	19.9	\$71.10
Total	\$149,004,126.00	4,459.4	36.92

Los países a los que Perú exportó la grana cochinilla seca se muestran en el Cuadro 16. Como puede observarse, los diez países con la mayor demanda de grana cochinilla seca, para el periodo son: España, Francia, Japón, Alemania, Estados Unidos, Argentina, Corea del Sur, Chile, Italia y Reino Unido.

Se puede observar que en lo que respecta México, el país importó 6,630.90 kg de grana cochinilla seca 0.15% del total de exportaciones de Perú contra la cantidad exportada de 8,058 kg para los años 1993 y 2010.

Cuadro 16. Países importadores de grana cochinilla seca de Perú 1993-2012

País destino	Monto (dólares)	Peso neto (kg)	% de importación
Alemania	15,592,914.00	497,970.42	11.22
Argentina	7,963,395.00	298,448.31	6.72
Austria	24.00	1.00	0.00
Bélgica	1,098,230.00	64,550.00	1.45
Bermudas	166,000.00	2,000.00	0.05
Brasil	78,181.00	1,529.62	0.03
Chile	4,645,624.00	240,347.00	5.42
China	75.00	17.63	0.00
Corea del Norte	1,017,199.00	61,150.00	1.38
Corea del Sur	7,350,835.00	256,797.43	5.79
Costa Rica	688.00	30.00	0.00
Dinamarca	926,500.00	11,500.00	0.26
Ecuador	93,300.00	1,100.00	0.02
España	38,253,180.00	1,136,793.53	25.61
Estados Unidos	19,062,193.00	445,392.12	10.04
Francia	18,077,131.00	622,741.08	14.03
Guatemala	34,335.00	250.00	0.01
Honduras	43,594.00	1,025.00	0.02
Irán	90,827.00	4,270.00	0.01
Irlanda	114,000.00	1,500.00	0.03
Italia	4,330,606.00	121,315.30	2.73
Japón	19,900,808.00	540,574.84	12.18
México	147,591.00	6,630.90	0.15
Países Bajos	372,595.00	15,850.00	0.36
Panamá	860.00	50.00	0.00
Reino Unido	3,079,239.00	83,845.11	1.89
Rusia	12,500.00	500.00	0.01
Suiza	570,769.00	21,800.00	0.49
Taiwán	5,970.00	70.00	0.00
Venezuela	4,280.00	40.00	0.00
Total	\$149,004,126.00	4,459,400	100.00

Por otra parte, en el Cuadro 17 se muestran las diferentes presentaciones en las que Perú vendió la grana cochinilla seca. Como se puede apreciar 3,882 ton corresponden a grana cochinilla seca de primera calidad, 87.48% del total de sus exportaciones. A ésta siguen la exportación de grana cochinilla seca y pulida de primera calidad 3.92%, grana cochinilla molida de primera calidad 3.31% y grana cochinilla gris de primera calidad 2.69%.

Asimismo se puede observar que la exportación de grana cochinilla de segunda y tercera calidad es exigua.

Cuadro 17. Diferentes presentaciones para grana cochinilla seca 1993 – 2012 exportaciones

Descripción comercial	Kilogramos	%
Grana cochinilla de descarte	3,285	0.07%
Grana cochinilla de primera y de segunda	7,460	0.17%
Grana cochinilla de primera, segunda y tercera	1,800	0.04%
Grana cochinilla de segunda	47,851	1.08%
Grana cochinilla de segunda y de tercera	8,585	0.19%
Grana cochinilla de tercera	10,546	0.24%
Grana cochinilla en extracto	465	0.01%
Grana cochinilla en Polvo de primera calidad	3,330	0.08%
Grana cochinilla gris de primera calidad	119,340	2.69%
Grana cochinilla lustrada de primera	3,000	0.07%
Grana cochinilla molida de primera calidad	14,7105	3.31%
Grana cochinilla plateada	500	0.01%
Grana cochinilla premium	12,000	0.27%
Grana cochinilla seca de primera calidad	3,882,203	87.48%
Grana cochinilla seca lustrada de primera calidad	16,200	0.37%
Grana cochinilla seca y pulida de primera calidad	174,000	3.92%
Total	4,459,400	100.00%

En la figura 5 se muestra la distribución de las presentaciones para las exportaciones de grana cochinilla seca.

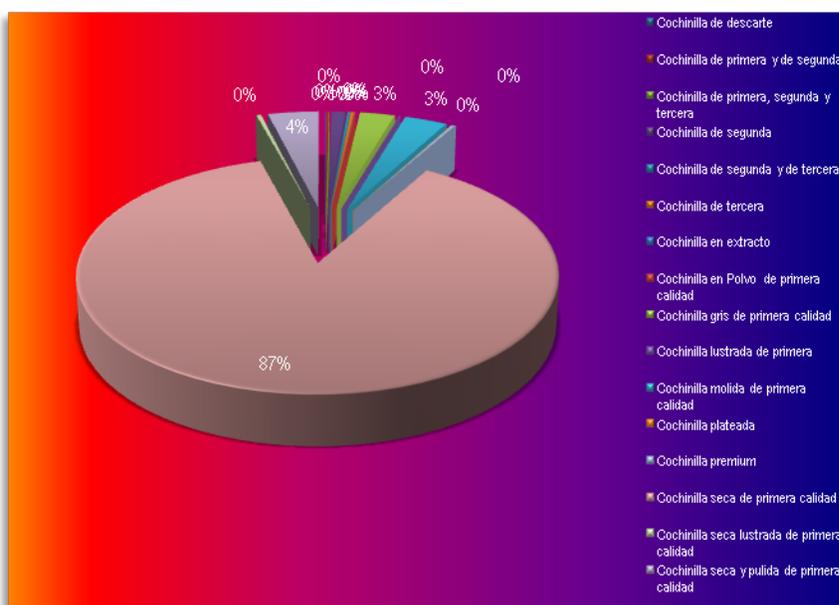


Fig. 5. Distribución de exportaciones de grana cochinilla por presentación

Por otra parte, en las figuras 6 y 7 se muestran las presentaciones en las que Perú exportó la grana cochinilla seca a España y Francia.



Fig. 6. Presentación de exportaciones de Perú a España para grana cochinilla seca

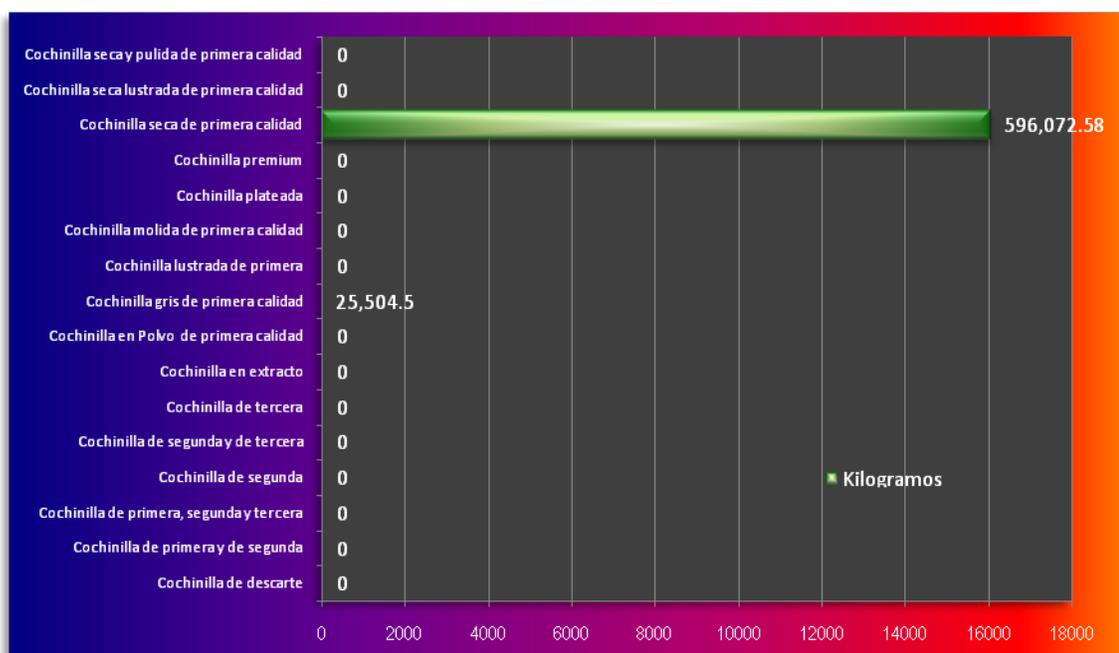


Fig. 7. Presentación de exportaciones de Perú a Francia para grana cochinilla seca

Finalmente, en las figuras 8 y 9 se muestran las variaciones en los precios de la grana cochinilla para importaciones y exportaciones, respectivamente.

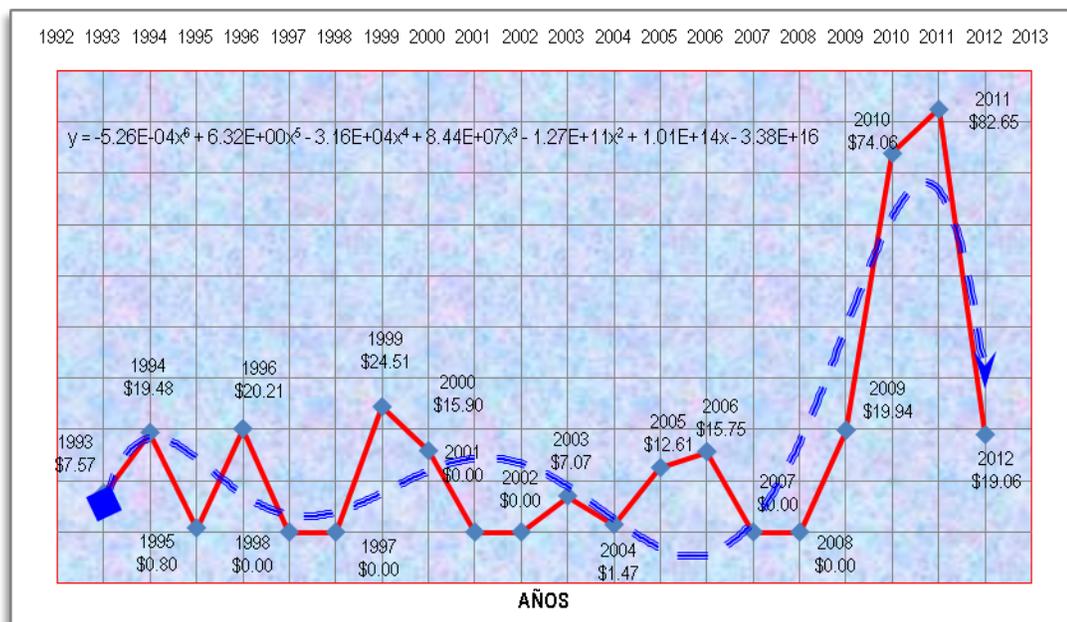


Fig. 8. Variación de precio para importaciones de Perú grana cochinilla seca

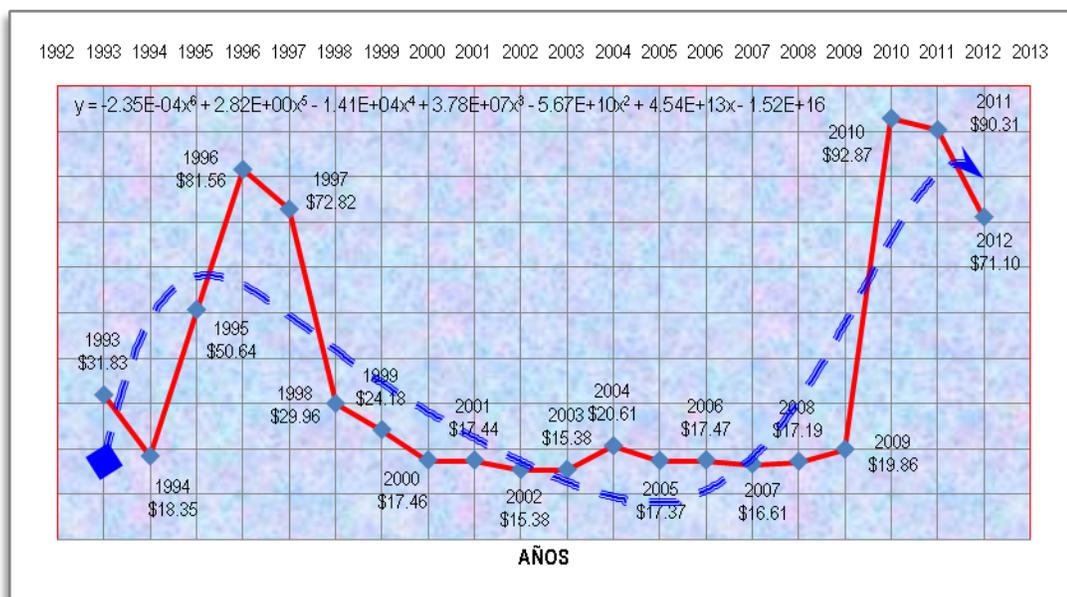


Fig. 9. Variación de precio para exportaciones de Perú grana cochinilla seca

2.1.1.3 Importaciones de carmín de grana cochinilla

En el Cuadro 18 se muestran las importaciones realizadas por Perú para carmín de grana cochinilla para el periodo comprendido de abril de 1993 a mayo de 2012. Durante este periodo Perú erogó un monto de \$673,735.56 por 30.1 toneladas de carmín de grana cochinilla. En el Cuadro se observa que el precio promedio del producto fue de \$147.35 dólares.

En el Cuadro19 se muestra los países de los cuales Perú importó carmín de grana cochinilla u otros derivados. Como puede observarse, el principal proveedor es Chile con el 48.34% de las importaciones hacia Perú.

Cuadro 18. Importaciones de carmín de grana cochinilla periodo 1993-2012.

Año	Monto total anual (Miles de dólares)	Peso Neto (Ton)	Precio Promedio anual (USD)
1993	\$560.00	0.1	\$5.30
1994	\$13,691.00	1	\$10.64
1995	\$2,978.00	0.2	\$21.50
1996	\$2,029.00	0.3	\$7.51
1997	\$0.00	0	\$0.00
1998	\$1,102.00	0.2	\$7.19
1999	\$4,896.00	1.6	\$35.73
2000	\$10,793.84	3.7	\$838.47
2001	\$8,673.31	3.7	\$537.76
2002	\$383.81	0.2	\$1.99
2003	\$521.78	0.3	\$1,303.38
2004	\$52,884.23	0.7	\$4,937.35
2005	\$1,922.14	0.9	\$4,113.10
2006	\$49,170.92	0.8	\$3,374.39
2007	\$22,252.45	10.8	\$3,424.19
2008	\$5,317.04	0	\$3,187.33
2009	\$103,512.89	1.6	\$409.81
2010	\$78,770.66	0.6	\$2,891.82
2011	\$311,408.25	3.3	\$3,568.91
2012	\$2,868.24	0.1	\$1,357.84
Total	\$673,735.56	30.1	\$147.35

Cuadro 19. Países exportadores de carmín de grana cochinilla a Perú 1993-2012.

País de origen	Peso neto (kg)	% de importación
Chile	14,053.00	48.34
Francia	10,356.67	35.63
Estados Unidos	1,791.82	6.16
Brasil	1,001.00	3.44
Dinamarca	718.00	2.47
India	349.85	1.20
Perú	225.72	0.78
Alemania	195.24	0.67
España	90.21	0.31
Italia	80.00	0.28
Colombia	80.00	0.28
Panamá	78.00	0.27
Países Bajos	50.00	0.17
Hong Kong	1.00	0.00
Suiza	0.01	0.00
Total	29,070.52	100.00

En el Cuadro 20 se muestran las diferentes presentaciones de carmín y derivados que importó Perú de otros países para el periodo 1993 a 2012.

Cuadro 20. Diferentes de presentaciones para carmín de grana cochinilla 1993-2012 importaciones

Descripción comercial	Kilogramos	%
Agente Colorante, Hagesud, S/M	1990	4.54%
Ca 5 Pw Hansen S/M	100	0.23%
Ca 56 Pw Hansen S/M	100	0.23%
Carmín de grana cochinilla	15,528.72	35.44%
Carmín de grana cochinilla "grado cosmético"	2100	4.79%
Carmín de grana cochinilla (C.I. 75470)	7,123.5	16.26%
Carmín de grana cochinilla (C.I. 75470) (Laca De A Merck 1.15933.0005 Calcio, Aluminio), Para Microscopia	300	0.68%
Carmín de grana cochinilla (C.I. 75470), Merck, S/M	3,015	6.88%
Carmín de grana cochinilla (C.I. 758470)	520	1.19%
Carmín de grana cochinilla extracto	940	2.15%
Carmín de grana cochinilla Hansen	3,890	8.88%
Carmín de grana cochinilla hidrosoluble 50%	927	2.12%
Carmín de grana cochinilla hidrosoluble C-300	100	0.23%
Carmín de grana cochinilla laca	2,005	4.58%

Descripción comercial	Kilogramos	%
Carmin de grana cochinilla líquido	200	0.46%
Carmin de grana cochinilla polvo	4400	10.04%
Carmin de grana cochinilla, Merck, 1.00211.0005	500	1.14%
Cc-6000-L-P Hansen S/M	75	0.17%
Total	4 3,814	100.00%

Por otra parte, en la fig. 10 se puede apreciar la distribución de las diferentes presentaciones del carmín.

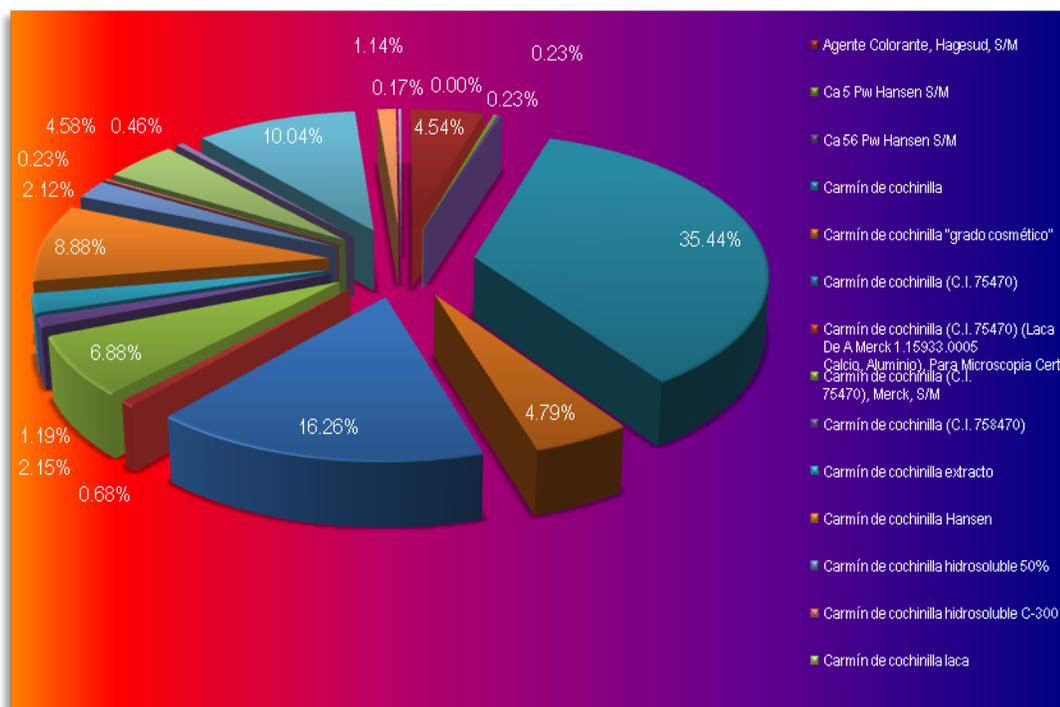


Fig. 10. Distribución de importaciones de carmín por presentación

2.1.1.4 Exportaciones de carmín de grana cochinilla

En el Cuadro 21 se presentan los datos para las exportaciones de carmín de grana cochinilla y otros derivados para el periodo 1993 a 2012. Como puede observarse el valor que ingresó a Perú por la venta del producto fue de \$326,951,905.78 para 3,987.4 ton de derivados de grana cochinilla, asimismo, el precio promedio para el producto es de \$158.66 dólares/kg de producto.

Cuadro 21. Exportaciones de carmín de grana cochinilla y derivados periodo 1993-2012.

Año	Monto total anual (Miles de dólares)	Peso Neto (Ton)	Precio Promedio anual (USD)
1993	\$6,778,430.45	78.9	\$112.00
1994	\$9,781,537.79	112.5	\$113.19
1995	\$15,262,547.26	82.5	\$265.97
1996	\$13,127,570.02	31.3	\$508.54
1997	\$7,218,123.64	22.7	\$387.50
1998	\$4,572,314.36	33.7	\$177.59
1999	\$4,117,430.99	37.9	\$138.56
2000	\$4,201,292.95	61.3	\$103.14
2001	\$5,018,006.02	95.7	\$93.77
2002	\$5,523,305.54	131.2	\$75.35
2003	\$6,818,197.08	232.8	\$64.82
2004	\$10,688,153.71	245.5	\$81.31
2005	\$12,800,523.03	307	\$76.06
2006	\$15,568,805.14	359.6	\$73.10
2007	\$18,825,839.83	411.6	\$66.91
2008	\$11,686,720.49	337.3	\$65.38
2009	\$11,265,318.54	286	\$75.17
2010	\$64,334,601.97	374.7	\$322.85
2011	\$81,651,751.47	503.8	\$256.50
2012	\$17,711,435.50	241.4	\$115.61
Total	\$326,951,905.78	3,987.4	\$158.66

Por otra parte, en el Cuadro 22 y la fig.11 se muestran los países a los que Perú exporta carmín de grana cochinilla así como otros derivados.

Cuadro 22. Países exportadores de carmín 1993-2012.

País destino	Monto (dólares)	Peso neto (kg)	% de importación
Alemania	\$47,442,878.08	543,650.71	13.63
Antillas Holandesas	\$137,246.40	4,900.00	0.12
Arabia Saudita	\$123,184.63	23,140.00	0.58
Argentina	\$8,762,421.85	124,967.63	3.13
Aruba	\$4,484.65	175.00	0.004
Australia	\$1,339,910.68	17,069.20	0.43
Austria	\$4,510,972.04	26,116.20	0.65
Bélgica	\$1,293,739.12	10,357.00	0.26
Belice	\$18,955.52	375.00	0.01

Pais destino	Monto (dólares)	Peso neto (kg)	% de importación
Bolivia	\$423,509.09	31,316.00	0.79
Brasil	\$25,986,021.69	247,340.05	6.2
Bulgaria	\$671,155.89	2,815.00	0.07
Canadá	\$25,954.39	721.00	0.02
Chile	\$3,651,829.83	44,729.10	1.12
China	\$4,641,254.78	41,776.15	1.05
Chipre	\$34,196.81	181.00	0.005
Colombia	\$728,096.98	12,445.10	0.31
Corea del Norte	\$256,714.77	2,122.00	0.05
Corea del Sur	\$13,208,253.77	68,002.00	1.71
Costa Rica	\$444,558.28	10,269.00	0.26
Croacia	\$219,018.43	8,265.00	0.21
Dinamarca	\$28,629,188.98	157,050.00	3.94
Ecuador	\$2,237,679.86	72,994.00	1.83
Egipto	\$3,219,128.63	38,510.10	0.97
El Salvador	\$81,150.60	770.00	0.02
Emiratos Árabes Unidos	\$60,005.96	1,025.10	0.03
Eslovenia	\$2,354.44	35.00	0.001
España	\$23,309,222.25	319,210.51	8.01
Estados Unidos	\$43,693,368.65	1,014,274.12	25.44
Filipinas	\$3,220.00	84.00	0.002
Finlandia	\$1,357,385.39	7,695.00	0.19
Francia	\$18,489,059.63	249,766.15	6.26
Gibraltar	\$156,720.68	1,380.00	0.03
Grecia	\$637,471.98	8,131.00	0.20
Guatemala	\$62,580.10	2,100.00	0.05
Honduras	\$16,491.25	400.00	0.01
Hong Kong	\$368,664.41	2,390.00	0.06
Hungría	\$71,075.00	300.00	0.01
India	\$4,259.97	40.00	0.001
Irán	\$28,936.25	440.18	0.01
Irlanda	\$8,238,532.11	26,952.50	0.68
Islandia	\$1,510.50	100.00	0.003
Marruecos	\$106,043.35	1,525.00	0.04
México	\$14,468,623.15	152,071.79	3.81
Norfolk	\$14,348.50	120.00	0.003
Nueva Zelanda	\$41,318.20	625.00	0.02
Países Bajos	\$2,872,157.79	48,228.60	1.21
Panamá	\$13,620.60	190.00	0.005

Pais destino	Monto (dólares)	Peso neto (kg)	% de importación
Polonia	\$2,207,700.77	39,034.00	0.98
Portugal	\$912.80	10.00	0.0003
Reino Unido	\$21,066,906.58	204,986.62	5.14
República Checa	\$792,214.01	14,906.00	0.37
Rumania	\$820,155.88	10,490.00	0.26
Rusia	\$741,681.12	11,038.03	0.28
Serbia	\$18,123.44	150.00	0.004
Singapur	\$99,721.30	1,555.00	0.04
República de Sudáfrica	\$19,666.00	726.00	0.02
Suecia	\$640,897.54	6,345.00	0.16
Suiza	\$50,521.08	750.00	0.002
Tailandia	\$337,827.11	1,173.50	0.03
Taiwan	\$217,811.46	6,774.00	0.17
Tokelau	\$71,738.85	750.00	0.02
Túnez	\$50,001.60	820.00	0.02
Turquía	\$8,650,335.02	97,455.00	2.44
Ucrania	\$6,055.00	100.00	0.003
Uruguay	\$553,819.48	15,815.00	0.4
Venezuela	\$1,653,049.94	79,933.00	2.00
Vietnam	\$686,678.47	1,535.00	0.04
Yugoslavia	\$120,258.96	1,701.00	0.04
Zonas Francas del Perú	\$2,175.00	75.00	0.002
Total	\$326,951,905.78	3,987,482.20	99.98

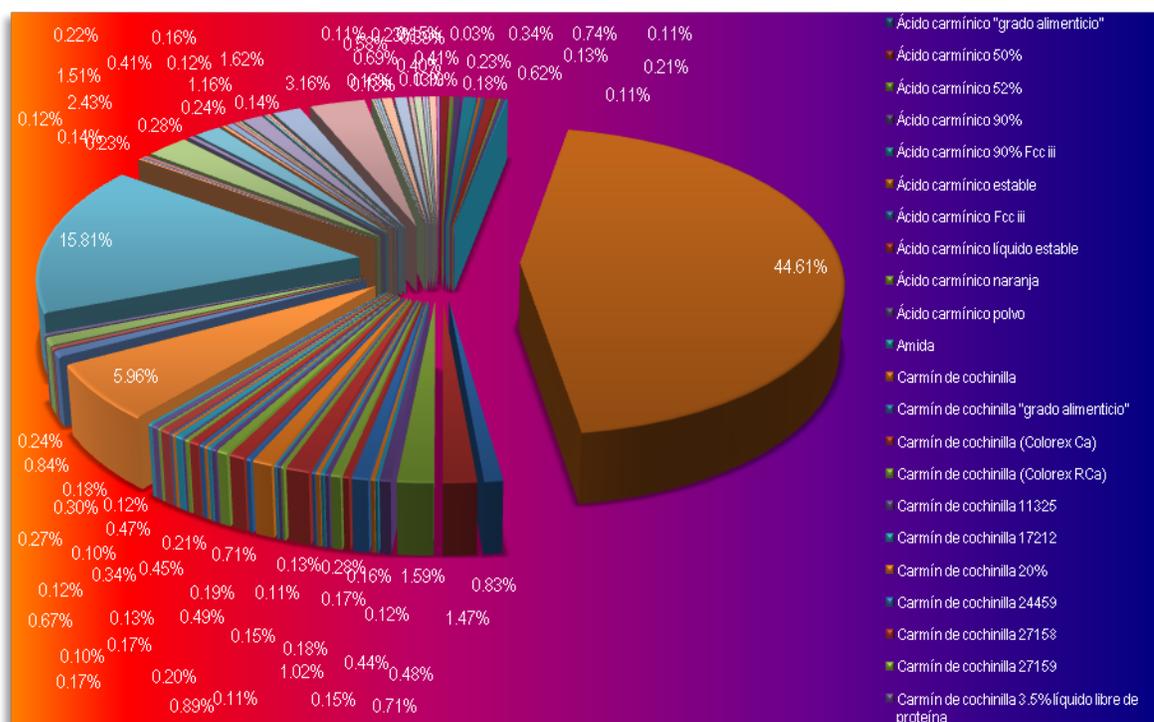


Fig. 11. Distribución de exportaciones de carmín por presentación

Finalmente, en las figuras 12 y 13 se muestran las variaciones en los precios del carmín para importaciones y exportaciones respectivamente.

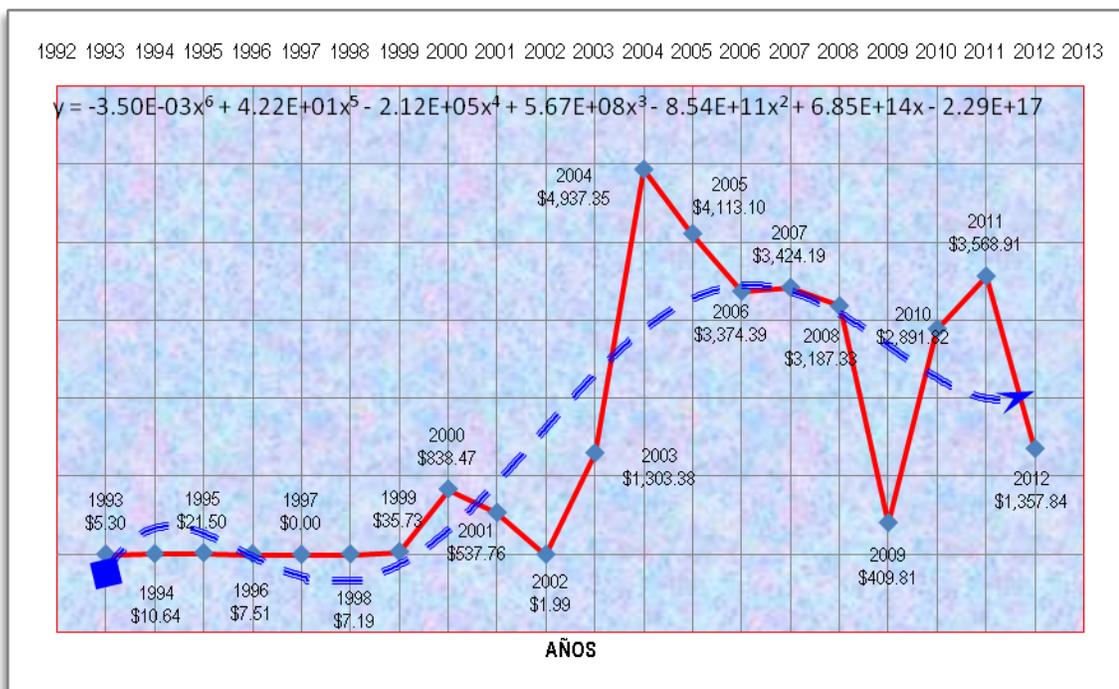


Fig. 12. Variación de precio para importaciones de Perú carmín de grana cochinilla

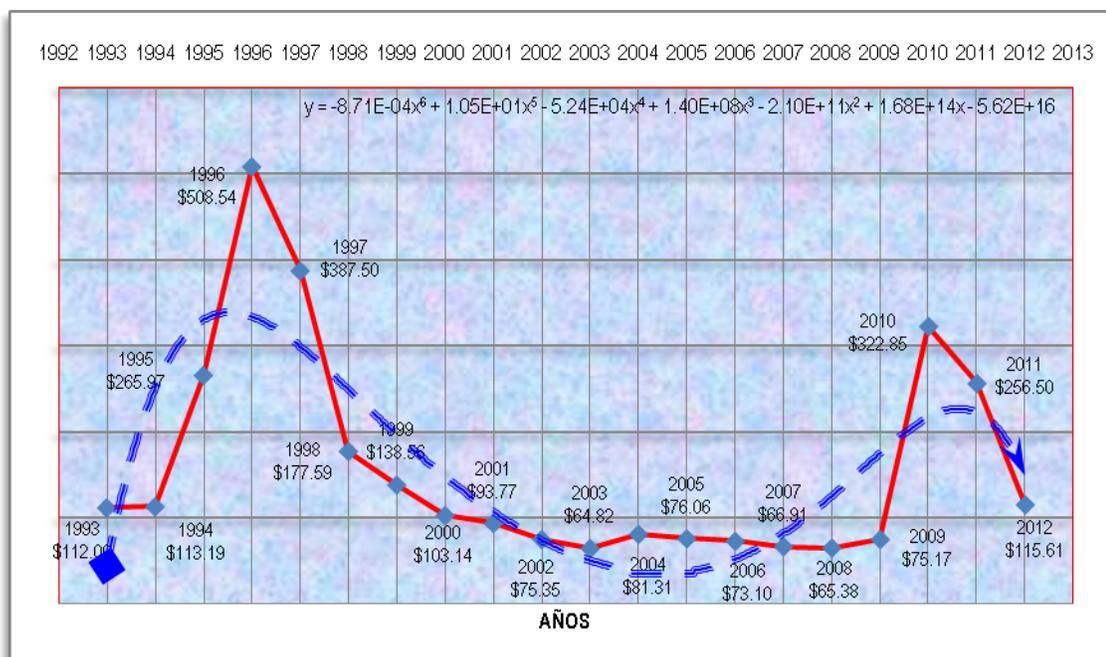


Fig. 13. Variación de precio para exportaciones de Perú carmín de grana cochinilla

2.1.2 Mercado Chileno

En lo que respecta al mercado chileno, la grana cochinilla se introduce a Chile en 1989 e inician exportaciones en 1994 incrementándose anualmente hasta lograr cubrir el 15% de la demanda mundial. La producción es tecnificada con manejo de riego y fertilización de las planta de tuna, de modo que el rendimiento y la calidad de la grana cochinilla chilena se encuentra entre las mejores del mundo (Rodríguez *et al*, 2004).

Sin embargo, la producción está limitada a la parte norte del país de acuerdo a la Resolución N° 1954/SAG, la cual solo permite la producción de la cochinilla del carmín al norte del río Choapa bajo estrictas condiciones de bioseguridad, lo anterior debido a que la Resolución N° 792/2007, que establece criterios de regionalización la considera dentro de la lista de plagas cuarentenarias del país.

Por otra parte, de acuerdo a lo comentado por José Antonio Bustamante, Director-Gerente de Foodsafe Chile S.A. “Chile produce unas 20 toneladas en un universo de aproximadamente 2,200 toneladas” (comunicación escrita, 2013), lo cual puede deberse a la limitación de superficie para la producción de grana cochinilla. Lo anterior implica que ese país produce actualmente el 0.9% de la producción mundial y no el 15% como se venía haciendo anteriormente. Adicionalmente, Bustamante mencionó que en Chile sobreviven únicamente dos empresas productoras de colorantes de grana cochinilla, Agrícola Lila y Foodsafe Chile

Los datos de importaciones y exportaciones aquí reportados fueron tomados de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), en su sección Sistema de Información de Comercio Exterior. Los datos no reportan la cantidad importada/exportada, sino solamente el monto en dólares de la transacción.

2.1.2.1 Importaciones de grana cochinilla seca

Con respecto a las importaciones del insecto seco, Chile importa el producto principalmente de Perú y en segundo lugar de Bolivia. En el Cuadro 23 se muestran los datos de importaciones reportados para el periodo 2002 a 2004.

Cuadro 23. Importaciones de grana cochinilla seca realizadas por Chile para el periodo 2002 – 2012.

Año	País	Miles de dólares
2002	Perú	55
2003	Bolivia	14
	Perú	389
2004	Perú	303
2005	Perú	652
2006	Perú	604
	Bolivia	59
2007	Perú	508
2008	Perú	319
2009	Perú	2
2010	Perú	90
Total		2,295

Fuente: <http://www.aladi.org/NSFALADI>

2.1.2.2 Exportaciones de grana cochinilla seca

Con respecto a las exportaciones de grana seca, Chile exporta principalmente a España y Alemania y en menor escala a Estados Unidos e Italia. En el Cuadro 24 se muestra las exportaciones para el insecto seco y el monto ingresado para el periodo 2002 a 2004.

Cuadro 24. Exportaciones de grana cochinilla chilena para el periodo 2002-2004

Año	País	Miles de dólares
2002	Alemania	686
	España	254
	Estados Unidos	66
	Italia	58
2003	Alemania	292
	España	312
2004	Alemania	85
	España	189
2005	Alemania	204
2006	Alemania	18
	Irak	7
2007	Ecuador	10
2008	México	3
	Irán	9

Año	País	Miles de dólares
2009	Perú	25
2010	Perú	477
	Alemania	334
2011	Perú	263
	Alemania	91
Total		3,383

Fuente: <http://www.aladi.org/NSFALADI>

2.1.2.3 Importaciones de carmín de grana cochinilla

Al igual que para la grana cochinilla seca, el principal proveedor de carmín a Chile es Perú, en el Cuadro 25 se muestran los montos egresados por este concepto.

Cuadro 25. Importaciones de carmín para el periodo 2002 – 2012

Año	País	Miles de dólares
2002	Perú	41
2003	Francia	1
	Perú	54
2004	Perú	31
	No declarado	30
2005	Perú	124
	España	2
2006	Perú	167
	Argentina	14
	Francia	3
2007	Brasil	1
	Perú	292
	Alemania	2
	Austria	12
	Francia	3
2008	Argentina	14
	Brasil	2
	Perú	411
	Alemania	37
	Austria	11
	Francia	6

Año	País	Miles de dólares
2009	Argentina	27
	Brasil	7
	Perú	569
	Alemania	9
	Austria	3
	Francia	3
2010	Argentina	68
	Brasil	21
	Perú	1,884
	Alemania	81
	Dinamarca	1
	Francia	10
2011	Argentina	191
	Brasil	27
	Perú	3,888
	Alemania	44
	Austria	4
	Dinamarca	4
	Francia	1
	Italia	7
2012	Argentina	31
	Brasil	29
	Perú	412
	Alemania	4
	Dinamarca	11
	Reino Unido	1
Total		8,595

Fuente: <http://www.aladi.org/NSFALADI>

2.1.2.4 Exportaciones de carmín de grana cochinilla

En lo referente al carmín de grana cochinilla, los principales compradores de carmín chileno, por monto de operación, son: Alemania, México, Estados Unidos, Venezuela, Brasil, Ecuador y Argentina. De estos países, Argentina, Ecuador, México y Estados Unidos presentaron comercio constante para el periodo comprendido de 2002 a 2012.

En el cuadro 26 se muestran los ingresos captados por Chile por la venta de carmín de grana cochinilla, del total 24% corresponde a Alemania, mientras que México y Estados Unidos contribuyen con 19.1 y 15%, respectivamente.

Cuadro 26. Exportaciones de carmín chileno periodo 2002 – 2004.

Año	Miles de USD
2002	1,017
2003	1,277
2004	1,566
2005	1,942
2006	1,943
2007	1,551
2008	1,171
2009	403
2010	1,967
2011	1,967
2012	894
Total	15,698

Fuente: <http://www.aladi.org/sicoex>

2.2 Producción nacional

De acuerdo al documento titulado Monografía del Nopal y la Tuna de Julio 2011 publicado por Financiera Rural, a nivel nacional el área destinada a la producción de grana cochinilla se limita a 100 ha de las 210,000 ha para cultivo de nopal es decir 0.047% del total de área destinada al cultivo de nopal. Las cuales, se encuentran distribuidas en los siguientes estados: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

2.2.1 Importaciones de grana seca

En el caso de México los principales países proveedores de grana seca son Perú, Bolivia, España y en los últimos años Etiopía. En el cuadro 27 pueden apreciarse los datos que presenta la secretaria de Comercio Exterior, donde se muestra el monto en dólares, la cantidad importada, precio local y el precio mundial. Desafortunadamente, a partir del 2005 ya no se

emitió el precio mundial razón por la cual no aparece en el Cuadro. Es importante mencionar que existen ligeras diferencias entre la información proveniente de Secretaría de Economía y la proporcionada por las aduanas de Perú, salvo para el año 2012, en el cual las aduanas de Perú reportan un valor exportado de grana cochinilla seca de primera calidad al mes de marzo de 102 kilogramos, procedentes de la región de Arequipa contra un valor de 54,732 kg para todo el año reportado por la Secretaría de Economía. Este valor es superior a todos los registrados en años anteriores, lo cual justificaría sobradamente un proyecto de producción masiva de grana cochinilla en varios estados del país.

Por otra parte, la información proporcionada de BANCOMEXT con respecto a España muestra que el precio de la grana cochinilla española es mucho mayor al que tiene la grana cochinilla peruana y la boliviana, y que como consecuencia se ha elevado el precio mundial, sin embargo, cabe recordar que España es el principal comprador de los productos peruanos a un costo menor, lo anterior podría hacer suponer que España revende grana cochinilla peruana a un precio bastante mayor que al que la compra.

Cuadro 27. Importaciones mexicanas de grana seca para el periodo 1995 a 2012.

Año	País de origen	Miles de dólares	Cantidad kg	Precio/kg por país	Precio/kg mundial
1995	Perú	8.91	156.96	55.70	55.70
1996					
1997	Perú	9.82	149.99	65.47	65.47
1998	Perú	0.72	24.93	28.88	62.66
	Bolivia	8.05	115	70.00	
1999	Perú	2.50	100	25.00	26.47
	Bolivia	0.20	2	100.00	
2000	Perú	32.56	2,000	16.28	18.47
	España	5.06	37.04	136.62	
2001	España	2.54	15.02	169.07	169.07
2002	España	15.87	102	155.59	155.59
2003	Bolivia	6.94	500	13.89	29.45
	Perú	29.60	2,000	14.80	
	España	53.35	552	96.64	
2004	Bolivia	70.63	3,800	18.59	19.69
	Perú	4.71	400	11.78	
	España	8.33	50	166.64	

Cuadro 27. Importaciones mexicanas de grana seca para el periodo 1995 a 2012 (continuación).

Año	País de origen	Miles de dólares	Cantidad kg	Precio/kg por país	Precio/kg mundial
2005	Perú	7.35	600	10.75	10.75
	Bolivia	47.63	3,000	15.88	
2006	Bolivia	64.52	4,096	15.75	
2007	Perú	1.86	100	18.60	
	Bolivia	93.70	6,030	15.54	
2008	Perú	3.9	500	7.80	
	Bolivia	37.17	2,400	15.49	
	Chile	3.75	200	18.75	
2009	Etiopia	15.41	886	17.39	
	Bolivia	64.6	4,100	15.76	
2010					
2011	Perú	8.58	101	84.95	
	Etiopia	69.99	2,000	35.00	
2012	Perú	1,266	54,732	23.13	
	Etiopia	192.67	8,490	22.69	
Total		2,136	97,240	48.75	61.33

Fuente: BANCOMEXT

La grana cochinilla peruana entra al país a través de dos vías: a) aérea, a la Ciudad de México, Cuernavaca y Guadalajara y b) marítima a Manzanillo. Por otra parte, la grana que México compra a Perú es procedente de la regiones de Ayacucho, Arequipa y desde 2004 de Lima.

2.2.2 Exportaciones de grana seca

Para el año 2010 se exportó una cantidad de 5,068 kg de grana cochinilla seca con un valor de 240,204 dólares a Perú de acuerdo a lo reportado por el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) de la Secretaría de Economía.

2.2.3 Importaciones de carmín

En lo que se refiere al carmín la situación no es muy clara, debido a que las fracciones arancelarias con las que se identifica al carmín de grana cochinilla en Perú y Chile 3203002100 y 32030010 respectivamente, no tienen correspondencia exacta con las existentes en México.

En México, la partida 3203 Materias colorantes de origen vegetal o animal (incluidos los extractos tintóreos, excepto los negros de origen animal), aunque sean de constitución química definida; preparaciones a que se refiere la Nota 3 de este Capítulo a base de materias colorantes de origen vegetal o animal, se encuentra definida de la siguiente forma:

32030001 Rojo natural 4(75470), rojo natural 7, negro natural 2

32030002 Oleorresina colorante extractada de flor de cempasuchil, (zempasuchitl o marigold (tagetes erecta) y

32030099 Los demás

Debido a que tomar la partida 32030001 no solo correspondería al carmín de grana cochinilla o rojo natural 4, sino a dos colorantes más, se procedió a determinar las importaciones y exportaciones de forma indirecta, partiendo de la información de la Asociación de Exportadores de Perú (ADEX) y de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) para Chile y Argentina.

En lo referente a Perú, en el Cuadro 28 se muestra las importaciones de carmín realizadas por México en el periodo 1995 a 2012. En el Cuadro, se aprecian datos de ingresos por ventas totales de carmín así como ingresos provenientes de la venta de éste a México; asimismo se muestra el peso neto total de carmín vendido por Perú al resto del mundo y el peso neto vendido a México, esto a fin de determinar lo que representa México en términos de porcentaje del mercado Peruano.

Por otra parte, con los datos de monto en dólares y la cantidad neta de grana cochinilla, se determinó el precio por kilogramo de carmín de grana cochinilla peruana, a fin de tomarlo como referencia para los datos de ingresos por exportaciones que proporciona la ALADI para Chile y Argentina, con objeto de determinar la cantidad total de carmín de grana cochinilla que México importa anualmente.

Cuadro 28. Importaciones de carmín peruano por México periodo 1995 – 2012

Año	Ingreso total a Perú Miles de dólares totales	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso neto total (ton)	Peso Neto México (ton)	Precio de venta a México dólares/kg	% de exportaciones a México
1995	15,468.92	63.61	84.04	0.32	198.78	0.38
1996	6,583.94	104.8	18.89	0.30	349.33	0.79
1997	7,218.12	35.66	22.74	0.21	169.81	0.92
1998	4,660.56	143.02	35.78	1.28	111.73	3.58
1999	4,117.52	222.35	38.02	2.56	86.86	6.73
2000	4,216.17	202.64	61.53	3.66	55.37	5.94
2001	5,018.02	313.19	95.72	4.57	68.53	4.77
2002	5,523.31	212.82	131.20	3.47	61.33	2.64
2003	6,789.80	209.37	232.42	3.85	54.38	1.66
2004	10,688.90	847.35	245.47	11.94	70.97	4.86
2005	12,800.52	770.47	307	12.13	63.52	3.95
2006	15,568.81	884.72	359.6	14.07	62.88	3.91
2007	18,825.84	817.44	411.6	17.82	45.87	4.33
2008	11,686.72	536.26	337.3	12.88	41.64	3.82
2009	11,265.32	511.09	286	13.67	37.39	4.78
2010	64,334.60	3,790.69	374.7	16.17	234.43	4.32
2011	81,651.75	3,746.82	503.8	21.38	175.25	4.24
2012	17,711.43	875.93	241.4	9.72	90.12	4.03
Total	304,130.25	14,288.23	3,787.21	149.85	109.9	3.63

Los resultados del manejo de datos se pueden observar en la fig. 14 y en el Cuadro 29, en éstas se muestra el comportamiento de la importación de grana cochinilla por México. Como se puede apreciar, las importaciones tuvieron un máximo de 30 ton en 2011, de las cuales 21.38 provenían de Perú y los restantes 8.65 de Chile.

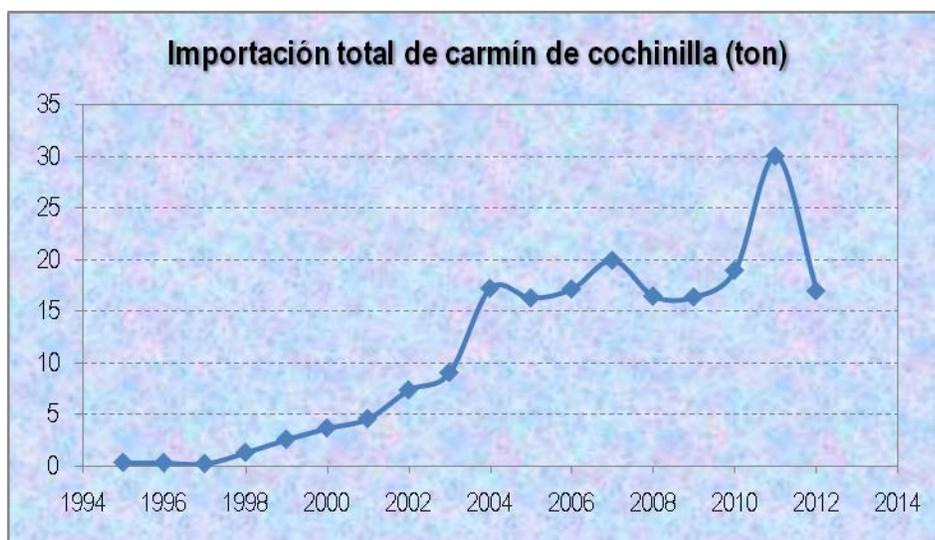


Fig. 14. Importaciones mexicanas de carmín para el periodo 1995 a 2012

Cuadro 29. Importaciones totales de carmín de grana cochinilla periodo 1995-2012

Año	PERÚ			CHILE		ARGENTINA		Importación total de carmín de grana cochinilla (ton)
	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso Neto México (ton)	Precio de venta a México dólares/kg	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso Neto México (ton)	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso Neto México (ton)	
1995	63.61	0.32	198.78					0.32
1996	104.8	0.3	349.33					0.3
1997	35.66	0.21	169.81					0.21
1998	143.02	1.28	111.73					1.28
1999	222.35	2.56	86.86					2.56
2000	202.64	3.66	55.37					3.66
2001	313.19	4.57	68.53					4.57
2002	212.82	3.47	61.33	238	3.88			7.35
2003	209.37	3.85	54.38	282	5.19			9.04
2004	847.35	11.94	70.97	373	5.26			17.2
2005	770.47	12.13	63.52	263	4.14			16.27
2006	884.72	14.07	62.88	193	3.07			17.14
2007	817.44	17.82	45.87	93	2.03	3	0.07	19.92
2008	536.26	12.88	41.64	143	3.43	6	0.14	16.45
2009	511.09	13.67	37.39	101	2.7	0	0	16.37

Cuadro 29. Importaciones totales de carmín de grana cochinilla periodo 1995-2012 (continuación).

Año	PERÚ			CHILE		ARGENTINA		Importación total de carmín de grana cochinilla (ton)
	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso Neto México (ton)	Precio de venta a México dólares/kg	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso Neto México (ton)	Ingreso venta a México Miles de dólares	Peso Neto México (ton)	
2010	3790.69	16.17	234.43	651	2.78	0	0	18.95
2011	3746.82	21.38	175.25	1516	8.65	0	0	30.03
2012	875.93	9.72	90.12	652	7.23		0	16.95
Total	14,288.23	150.00	109.9	4,505.00	48.36	9.00	0.21	198.57

Adicionalmente, de la información obtenida de ADEX, se identificó que el carmín peruano, proveniente de Lima, Arequipa y Callao entra al país principalmente por vía aérea al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en segundo lugar a Manzanillo vía marítima y esporádicamente a Acapulco, Toluca, Lerma y Mérida vía aérea.

2.3 Demanda nacional

A nivel nacional no se encuentra totalmente identificado el mercado nacional debido a la poca información existente, se conoce que una de las industrias que utiliza carmín de grana cochinilla, es la refresquera Sociedad Cooperativa Trabajadores de Pascual Boing, la cual lo utiliza para dar color a tres de sus productos líderes, ya que como ellos comentan su mercado está orientado al sector infantil de la población, por tanto se preocupan por ofrecer un producto de calidad (Ing. Raúl Castillo, 2005 comunicación personal).

Por otra parte, se conoce que existen laboratorios que producen colorantes a partir de grana cochinilla entre los que se encuentran:

Ultraquimia Agrícola/Promotora Técnica Industrial, localizada en Jiutepec, Morelos. Esta empresa requiere de 100 ton/año para la producción de colorantes de acuerdo a lo expresado en entrevista a un diario de Zacatecas por Joaquín Ortega, presidente de Granazac, empresa dedicada a la producción de grana y derivados del nopal (Imagen de Zacatecas, 2008). Por otra parte, en el Estudio para el Desarrollo del Modelo Productivo de Negocio Replicable: Producción Intensiva de Grana cochinilla en condiciones de Invernadero, 2012 se reporta que

Campo Carmín tiene una demanda concreta de 80 toneladas anuales de grana seca por parte de la Promotora Técnica Industrial.

De la investigación realizada en este trabajo se sabe que Granazac de Zacatecas, provee a la empresa, mediante la razón social Ultraquimia Agrícola, 22 toneladas de grana cochinilla al año (Imagen de Zacatecas, 2008). Mientras, que la empresa Campo Carmín de Morelos, no cubre la demanda de 80 toneladas anuales de Promotora Técnica Industrial. De acuerdo al Estudio para el Desarrollo del Modelo Productivo de Negocio Replicable: Producción Intensiva de Grana cochinilla en condiciones de Invernadero, 2012; la demanda de Promotora Técnica Industrial no logra ser cubierta con la oferta nacional.

Adicionalmente, el estudio indica que la capacidad instalada de almacenamiento de Campo Carmín es de 25 toneladas y que éstas pueden ser requeridas por empresas demandantes de carmín, en un solo día.

Altecsa, localizada en Huamantla, Tlaxcala es un corporativo dedicado a proveer a la industria alimentaria, entre otros aditivos alimentarios, de colorantes naturales entre los que se encuentra el carmín en nueve presentaciones. De esta empresa no se pudo conocer sus proveedores, pero se sabe que José Antonio Bustamante les brinda asesoría por lo que se podría pensar que la grana cochinilla utilizada en la producción proviene de Chile.

Farbe AG Munchen Mexico. Es una empresa química experta en colorantes y aditivos alimentarios,

De lo anterior, se puede concluir que la demanda de grana cochinilla en el país debe ser del orden de 100 toneladas de grana seca al año, la cual no es cubierta con la producción nacional.

2.4 Oferta nacional

En lo que respecta a la oferta nacional, existen varios grupos que producen grana cochinilla en el país de los cuales los más destacados son:

Campo Carmín. Localizada en el estado de Morelos, inicia actividades en 2007 con el apoyo de la SRA es uno de los grupos que cuenta con mayor experiencia en incrementar la producción y productividad de la grana cochinilla de manera intensiva y controlada, se ha tomado como modelo replicable para los proyectos FONAES. No se conoce su capacidad de producción, sin embargo en un comunicado de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano de 2011 se menciona que está en negociaciones para exportar tintes naturales a España.

Granazac en Villanueva, Zacatecas inicia actividades en 2003 su capacidad de producción es de 22 toneladas al año y su objetivo es producir colorantes con la ayuda de personal del Colegio de Post graduados de San Luis Potosí (Imagen, 2008).

Grupo Productor Campos Rojos Tepale en el municipio Juan C. Bonilla en Puebla en una primera etapa el objetivo es acondicionar tres hectáreas para construir una nopaloteca para una producción de 3.6 toneladas de grana seca a partir del segundo año. La comercialización de la producción de este grupo se hará a través de campo carmín interesado en la compra del producto. Adicionalmente, en el estado de Puebla se produce grana cochinilla en San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Tlaxcalancingo y otros lugares.

Movimiento Antorchista. En el estado de Oaxaca, en dos grupos iniciaron en 2010 un proyecto de producción de grana cochinilla con el objetivo de producir 1 tonelada de grana cochinilla seca en 10 hectáreas de nopal verdura. En ese momento se tenían pláticas con la empresa promotecnia y Campo Carmín de quien recibían asesoría técnica para que les compraran su producción (periódico Movimiento Antorchista, 2010).

2.5 Canales de distribución

En la actualidad el esquema de canales de distribución está integrado en el caso de Perú y Chile de empresas consolidadas que compran toda la producción de los pequeños productores a fin de procesarla para obtener el carmín de grana cochinilla y poder satisfacer la demanda. En el caso de Perú y Chile, estas empresas ofertan servicios de asesoría para producción de grana cochinilla, los cuales contemplan asesoría agrícola-comercial; en el caso específico de Chile se cuenta con la venta de terrenos preparados a los cuales se les da acompañamiento para la

producción, con equipos, insumos y mano de obra, a fin de asegurar la calidad para la posterior compra de la producción.

En el caso de México, como se observó en la sección 2.4, la empresa más apuntalada Campo Carmín, asesora técnicamente a los pequeños y nuevos productores de grana cochinilla, a fin de garantizar y homogeneizar la calidad del producto, para posteriormente comprar la producción y de esta forma poder cumplir sus compromisos con empresas productoras de colorante en el país. Adicionalmente, estas empresas productoras de colorante satisfacen su requerimiento vía importación si la oferta nacional no satisface sus necesidades de materia prima.

2.6 Análisis interno y externo del mercado

2.6.1 Análisis externo

2.6.1.1 Análisis del consumidor

En lo que se refiere al consumidor se considera el segmento del mercado relacionado con colorante naturales utilizados en productos que se ingieren o bien están en contacto directo con el cuerpo como es el caso de los alimentos, medicamentos y cosméticos, dado que la motivación de los organismos que regulan dichos productos es eliminar los riesgos que han demostrado tener sus equivalentes sintéticos.

2.6.1.2 Análisis competitivo

En el caso de Perú, la producción de grana cochinilla se realiza de tres diferentes formas 1) recolección del insecto, el cual crece de forma silvestre en la zona de Ayacucho, 2) producción semi tecnificada en la zona de Lima y 3) producción altamente tecnificada en la zona de Arequipa. Lo anterior, tiene como consecuencia que en las zonas de recolección los costos de producción sean los más bajos en Perú, sin embargo, la calidad del producto, en lo que se refiere a porcentaje de ácido carmínico es variable y bajo con respecto a la calidad de la producción tecnificada y semi tecnificada como se verá en la sección 3.1.

Por otra parte, en el caso de Chile la grana cochinilla se produce exclusivamente de forma tecnificada y se reporta que la producción chilena puede llegar a tener un contenido mayor de ácido carmínico que la producida por Perú (Anchundia *et al*, 2002). Sin embargo, la producción está restringida a la región norte del río Choapa bajo estrictas condiciones de bioseguridad, pues la grana cochinilla está considerada como plaga cuarentenaria del país.

2.6.1.3 Análisis del entorno

Con respecto al análisis del entorno, existen diferencias entre Perú y Chile. Parte de la producción de grana cochinilla en Perú tiene cierto carácter social, por tanto existen programas gubernamentales orientados a dinamizar las actividades productivas de la crianza de grana cochinilla en las zonas rurales de extrema pobreza, a fin de generar empleos sostenibles que puedan incrementar los ingresos de los pobladores de esas regiones. Estos programas contemplan capacitación, asesoría técnica, apoyo en la comercialización y financiamientos a los productores que posean posibilidades de crecer.

Contrariamente, en Chile la producción es privada; existen empresas que ofrecen servicios de capacitación, asesoría técnica y plantaciones de nopal bajo el esquema de llave en mano, pero su principal objetivo es uniformar la calidad del producto pues la empresa compra toda la producción de los productores que ingresan en esos esquemas.

2.6.2 Análisis interno

2.6.2.1 Organización interna

En lo que se refiere a la organización interna, ésta se encuentra desarticulada, en su mayoría son pequeños productores que se encuentran dispersos en el país, algunos se encuentran inscritos en programas dirigidos al cultivo del nopal y la tuna, bajo el carácter de sociedades rurales. Mientras que otros no reciben apoyo alguno y sacan su producto a través de empresas que se dedican a hacer acopio para vender principalmente la grana cochinilla seca.

Por otra parte, existe un número importante de investigadores cuyos trabajos están orientados principalmente a aspectos biológicos del hospedero y la grana cochinilla. Es importante mencionar que parte del conocimiento generado en México es utilizado por la empresa más importante en Chile, la cual ha obtenido buenos resultados al implementarlos en su proceso productivo. Sin embargo, a pesar de la investigación generada subsiste el reclamo de ciertos productores en el sentido de que no se realiza transferencia de tecnología por parte de los centros de investigación.

Con respecto al apoyo gubernamental, éste se da a través de instancias como la SRA, FONAES, CONAFOR, FIRA y SAGARPA. Estos apoyos están dirigidos principalmente al impulso productivo de la mujer y grupos vulnerables.

2.6.2.2 Recursos humanos

En lo que se refiere a los recursos humanos se cuenta con personal reconocido a nivel internacional en los campos de la biología y ciencias agrícolas. Sin embargo, es notoria la falta de ingenieros químicos así como evaluadores de proyecto, los cuales tengan respuestas a algunas de las preguntas recurrentes de los aspirantes a productores de grana cochinilla como son: proceso o procesos, monto de inversión, utilidades, comercialización del producto y la certidumbre del mercado.

2.6.2.3 Cultura

Existe un factor “cultural” que permea en la mayoría de los productores de grana cochinilla de resistencia al cambio en tres sentidos: 1) Limitarse a la producción de la grana cochinilla seca únicamente, 2) Reducir la producción a nivel de traspatio y 3) Mantener el proceso como se encuentra actualmente. Aunque afortunadamente ya existen algunos productores que han realizado modificaciones al proceso con resultados favorables. En este sentido la resistencia al cambio de los productores no les permite visualizar que los productos con mayor valor agregado son los derivados de la grana de grana cochinilla y, que por otra parte para poder obtener mayores márgenes de utilidades es condición trabajar mayores volúmenes y que esto no será posible mientras el proceso sea totalmente manual.

2.7 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

En lo que se refiere a las fortalezas se identifican las siguientes:

- ❑ Existencia de recursos humanos en el campo de la investigación
- ❑ Promoción de la cría de la grana cochinilla
- ❑ La cría de la grana cochinilla es una tradición que se niega a desaparecer en algunos puntos del país
- ❑ 60% del territorio nacional es considerado como árido o semiárido, lo cual hace factible el cultivo del nopal para la cría de la grana cochinilla.

En contraparte se identifican las siguientes debilidades

En lo referente al proceso

- ❑ Debido a que los factores abióticos inciden en la producción de la grana cochinilla de forma negativa en el país la cría del insecto se debe llevar a cabo en condiciones controladas.
- ❑ Existencia de depredadores de la grana cochinilla
- ❑ Existencia de la especie silvestre como competidor con la especie de interés
- ❑ El proceso es de tipo artesanal
- ❑ Producción solo de materia prima, no así de derivados con mayor valor agregado

En lo referente a aspectos no técnicos

- ❑ Falta de visión integradora que abarque no solo los aspectos técnicos, sino también los de tipo económico
- ❑ Falta de normatividad que obligue a retirar los colorantes que se han identificado como problemáticos
- ❑ Estructura dispersa de productores de grana e investigadores
- ❑ Falta de apoyos gubernamentales generalizados
- ❑ No existe información suficiente con respecto a la comercialización por parte de las diferentes instancias gubernamentales
- ❑ Resistencia al cambio por parte de los productores, principalmente los pequeños productores

Con base en la información de la competencia y la propia se procedió a realizar un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y amenazas), el cual se puede observar en el Cuadro 30 a fin de no perder de vista los diferentes factores que afectan el proyecto.

Cuadro 30. Cuadro de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Interés por parte de instituciones educativas, principalmente las Universidades de Chapingo y Guadalajara	En cuanto al proceso biológico en sí, existencia de competidores por sustrato
Tesis orientadas a la producción de grana cochinilla en universidades públicas y privadas	Factores adversos en el clima que provocan que la cría sea en condiciones controladas o semicontroladas
Reconocimiento internacional de los grupos de trabajo mexicanos	En cuanto al proceso productivo no ha sufrido tecnificación
Zonas potencialmente útiles en el norte del país para el cultivo del nopal para la cría de grana cochinilla	Falta de visión integradora por parte de especialistas e instancias gubernamentales.
Existencia de estudios de factibilidad de sembradíos controlados de nopal en varias zonas del país	Necesidad de mayor trabajo en conjunto por parte de los especialistas
Existencia de grupos que tratan de preservar el cultivo de grana cochinilla	Falta de información de parte de órganos gubernamentales o de particulares
Interés por parte de los productores para mejorar sus procesos.	Falta de apoyos por parte del gobierno
	Altos costos de producción que hacen poco atractiva la actividad
	Resistencia al cambio
	Poco atractiva como actividad alternativa para las personas del campo, debido a la variación de precios
	Bajos costos de producción del Perú en infestaciones naturales o silvestres.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Restricciones en la legislación al uso de ciertos colorantes sintéticos	Rezago tecnológico
Retorno a productos naturales como un plus	Competidores que producen el colorante bajo condiciones ambientales ideales
Existencia de mercado a nivel nacional e internacional	Mano de obra más barata en los países líderes
Para las zonas de plantaciones silvestres en Perú falta de uniformidad en el producto y bajas concentraciones de ácido carmínico.	Surgimiento de nuevos países productores de grana cochinilla como Etiopia y China
En el caso de Chile, existe la resolución N° 1954/ISAG a partir del año 2000, la cual solo permite la producción de la grana cochinilla del carmín al norte del río Choapa bajo estrictas condiciones de seguridad. Adicionalmente la resolución N° 792/2007 la considera dentro de la lista de plagas cuarentenarias del país.	Existencia de países como Bolivia y Ecuador que producen de forma constante aunque en pequeña escala
En el caso de España la producción está limitada a las Islas Canarias y es incipiente	Precios variables de materia prima y derivados
Creación de fuentes alternativas de trabajo en zonas deprimidas del País	

2.8 Definiciones del estudio de mercado para desarrollo de actualización tecnológica

Aunque inicialmente este trabajo se había enfocado a la actualización de la producción de grana cochinilla, de la revisión de la información estadística se considera que para el mercado nacional conviene más: 1) la actualización de la tecnología con miras a la cría masiva de grana cochinilla y 2) la producción de los diferentes derivados de la grana cochinilla en el país, debido a que éstos tienen mayor valor agregado con respecto a la materia prima como pudo observarse en la sección dos de este trabajo.

Considerando la demanda de una de las empresas productoras de colorantes de 100 toneladas al año, en este trabajo se considera que la producción anual de grana cochinilla seca será de 22.7 toneladas al año, a fin de producir tres ton/año de carmín de grana cochinilla y tres ton/año de extracto de carmín número 5.

Con esta consideración se requerirá de 2.5 hectáreas para sembradío de nopal, invernaderos así como espacio para la planta productora de colorantes.

Para esto se plantea un esquema de cooperativa, donde los pequeños productores se asocien en torno a una unidad productiva, en la cual ellos cultivarán el hospedero y trabajarán en las labores de infestación y cosecha a fin de obtener la materia prima necesaria para el desarrollo de los productos derivados de la grana cochinilla, de esta forma se tendría un único canal de distribución que evitaría la elevación de los precios de venta, al no contar con intermediarios, obteniendo los productores márgenes adecuados de ganancia, a fin de que el proceso productivo sea competitivo.

3. ESTUDIO TECNOLÓGICO

Este capítulo está enfocado a hacer una revisión de las diferentes tecnologías que se utilizan actualmente en la producción de grana cochinilla, así como en la producción de colorantes derivados de ésta dentro y fuera de México, a fin de determinar la tecnología adecuada, en el contexto nacional, a fin de elevar los niveles de producción y calidad de la grana cochinilla y de los colorantes que se propone elaborar en este trabajo.

Para la evaluación y selección de la tecnología, ésta se revisó en tres vertientes:

- Lo referente al cultivo del nopal, así como las actividades necesarias para la infestación de la grana cochinilla.
- Las actividades de cosecha y post cosecha para su posterior procesamiento para la obtención de los derivados.
- La revisión de los procesos productivos para la obtención de los derivados de grana cochinilla.

Para la revisión de la tecnología actual en lo concerniente al cultivo de nopal así como las actividades de preliminares a la infestación, cosecha y actividades post cosecha se acudió al Rancho “La Nopalera”, localizado en San Bartolo Coyotepec, en el Estado de Oaxaca. Las actividades realizadas en este lugar estuvieron encauzadas a conocer y realizar actividades del proceso actual en todo lo referente a la producción de la grana cochinilla, a fin de determinar los puntos factibles a ser tecnificados.

En cuanto a la revisión de los procesos productivos de los diferentes colorantes, se realizó una revisión bibliográfica de los procesos existentes así como las diferentes propuestas en otros trabajos como este.

3.1 Proceso de Producción de grana cochinilla

El proceso de producción de grana cochinilla es básicamente de dos tipos: a) planta en pie y b) penca cortada, a su vez, estos dos tipos pueden subdividirse en: c) Cielo abierto y Tapexco para planta en pie y d) microtúnel, túnele invernadero para penca cortada.

La situación actual para producción de grana cochinilla en Perú y Chile se muestra en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Producción de grana cochinilla en Perú y Chile Planta en Pie

Indicador	PERÚ ¹			CHILE ^{2,3}
	Ayacucho	Lima	Arequipa	Región de Coquimbo
Altitud (msnm)	2,000 – 3,200	Chilca: 100 – 1,200 Huarochirí: 1,600 – 2,700	1,000- 1,700	50
Tecnología	Baja	Intermedia	Alta	Alta
Extensión de producción	8,185 ha	1,768 ha	5,162 ha	395 ha
Densidad de plantas	400 – 1,700 plantas/ha	500 – 1,200 plantas/ha	35,000 – 60,000 plantas/ha	30,800 plantas/ha
Rendimiento (kg grana cochinilla seca/año) por hectárea	13.79 kg grana cochinilla seca/año	100 – 400 kg grana cochinilla seca/año	400 – 800 kg grana cochinilla seca/año	1,000 kg grana cochinilla/ha
Problemas sanitarios	Bacteriosis, mancha plateada, otros	Ninguno	Queresa en mínimo, pencas que se seca, pero mínimos	Algunas esporas que atacan a las plantas más débiles. Gran problema con caracoles
Calidad del producto	18.5% ácido carmínico	19 - 21% ácido carmínico	19 – 24% ácido carmínico, promedio 20.5%	25 – 26.8% de ácido carmínico
Cosechas	3 – 4 al año	3 – 4 al año	2 cosechas en 15 meses	2 veces al año
Tipo de agricultores	Recolectores	Productores	Productores empresarios	Productores empresarios
Presentación del producto	Grana cochinilla fresca y seca	Grana cochinilla seca de primera y segunda calidad	Grana cochinilla seca	Grana cochinilla seca

1 Adaptada de Avendaño (Solid Perú), 2008

2 Tomado de Saenz, 2006

3 Comunicación escrita con José Antonio Bustamante, Director-Gerente de Foodsafe Chile S.A.

Como puede observarse en el Cuadro 31 el tipo de producción es mediante planta en pie a cielo abierto. Para el caso de Perú, se puede observar la forma en la que incide el grado de tecnificación sobre el porcentaje de ácido carmínico en el insecto.

Por otra parte, en lo que se refiere a la producción en Chile ésta es tecnificada, existen empresas, como foodsafe que proporciona consultoría a agricultores en Chile, África y América latina.

En el caso de México, debido a sus condiciones climatológicas, el sistema de producción mayoritariamente es mediante penca cortada, en condiciones controladas. Los dos sistemas más utilizados son Nopaloteca y penca en pie. Las ventajas y desventajas de ambos sistemas se muestran en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Ventajas y desventajas de los sistemas de producción de penca cortada

Sistema	Ventajas	Desventajas
Nopaloteca	Densidad de pencas de 90 cladodios por metro cuadrado en tres o cuatro estratos	Se llega a presentar putrefacción de la penca por el gancho con el que ésta se cuelga
	Costo del invernadero depende del tipo de estructura y materiales usados, pero es solo una inversión	
	Mantenimiento mínimo	
	La producción puede ser de hasta 20 kg por 10,692 pencas	
Penca en pie	Garantiza rendimientos superiores a cualquier otro sistema.	Evitar sombra para mantener altos rendimientos.
	Debido al riego se puede seguir suministrando nutrientes a la penca y mejorar la concentración de ácido carmínico	Evitar la caída de sericina a los estratos inferiores para evitar contaminación
		Mayor tiempo en el cuidado como consecuencia de riegos y eliminación de plagas.

Adaptada del Programa Nacional de la grana cochinilla, 1999

Actualmente, en México existen varios grupos dedicados a la producción de grana cochinilla, con sistema de nopaloteca, éstos se encuentran localizados en los estados de México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala Zacatecas y Nuevo León. De éstos, el grupo más desarrollado es el ubicado en el estado de Morelos, Campo Carmín, el cual da asesoría a los interesados en la producción de grana cochinilla.

3.2 Actividades cosecha y post cosecha

La cosecha, es la actividad encaminada a la separación del insecto de la penca del nopal. Por otra parte, las actividades post cosecha, son aquellas que se realizan una vez que el insecto se ha separado del nopal, éstas incluyen sacrificio, secado y clasificación. En el Cuadro 33 se presentan los diferentes métodos que se utilizan para estas actividades en diferentes países.

Cuadro 33. Actividades cosecha y post cosecha

Actividad	Perú	Chile	Islas Canarias	México
Cosecha	<p>Producción no tecnificada mediante instrumentos que están elaborados de varas y palos (0.60 a 1.50 m), en cuyo extremo se fija una cuchara, escobilla o un pequeño trozo de fleje metálico. Los dos últimos se utilizan preferentemente cuando se cosecha de plantas espinosas.</p> <p>Producción tecnificada se cosecha cortando pencas para después desprender a los insectos mediante aire a presión.</p>	La grana se cosecha cortando pencas para después desprender a los insectos mediante aire a presión	La cosecha del insecto, se realiza mediante un tipo de cuchara a manera de recogedor denominado "milana".	<p>Producción no tecnificada, la cosecha es mediante trozos de carrizo (tallos huecos y endurecidos de gramíneas), cucharas de metal y raspadores de plásticos elaborados a partir de envases desechables.</p> <p>Producción tecnificada, mediante brochas para el barrido de ésta.</p>

Cuadro 34. Actividades cosecha y post cosecha (continuación)

Actividad	Perú	Chile ¹	Islas Canarias	México
Recolección de cosecha	<p>Producción no tecnificada, el producto cosechado se captura en bolsas cónicas de manta que están montadas en aros de alambre, mismos que se fijan a varas y palos. La grana cochinilla cosechada se deposita en cajas de madera o cartón, cuyo peso no exceda los 10 kg.</p> <p>Producción tecnificada, la producción se captura en carretillas que soportan una pared de malla para permitir que fluya el aire utilizado para desprender a los insectos, pero que retengan a éstos últimos.</p>	<p>La producción se captura en carretillas que soportan una pared de malla para permitir que fluya el aire utilizado para desprender a los insectos, pero que retengan a éstos últimos.</p> <p>Por otra parte, Bustamante reporta que la rebusca se hace con cuchara y la segunda cosecha involucra poda, barrido y se hace con cepillo</p>		Se realiza sobre plásticos recolectores o en contenedores.
Sacrificio	Inmersión en agua recién hervida, aplicación de vapor de agua, congelamiento, aspersión por hexano, asfixia.	Asfixia del insecto con calor a 70°C.	Inmersión en agua recién hervida, aplicación de vapor de agua, congelamiento, aspersión por hexano, asfixia.	Asfixia, mediante calentamiento en ollas de barro, mediante ceniza caliente.
Secado	Mediante secadores solares, estufas con focos, sol directo o también puede dejarse secar a la sombra	Secado en bandeja en hornos ad-hoc.	Mediante secadores solares, estufas con focos, sol directo o también puede dejarse secar a la sombra	Secado al sol durante 20 días protegida de la humedad y el polvo
Clasificación	Tamices	Tamices	Tamices	Tamices

¹ Comunicación escrita con José Antonio Bustamante, Director-Gerente de Foodsafe Chile S.A.

3.3 Descripción del proceso productivo de grana cochinilla original

1. Preparación de las camas en tapescos. La cama se prepara colocando 3 cm. de arena y de 8 a 10 cm. de abono, para las siembras posteriores de las pencas únicamente se procede al movimiento de la arena del cría anterior a fin de evitar que existan terrones grandes de arena y abono, en caso de ser necesario se procede a reponer arena así como a incorporar más abono.
2. Corte de los cladodios o pencas a infestar, éstos deberán cortarse por lo menos 15 días antes de ser infestados para que al momento de ser sembrados en las camas, éstos ya hayan cicatrizado y así evitar que la planta se pudra. Es importante mencionar que el corte de la penca se debe realizar en las uniones con la planta y nunca se debe hacer el corte con la mano a fin de no dañar la planta. Durante el corte se debe evitar cortar pencas muy delgadas (jóvenes) o muy gruesas (viejas), asimismo se debe realizar inspección visual a fin de no cortar pencas enfermas. Esta actividad, adicionalmente sirve como control de las plantas de las que se obtendrán las pencas.
3. Recolección. Una vez cortadas las pencas se procede a su recolección, mediante carretilla, para posteriormente enviarse al sitio donde se lavaran.
4. El lavado de las pencas se realiza una a una, de forma manual con un cepillo a fin de quitar telarañas, residuos de tierra y alguna otra plaga que pudiera llevar el nopal.
5. Secado. Una vez lavadas las pencas se ponen a secar al sol, sobre costales para posteriormente ser depositadas en las camas, ubicadas en el tapesco.
6. Sembrado. Las pencas se colocan en forma vertical en las camas, haciendo hileras, las cuales tienen una separación de aproximadamente 10 cm. En cada hilera se colocan de cinco a siete pencas.
7. Riego. Una vez sembradas las pencas se procede a su riego, éste debe ser ligero y de acuerdo a lo observado en el centro de cría se hace mediante mangueras instaladas a las orillas de las camas. Se recomienda que la periodicidad del riego sea cada 15 días (Del Río y Loera, comunicación personal).
8. Preparación de nidos. Para esta actividad se utiliza la grana que ha sido seleccionada de la cosecha inmediata anterior, el mismo día de la cosecha y que posee el tamaño que le permita ser retenida por una malla de 3 mm. Se toma con una cuchara pequeña la punta de ésta y es introducida a un tubo de palma, llamado tenate para finalmente ser cubierto con papel periódico.

9. Infestación. Una vez sembradas las pencas y preparados los nidos se procede a la infestación mediante la colocación de los tenates a cada una de las pencas sembradas. La infestación se debe realizar de forma inmediata a la cosecha anterior.
10. Una vez infestadas las pencas únicamente se realizan actividades de mantenimiento tales como riego, adición de insecticidas para control de plagas, mediante aspersión teniendo especial cuidado, ya que su efecto residual puede ocasionar la muerte de la grana.
11. Otra actividad de mantenimiento consiste en la revisión y retiro de otras plagas que pueden atacar a la grana, como es el caso del gusano telero, ya que éste es capaz de matar de tres a cuatro granas al día (Del río y Loera, 2005).
12. Recolección. Una vez terminado el ciclo de la grana se procede a la recolección de ésta, mediante el retiro de las pencas de las camas. Las pencas son colocadas sobre una charola o tina y cepilladas de forma delicada con una brocha a fin para despegar toda la grana que puebla el nopal. Esta actividad se hace penca por penca y es de extremo cuidado pues el retiro violento de la grana provoca que ésta sea colapsada. Una vez colectada, la grana se coloca sobre tamices a fin de limpiarla y clasificarla de acuerdo a su tamaño.
13. Pesado. Una vez clasificada la grana de acuerdo a los tamices se procede a pesar para determinar la nueva infestación. En el caso de la grana que no se toma como pie de cría se procede al sacrificio de ésta.
14. Sacrificio. Los métodos de sacrificio de la grana se describieron en la sección 1.6. De acuerdo al método utilizado en el centro de cría se tienen dos opciones muerte por refrigeración, introduciéndolas en el congelador por dos días, o bien muerte por asfixia colocándolas en una bolsa de plástico y colocándolas al sol durante un día.
15. Secado. Una vez muerta la grana se procede a secarla para que pierda humedad. Esto se logra colocando los insectos en charolas directamente al sol hasta que esté completamente secos. Lo anterior se confirma cuando al ser presionada la grana se pulveriza dando una tonalidad guinda. Los valores de humedad en la grana seca deben de ser del orden del 19 – 25%.
16. Limpieza y desencerado. Consiste en quitar la cera que posee la grana cochinilla después de la recolección y secado. Para esta actividad se cuenta con un tamiz de malla muy cerrada a fin de evitar que la grana pase a través del tamiz. El proceso consiste en agitar la grana en el tamiz de tal forma que quede libre de polvo. Una

práctica es introducir la grana en agua caliente, lo cual es perjudicial pues se da un proceso conocido como sangrado.

17. Empacado. Una vez terminado todo el proceso se procede a guardar la grana cochinilla en costales en lugares sin humedad.

En la figura 15 se puede apreciar el diagrama de bloques del proceso actual.

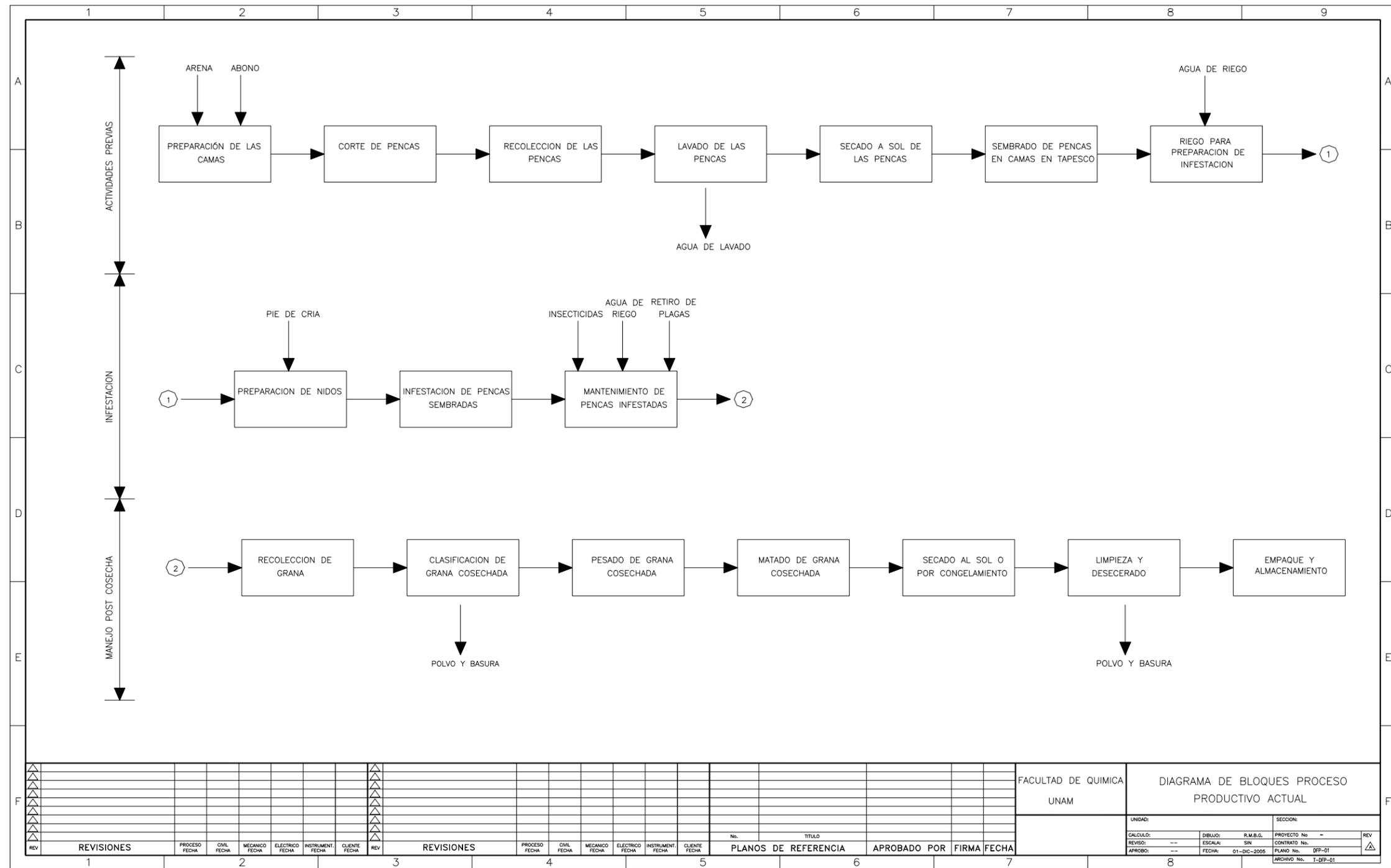


Fig. 15. Diagrama de bloques de proceso productivo actual

3.4 Descripción del proceso productivo de grana cochinilla actualizado

En lo que se refiere a la producción de grana cochinilla, el proceso de producción a actualizar es el sistema conocido como de penca sembrada, el cual se lleva a cabo en los tapescos o invernaderos controlados. Una descripción de los tapescos se dio en la sección 1.5.1.

La actualización de la tecnología considera básicamente las mismas actividades en lo referente a la cría y manejo del insecto, pero a diferencia del proceso actual se considera que varias de las actividades son realizadas mecánicamente a fin de incrementar la capacidad de producción.

A continuación se describe el proceso actualizado

1. El proceso inicia con la recepción del hospedero en la unidad de producción, el cual previamente fue cortado y recolectado por cada uno de los productores que conforman el grupo.
2. El nopal pasa a continuación a una lavadora por inmersión, donde es lavado a fin de eliminar telarañas, tierra y posibles plagas.
3. Una vez lavadas las pencas son secadas en túneles de secado mediante aire y están listas para la infestación.
4. A continuación se preparan las camas para recibir al hospedero, éstas se conforman con arena y abono en la siguiente relación 3 cm de arena y 8 a 10 cm de abono.
5. Una vez listas las camas y secas las pencas de nopal se procede a plantarlas
6. Al mismo tiempo se preparan los nidos para proceder a la infestación del nopal.
7. Durante el ciclo de producción se dará mantenimiento a las camas, este mantenimiento considera el riego de las camas, cada 15 días; el riego se realizará adicionando una solución de nutrientes mediante bombas y riego mediante cinta de goteo. Asimismo, se procederá a la revisión de las pencas a fin de detectar plagas o enemigos de la grana cochinilla.
8. Una vez que la grana haya cumplido con su ciclo se procederá a su cosecha mediante aire a presión, el material cosechado será recibido en recipientes para su posterior clasificación mediante tamices vibratorios.

9. Una vez clasificada, se procederá al pesado de cada una de las fracciones obtenidas, de acuerdo a lo establecido por el INTINTEC.
10. Una vez pesada la grana se procede a su sacrificio mediante refrigeración.
11. Una vez que la grana ha sido sacrificada se procede a su secado, mediante un secador solar.
12. Finalmente, el último paso del manejo post cosecha consiste en la limpieza y desencerado, el cual es llevado a cabo mediante una extracción con acetona.
13. Una vez limpia la grana se tienen dos opciones: a) empacarla y almacenarla para su venta o b) proceder a la producción de los derivados.
14. Extracción de carmín en solución acuosa. Para la producción de carmín de grana cochinilla se procede a la adición de sales de aluminio y calcio para su posterior filtración y secado de la pasta.
15. En el caso de producción del extracto de grana cochinilla se procede a la extracción del colorante en solución acuosa con la posterior adición de etanol y una etapa de reposo

En las figuras 16 y 17 se puede observar el diagrama de bloques del proceso actualizado, el cual en su conceptualización contempla la reducción del impacto al medio ambiente mediante el tratamiento y posterior aprovechamiento de los diversos residuos que se generarán en el proceso a fin de contar con un proceso integral que considere:

- Recuperación y tratamiento de agua para ser reutilizada
- Recuperación de solventes
- Tratamiento de pencas de nopal, vía composteo, a fin de generar abono.

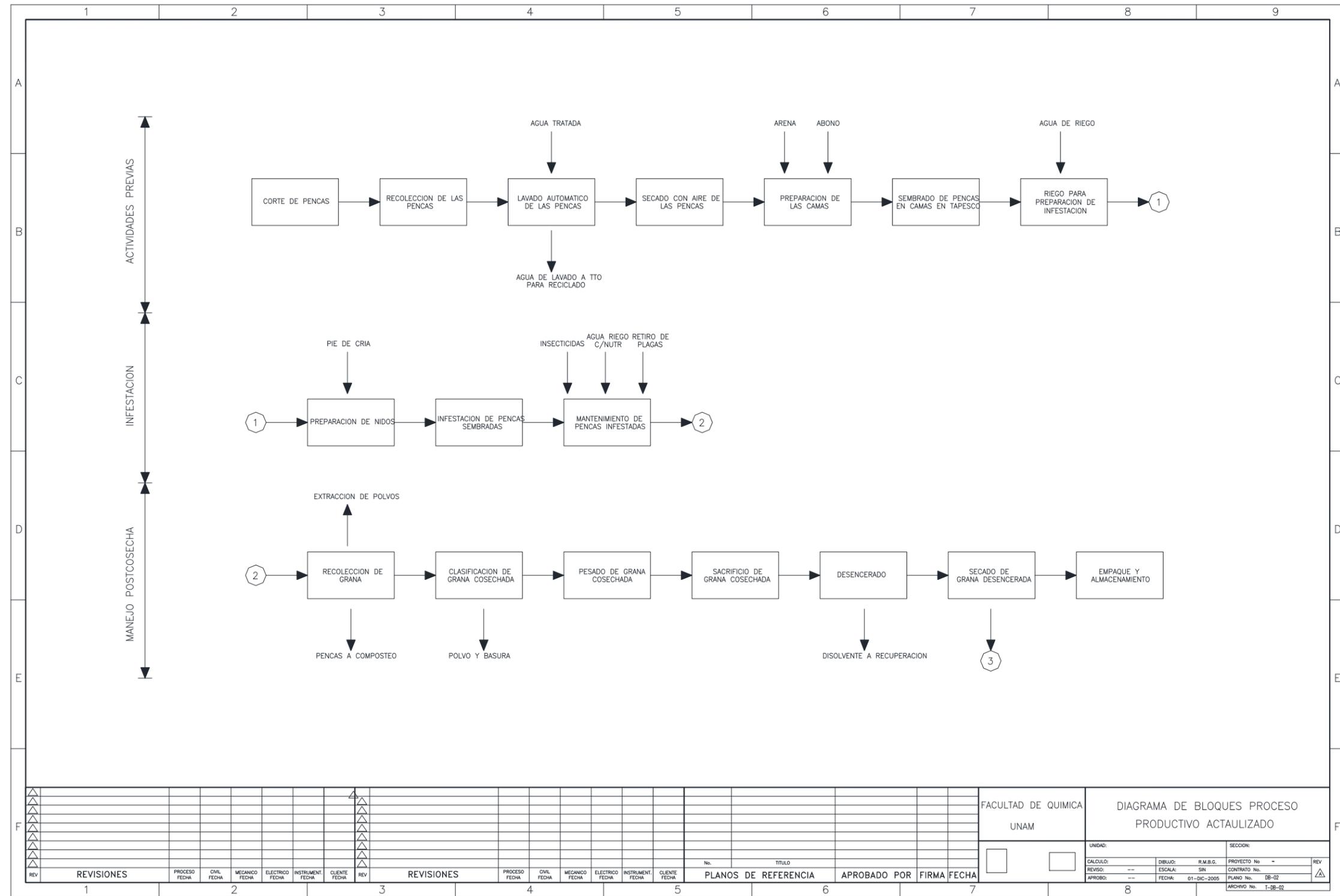


Fig. 16. Diagrama de bloques de proceso actualizado 1/2

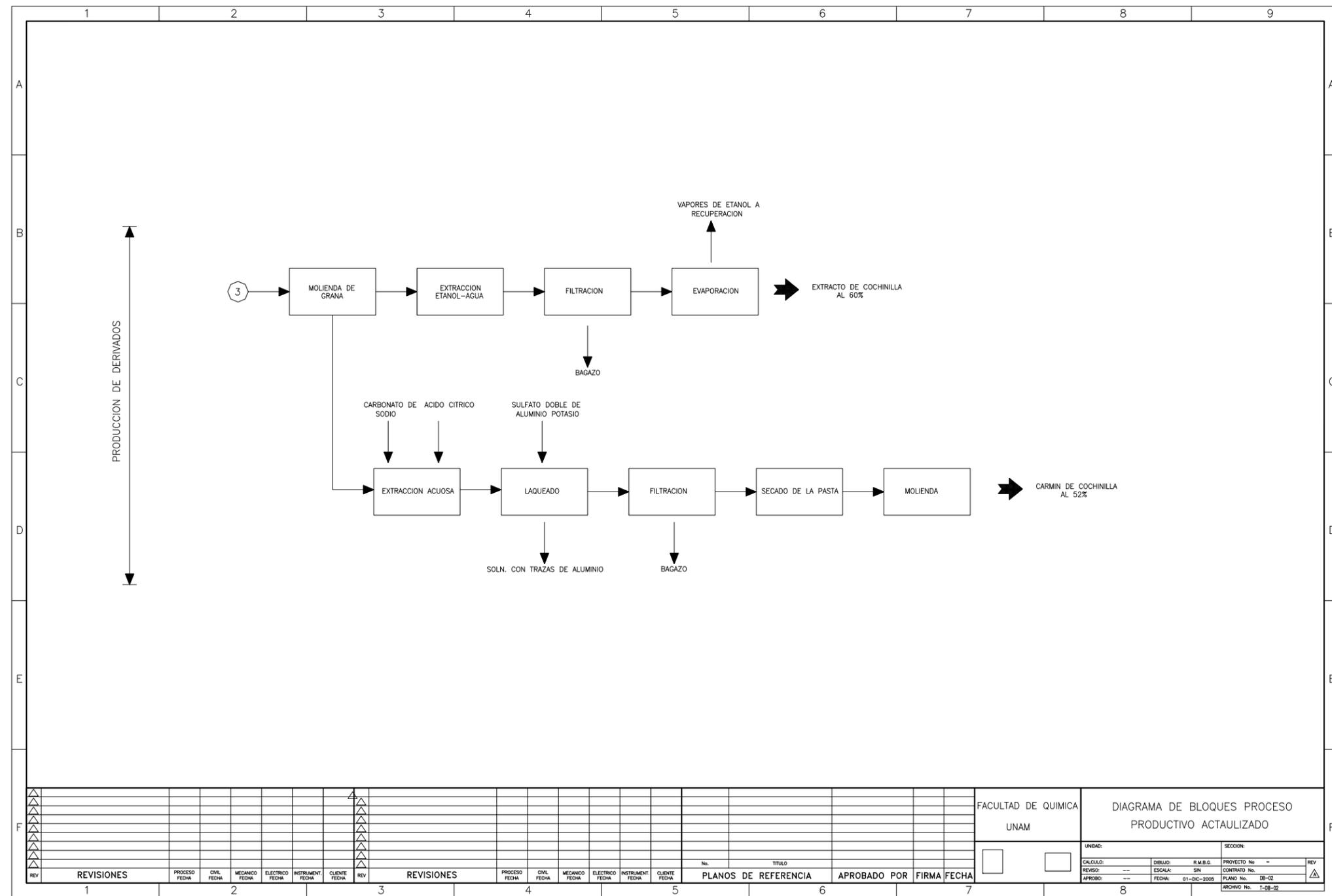


Fig. 17. Diagrama de bloques de proceso actualizado 2/2

Por otra parte, con base en la revisión realizada para la realización de este trabajo, se puede considerar que adicionalmente existen, por lo menos, otras dos opciones para la producción a escala de los derivados de grana cochinilla:

1. Mediante el cultivo *in vitro* de células o tejidos especializados en medios de cultivo apropiados en condiciones óptimas de presión osmótica, temperatura, pH. Lo cual, permitiría hacer más sencillas la extracción y purificación del carmín debido a cultivos homogéneos y estériles (Cortés, 2004).
2. Debido a que la producción depende principalmente del nopal, se plantea la opción de cambiar el soporte físico a las grana cochinillas y desarrollar uno sintético que cuente con las características del nopal, en cuanto a lo requerido para que el insecto se desarrolle sobre la superficie de éste; suministrando por otro lado un sustrato sintético (con las características nutrimentales con las cuales debe contar el nopal), el cual contenga adicionalmente macro y micronutrientes que permitan elevar la calidad del colorante.

3.5 Proceso productivo de colorantes

En los cuadros 35, 36 y 37, se puede observar las condiciones de operación, requerimientos y equipamiento para los diferentes tipos de extractos que se pueden preparar, o bien los mismos parámetros para los diferentes métodos de producción para el ácido carmínico y el carmín.

Cuadro 35. Tecnologías de extracción para la producción de diferentes extractos de grana cochinilla Gibaja, 1998

Tipo de extracto	Reactivos	Condiciones de presión	Condiciones de temperatura	Equipamiento
Extracto de grana cochinilla no. 1	Agua desionizada Ácido tartárico Grana cochinilla	Extracción a presión atmosférica, destilación a presión reducida	Calentamiento a ebullición	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida
Extracto de grana cochinilla no. 2	Agua desionizada Ácido cítrico Carbonato de sodio Glicerina Grana cochinilla	Extracción a presión atmosférica, destilación a presión reducida	Calentamiento a ebullición	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida
Extracto de grana cochinilla no. 3	Agua desionizada Ácido cítrico Alcohol etílico Glicol propilénico Grana cochinilla	Extracción a presión atmosférica, destilación a presión reducida	Calentamiento a ebullición	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida
Extracto de grana cochinilla no. 4	Agua destilada Carbonato de potasio Alcohol etílico Solución azúcar/agua Grana cochinilla	Extracción a presión atmosférica	Calentamiento a ebullición	Tanquería Agitador
Extracto de grana cochinilla no. 5	Agua destilada Carbonato de sodio Alcohol etílico de 80° Grana cochinilla	Extracción a presión atmosférica	Calentamiento a ebullición	Tanquería Agitador Equipo de filtración

Cuadro 36. Métodos de producción de ácido carmínico de acuerdo a Gibaja, 1998

Método de producción	Reactivos	Condiciones de presión	Condiciones de temperatura	Equipamiento
Schutzemberger	Agua desionizada Acetato de plomo Corriente de hidrógeno sulfurado Grana cochinilla	Extracción y complejación a presión atmosférica, destilación a presión reducida, cristalización a vacío	Calentamiento a ebullición para extracción	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida Cristalizador a vacío
Schunck-Marchlewski	Agua desionizada Acetato de plomo Metanol Ácido sulfúrico Grana cochinilla	Extracción, complejación y cristalización a presión atmosférica, destilación a presión reducida	Calentamiento a ebullición para extracción	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida Cristalizador a vacío
Japonés	Agua desionizada Ácido tartárico Gelatina Grana cochinilla malla no. 20 y 8% de humedad	Extracción a 16 lb/in ² de presión por 10 minutos en autoclave, destilación a presión reducida	150°C	Autoclave Tanque Equipo de filtración Destilador a presión reducida
Gibaja-Montes	Agua desionizada Carbonato de calcio Metanol Ácido clorhídrico Grana cochinilla	Extracción, complejación y descomposición de carminato de calcio a presión atmosférica, destilación a presión reducida y evaporación a presión	Calentamiento a ebullición para extracción	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida Evaporador
Forgios	Agua desionizada Ácido clorhídrico 2N Alcohol etílico Grana cochinilla	Extracción, a presión atmosférica, destilación a presión reducida	Calentamiento a ebullición para extracción	Tanquería Agitador Equipo de filtración Destilador a presión reducida Destilador azeotrópico Evaporador

Cuadro 37. Métodos de producción de carmín de grana cochinilla de acuerdo a Gibaja, 1998

Método de producción	Reactivos	Condiciones de presión	Condiciones de temperatura	Porcentaje de ácido carmínico	Equipamiento
Alemán	Agua desionizada Sulfato doble de aluminio y potasio Grana cochinilla	Extracción y laqueado a presión atmosférica, filtración y secado a vacío	Calentamiento a ebullición para extracción. Secado 35-40°C	66.8%	Tanquería Agitador Equipo de filtración a vacío Molino de martillos Estufa o secador a vacío
Carré	Agua desionizada Carbonato de sodio Ácido cítrico Sulfato doble de aluminio y potasio Grana cochinilla	Extracción laqueado y secado a presión atmosférica, filtración a vacío	Calentamiento a ebullición para extracción. Secado 35-40°C	52%	Tanquería Agitador Equipo de filtración a vacío Molino de martillos Secador
Francés	Agua desionizada Bitartato de potasio Sulfato doble de aluminio y potasio Grana cochinilla	Extracción laqueado y secado a presión atmosférica, filtración a vacío	Calentamiento a ebullición para extracción. Secado 35-40°C	52%	Tanquería Agitador Equipo de filtración a vacío Molino de martillos Secador
Inglés	Agua desionizada Carbonato de sodio Sulfato doble de aluminio y potasio Gelatina Grana cochinilla	Extracción laqueado y secado a presión atmosférica, filtración a vacío	Calentamiento a ebullición para extracción. Secado 35-40°C	52%	Tanquería Agitador Equipo de filtración a vacío Molino de martillos Secador
Thorpe	Agua desionizada Sulfato doble de aluminio y potasio Grana cochinilla	Extracción y laqueado a presión atmosférica, filtración y secado a vacío	Calentamiento a ebullición para extracción. Secado 35-40°C	61%	Tanquería Agitador Equipo de filtración a vacío Molino de martillos Estufa o secador a vacío

Cuadro 38. Tecnologías de producción de carmín de grana cochinilla (continuación)

Método de producción	Reactivos	Condiciones de presión	Condiciones de temperatura	Porcentaje de ácido carmínico	Equipamiento
Forgios	Agua desionizada Fosfato de sodio monobásico Carbonato de sodio Ácido cítrico Antioxidante Ácido clorhídrico 2N Carbonato de calcio Sulfato de aluminio Grana cochinilla	Extracción, a presión atmosférica, destilación a presión reducida	Calentamiento a ebullición para extracción, laqueado a 60-70°C, terminación de reacción 97-98°C secado a 45°C		Tanquería Agitador Filtro de placas Equipo de filtración a vacío Molino de fricción Secador

3.6 Evaluación de la tecnología

A partir de la información recabada de los diferentes métodos de producción de colorantes de grana cochinilla se procedió a su evaluación considerando factores técnicos, económicos (con relación a la cantidad de equipamiento y materias primas), ambientales, de seguridad y de facilidad de operación. Esto a fin de seleccionar un proceso productivo que sea económica y técnicamente aceptable, pero a la vez amigable con el medio ambiente, es decir, con generación de corrientes poco contaminantes, así mismo procesos que no utilizarán reactivos peligrosos para los operarios, considerando que éstos poseerán poca instrucción escolar.

3.6.1 Evaluación de producción de extracto de carmín

Para la evaluación se procedió a seleccionar una serie de factores objetivos y subjetivos asignándoles una escala de valores donde 10 es bueno, 5 un factor neutro y cero malo al final el proceso con la mayor calificación será el que se debe seleccionar.

Cuadro 39. Factores de evaluación para proceso de producción de extracto de grana cochinilla

Factor		Extracto de grana cochinilla 1	Extracto de grana cochinilla 2	Extracto de grana cochinilla 3	Extracto de grana cochinilla 4	Extracto de grana cochinilla 5
Objetivos	Temperatura	5	5	5	5	5
	Presión	0	0	0	10	10
	Grado de equipamiento	0	0	0	10	10
	Reactivos	10	0	0	5	10
Subjetivos	Reactivos peligroso	5	5	5	5	5
	Efluentes contaminantes	5	5	5	5	5
	Proceso simple	0	0	0	10	10
Total		25	15	15	50	55

3.6.2 Evaluación de producción de ácido carmínico

Para la evaluación se procedió a seleccionar una serie de factores objetivos y subjetivos asignándoles una escala de valores donde 10 es bueno, 5 un factor neutro y cero malo al final el proceso con la mayor calificación será el que se debe seleccionar.

Cuadro 40. Factores de evaluación para proceso de producción de ácido carmínico

Factor		Schutzemberger	Schunck-Marchlewski	Japonés	Gibaja-Montes	Forgios
Objetivos	Temperatura	5	5	0	5	5
	Presión	0	0	0	0	0
	Grado de equipamiento	0	0	5	0	0
	Reactivos	0	0	10	0	5
Subjetivos	Reactivos peligroso	0	0	10	0	0
	Efluentes contaminantes	0	0	5	0	0
	Proceso simple	0	0	0	0	0
Total		5	5	30	5	10

3.6.3 Evaluación de producción de carmín

Para la evaluación se procedió a seleccionar una serie de factores objetivos y subjetivos asignándoles una escala de valores donde 10 es bueno, 5 un factor neutro y cero malo al final el proceso con la mayor calificación será el que se debe seleccionar.

Cuadro 41. Factores de evaluación para proceso de producción de carmín

Factor		Alemán	Carré	Francés	Inglés	Thorpe	Forgios
Objetivos	Temperatura	5	5	5	5	5	0
	Presión	0	0	0	0	0	0
	Grado de equipamiento	5	5	5	5	5	0
	Reactivos	10	10	10	10	10	0
	% Ácido carmínico	10	10	5	5	10	
Subjetivos	Reactivos peligroso	5	5	5	5	5	5
	Efluentes contaminantes	5	5	5	5	5	5
	Proceso simple	5	5	5	5	5	5
Total		45	45	40	40	45	15

De los resultados de los Cuadros 39, 40 y 41 se producirá extracto de grana cochinilla número 5 y en lo que respecta a la producción de ácido carmínico, no se contempla en una primera etapa, sino una vez que el personal tenga suficiente experiencia, pues el proceso productivo involucra reactivos peligrosos a la salud de los operarios. Finalmente, el carmín será producido mediante el método Carré.

4. EVALUACIÓN TÉCNICA

4.1 Ingeniería Conceptual

Como se observó en el capítulo 4 los colorantes a producir se seleccionaron de forma tal que:

- ❑ Los procesos de producción no requirieran tanto equipamiento, y que éstos no fueran equipos especiales.
- ❑ Los procesos de producción fueran amigables con el medio ambiente, evitando el uso de reactivos tóxicos y/o contaminantes.
- ❑ Implementación de equipos ecológicos en el proceso productivo, como el uso de secadores solares a fin evitar el consumo excesivo de energía eléctrica.
- ❑ Fácil operación para personal con bajo perfil de estudios
- ❑ Tratamiento de corrientes de desecho producidas a fin de tener un proceso autosustentable.

Una vez seleccionados los colorantes a producir, se procedió a su obtención en los laboratorios de Química Orgánica del Posgrado de la Facultad de Química a fin de obtener datos para:

- ❑ Selección del tipo de proceso a utilizar
- ❑ Dimensionamiento de equipos
- ❑ Determinación de secuencias y tiempos
- ❑ Determinación de variables a ser controladas
- ❑ Etapas a automatizar
- ❑ Datos de recuperación de solventes
- ❑ Determinación de la carga contaminante en el agua residual a generar.

4.2 Análisis Técnico y Conceptual del Proceso

4.2.1 Bases de diseño

El alcance del proyecto de actualización del proceso productivo de cría de grana cochinilla, así como la producción de derivados de ésta, contempla el siguiente alcance de servicios:

-
- ❑ Ingeniería conceptual
 - ❑ Ingeniería básica preliminar
 - ❑ Cotización de equipos y
 - ❑ Evaluación económica del proyecto

Por otra parte, este trabajo contempla el siguiente alcance de instalaciones:

- ❑ Instalaciones para recepción y acondicionamiento del hospedero (nopal)
- ❑ Instalaciones para la crianza y cosecha de la grana cochinilla en medio controlado
- ❑ Instalaciones para manejo post cosecha del insecto
- ❑ Instalaciones para producción de derivados de la grana cochinilla
- ❑ Instalaciones para tratamiento de residuos líquidos y sólidos

El proceso aquí presentado tiene como objetivo la producción tecnificada de grana cochinilla, así como la producción de colorantes derivados de ésta. Los productos a producir serán:

- ❑ Grana cochinilla seca
- ❑ Extracto de grana cochinilla número 5 y
- ❑ Carmín de grana cochinilla al 52%

Es importante mencionar que no se producirá ácido carmínico, pues los reactivos a utilizar para los diferentes métodos de obtención involucran reactivos tóxicos tales como plomo y peligrosos como ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, ver cuadro 37.

4.2.1.1 Capacidad de la planta

En lo que respecta a la capacidad de la planta, se plantea que sea de tipo modular para producir seis ton/año de derivados; tres ton/año de carmín de grana cochinilla y tres ton/año de extracto de carmín número 5, respectivamente. Con base en lo anterior, las secciones de recepción y acondicionamiento del hospedero, así como la de crianza de la grana cochinilla deberán tener la capacidad para poder manipular 68.3 ton/año de grana cochinilla fresca sucia y 22.7 ton/año de grana cochinilla seca y limpia.

Tipo de proceso

El proceso propuesto es un proceso en lotes o batch, el cual por su naturaleza permite obtener varios productos con prácticamente el mismo equipamiento. Las ventajas de un proceso en lotes son:

- ❑ Son más económicos que los procesos en continuo en aplicaciones para pequeños volúmenes.
- ❑ Se pueden llevar a cabo múltiples pasos del proceso en una sola unidad y
- ❑ Más fácilmente adaptable a operación multiproductos

Condiciones de proceso.

El proceso operará a presión atmosférica y temperatura máxima de 92°C.

Mano de obra requerida.

El proceso, en su conjunto, no requiere de mano de obra calificada. La demanda de mano de obra es intensiva para la producción de grana cochinilla, la materia prima para los colorantes. Y debido a la delicadeza de varias de las operaciones, preferentemente requiere mano de obra femenina.

En lo que se refiere al proceso productivo de los colorantes, se requiere de 4 operadores.

4.2.1.2 Filosofía de Operación de la planta

El proceso contará con equipamiento para dos líneas de producción:

- 1) Extracto de grana cochinilla número 5 y
- 2) Carmín de grana cochinilla al 52%.

Ambas líneas tendrán en común el equipamiento utilizado para las etapas preliminares, acondicionamiento, desencerado, secado, filtración y reducción de tamaño. Debido a la

naturaleza del proceso y al tiempo que es utilizado el equipamiento durante cada lote, la filosofía de operación de la planta no considera equipos de reserva para ninguna operación.

La planta operará solamente un turno la mayor parte de las veces, salvo cuando se realice la operación de secado de la grana cochinilla para eliminación de acetona y durante los periodos de filtración.

Por otra parte, los periodos de paro programado se llevarán a cabo en los meses de menor tasa de reproducción de la grana cochinilla.

Expansiones Futuras

La planta será de tipo modular, el equipamiento podrá introducirse conforme se vaya incrementando la necesidad de producción.

4.2.1.3 Tecnología

La tecnología a utilizar dependerá del tipo de producto

Producto	Tecnología a usar
Extracto de grana cochinilla	Extracción acuosa (Gibaja, 1998)
Carmin de grana cochinilla	Método de Carré (Gibaja, 1998)

Equipos especiales.

En el proceso de producción no se requiere de equipamiento especial.

Automatización.

La planta operará de forma semiautomática.

4.2.1.4 Materias primas

- Grana cochinilla seca

La grana cochinilla a utilizar para la producción de colorantes deberá cumplir con las características mostradas en el Cuadro 2 de la sección 1.1.2.2 en la columna con encabezado grana cochinilla. Ésta será recibida en costales desde la sección de tapescos hacia la planta productiva.

4.2.1.5 Productos y subproductos

Los productos a obtener serán: 1) extracto de grana cochinilla y 2) carmín de grana cochinilla. En lo que se refiere a las condiciones de los productos éstas se mencionan en las secciones 1.6.2 y 1.6.3 para extracto de grana cochinilla y carmín de grana cochinilla, respectivamente.

Los productos serán embarcados en cajas y bidones para el carmín y el extracto de carmín respectivamente.

4.2.1.6 Almacenamiento de materias primas y productos

En lo que se refiere al almacenamiento, la principal característica con la cual debe cumplir es que en su interior no debe existir humedad que pueda dañar a la grana cochinilla seca.

4.2.1.7 Reactivos

Los reactivos a utilizar en el proceso para la producción de grana cochinilla seca así como de los colorantes derivados la grana cochinilla son:

- Acetona
- Agua desionizada
- Carbonato de sodio
- Ácido cítrico
- Sulfato doble de aluminio y potasio
- Etanol al 80%

4.2.1.8 Reacciones

□ Extracto de grana cochinilla

Los extractos de grana cochinilla son obtenidos por extracción del ácido carmínico, presente en la grana cochinilla, en solución acuosa y/o alcohol (Gibaja, 1998).

□ Carmín de grana cochinilla

Se prepara a partir del extracto acuoso de la grana cochinilla, mezcla de ácido carmínico y proteínas, la cual se trata con carbonato de calcio para dar carmínato de calcio, complejo que reaccionará con sales de aluminio para dar como resultado carmín de grana cochinilla (Gibaja, 1998).

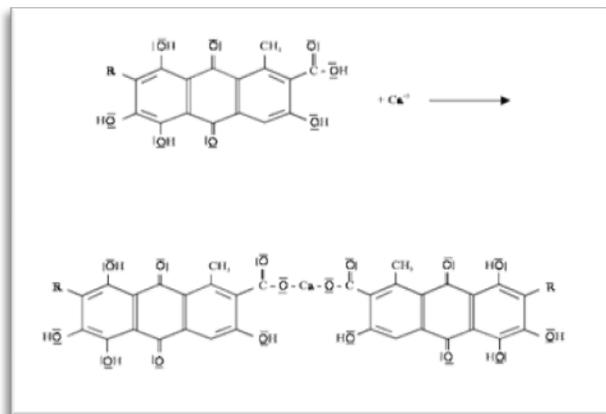


Fig. 18. Reacción de obtención de carmínato de calcio

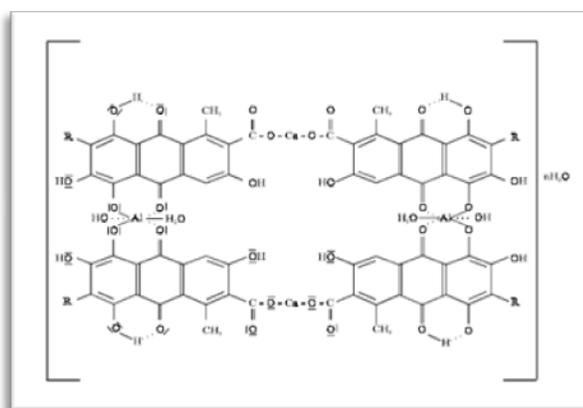


Fig. 19. Reacción de obtención de carmín de grana cochinilla

4.2.1.9 Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares con los que deberá contar la planta son los siguientes:

- ❑ Agua desmineralizada
- ❑ Agua de servicios
- ❑ Agua potable
- ❑ Aire de planta
- ❑ Vapor de baja presión y
- ❑ Energía eléctrica

4.2.1.10 Aspectos normativos.

La planta del proceso productivo cría y obtención de derivados de grana cochinilla cumplirá con la normatividad laboral, de seguridad e higiene y las ambientales que apliquen.

4.2.1.11 Residuos

En lo que se refiere a los residuos, el proceso producirá residuos líquidos, sólidos y polvos. Estos serán tratados a fin de ser aprovechados de la siguiente forma:

- ❑ Agua de lavado de pencas: Esta corriente se tratará a fin de ser reutilizada en la máquina lavadora; debido a que es una corriente relativamente limpia, que estará constituida principalmente por sólidos, el tratamiento consistirá en filtración en lechos de grava y arena.
- ❑ Pencas de desecho: Se utilizarán para composteo a fin de utilizarse como abono en las áreas de cultivo de nopal, adicionalmente y conforme se incremente la cantidad de pencas se puede obtener biogás, el cual puede ser utilizado como combustible para calderas para el proceso productivo de los derivados.

- En el caso de las corrientes de producción de los derivados, se obtiene solo una corriente, producto del laqueado, para el proceso de obtención de carmín de grana cochinilla. La caracterización de la corriente se presenta en el Cuadro 42.

Cuadro 42. Caracterización de corriente residual de laqueado, producción de carmín de grana cochinilla

Parámetro	Valor (mg/L) a menos que se indique otra cosa
pH (unidades)	3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	22,644
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	3,800

La corriente será tratada a fin de cumplir con la norma NOM-003-SEMARNAT-199 y podrán ser reutilizadas en el riego de las áreas de cultivo de nopal.

Debido a que es un proceso en lotes, y la generación del agua residual es alta en DQO, pero intermitente se propone que el proceso de tratamiento sea de tipo anaerobio, debido a que es ideal para altas cargas orgánicas y al mismo tiempo soporta periodos relativamente largos sin alimentación, cosa que no es factible en un proceso de tratamiento aerobio.

- En lo que se refiere a los polvos generados en la etapa de cosecha de la grana cochinilla, éstos se extraerán de los invernaderos a fin de mantener una atmósfera saludable para el personal que trabaje en el área.

4.2.2 Localización de la planta

En lo que se refiere a la macrolocalización de la planta, ésta se eligió con base en las referencias históricas del proceso de producción de grana cochinilla, adicionalmente se tomaron en cuenta consideraciones de mano de obra, transporte e infraestructura. La planta se ubicará en el estado de Oaxaca.

4.2.2.1 Selección de la macrozona

Los parámetros que se utilizaron como criterios objetivos de selección fueron: a) materia prima, b) mano de obra, c) transporte, d) suministro de agua. Por otra parte, en lo que se refiere a los

factores subjetivos importantes para el proyecto se consideraron el clima, la cercanía del mercado y la experiencia en la actividad a desarrollar.

Descripción de la macrozona

Oaxaca se localiza en la porción sureste del país, hacia el extremo suroeste del istmo de Tehuantepec, entre los 15°39' y 18°42' de latitud norte, y los 93° 52' y 98°32' de longitud oeste. Limita al norte con Veracruz, al noroeste con Puebla, al este con Chiapas, al oeste con el estado de Guerrero y al sur con el océano Pacífico. Se encuentra a una altitud que varía del nivel del mar hasta los 3,750 m.

4.2.2.2 Selección de la microzona

Como criterio de selección de la microzona se consideró la región de los valles centrales de Oaxaca por su cercanía con la capital del Estado. Los municipios dentro de la región de los valles centrales incluidos en la selección fueron:

- ❑ Santa María del Camino.
- ❑ San Sebastián Tutla.
- ❑ Santa María del Tule y
- ❑ San Jacinto Amilpas.

De estos cuatro municipios, dos no garantizan la disponibilidad de infraestructura, mientras que las otras dos presentan problemas de mano de obra debido a la migración. Por estas razones se consideró que la mejor opción es la comunidad de San Bartolo Coyotepec, la cual se ubica en la parte central del estado de Oaxaca, al sur de la capital del estado, a 12 kilómetros de ésta y a una altura de 1520 m (H. Ayuntamiento Municipal San Bartolo Coyotepec, Centro, Oaxaca, 2011).

El clima predominante es el templado, con vientos dominantes del norte. No se presentan heladas. Las lluvias se concentran en los meses de junio a septiembre y la mayor parte del tiempo el clima es templado, mientras que en la primavera el clima es más caluroso.

La infraestructura para servicios de comunicación es la de Red de Telefonía fija de TELMEX, la cual también proporciona el servicio de Internet. En cuanto a infraestructura eléctrica, se

encuentra instalada en las localidades de San Bartolo Coyotepec y Reyes Mantecón, encontrándose en buenas condiciones y abarca un total de 4,808 beneficiarios.

El suministro de agua potable se proporciona a través de dos pozos profundos y se tiene programado la instalación de uno adicional. En lo referente a la red de drenaje en San Bartolo Coyotepec, se distribuye a través del asentamiento humano en un 95.3% de las viviendas (INEGI, 2010). Esta red de drenaje desemboca en una planta de tratamiento de aguas negras.

En lo que respecta a la población, de acuerdo a datos del Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, la población total asciende a 8,684 habitantes 4,141 hombres y 4,543 mujeres. La población del municipio se caracteriza por ser principalmente jóvenes y en edad adulta.

El problema de migración se encuentra presente como un factor importante en el municipio, debido a la escasez de empleo. La mayoría de los que emigran se dirigen al Estado de México, donde se emplean en diversas actividades, principalmente como empleados en las industrias. Actualmente, el 18% de la población se encuentra ofertando su mano de obra fuera del municipio.

En lo que respecta a las vías de comunicación, el territorio y la cabecera municipal son divididos por la carretera federal 131 que comunica la ciudad de Oaxaca con Puerto Escondido, también se cuenta con la carretera pavimentada que comunica a San Bartolo con Zaachila.

Por último en lo que respecta a la escolaridad, de acuerdo a los datos del INEGI 2010, la población de 8 a 14 años que no sabe leer ni escribir es 0.19%, de los cuales siete son hombres y dos son mujeres. Mientras que la población de más de 15 años analfabeta corresponde a 2.96% de los cuales 37 son hombres y 103 son mujeres.

4.3 Ingeniería Básica Preliminar

4.3.1 Descripción del proceso

El proceso se dividirá en dos fases: a) producción de la materia prima (grana cochinilla) y b) producción de los colorantes derivados de la grana cochinilla. El proceso consiste básicamente

en la actualización de la producción de la grana cochinilla para su posterior procesamiento a fin de producir extracto de cochinilla número 5 y carmín de cochinilla al 52%.

En la sección 3.4 se puede observar en las figuras 16 y 17 el diagrama de flujo de la actualización del proceso productivo de grana cochinilla así como de la producción de los colorantes obtenidos de ésta. El proceso en la etapa de producción de grana cochinilla involucra operaciones unitarias de limpieza, secado y clasificación por tamaño.

En lo que se refiere a la producción de los colorantes, involucra básicamente la extracción acuosa del ácido carmínico para el caso del extracto de cochinilla, mientras que para el carmín de cochinilla el extracto de ácido carmínico se complejará con sales de calcio y aluminio a fin de obtener éste.

4.3.2 Balance de materia

Para la elaboración del balance de materia se hicieron las siguientes consideraciones, basadas en datos de Campo Carmín, campo productor de grana cochinilla en el Estado de Morelos así como datos proporcionados por el Doctor Liberato Portillo de la Universidad de Guadalajara:

Capacidad de la planta:	6 ton/ año
Rendimiento de grana cochinilla fresca por planta:	10 g grana cochinilla/penca
Relación grana cochinilla seca/carmín:	3.5 kg grana cochinilla/kg carmín
Porcentaje de humedad inicial:	70%
Porcentaje de humedad final:	13%

1. Derivados a producir:

Cuadro 43. Cuadro de derivados a producir, capacidad

Derivado	% de producción	Ton/año	Grana cochinilla requerida Ton/año
Carmín	50	3.0	11.35
Extracto de grana cochinilla	50	3.0	11.35
Total de grana cochinilla seca y limpia			22.7

Debido al contenido de humedad, la grana cochinilla fresca y sucia será de 68.3 ton/año

2. Cantidad de nopal requerido

$$Pencas = 68,320 \frac{\text{kg cochinilla}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ penca}}{0.01 \text{ kg de cochinilla}} = 6,831,958 \frac{\text{Pencas}}{\text{año}}$$

Con base en la cantidad de nopal necesario, el requerimiento de área es de 3.5 ha

$$Cochinilla \text{ semanal} = \frac{68,320 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}}} = 1,314 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}$$

Por otra parte, la planta procesará semanalmente 1,314 kg de grana cochinilla fresca en dos lotes de 657 kg cada uno.

3. Actividades post cosecha

Limpieza

Para las actividades de limpieza se hicieron las siguientes consideraciones:

Porcentaje de polvillo en la grana cochinilla: 8.01%

$$Masa \text{ de polvillo} = 1,314 \text{ kg cochinilla} * 8.01\% \frac{\text{polvillo}}{\text{kg cochinilla}} = 105.24 \text{ kg polvillo}$$

Secado

Para las actividades de secado se hicieron las siguientes consideraciones:

Humedad inicial: 70%

Humedad final: 13%

$$Humedad \text{ Base Humeda} = \frac{W_{\text{agua}}}{W_{\text{total}}} * 100$$

$$W_{\text{agua inicial}} = 1,209 * 0.7 = 807.34 \text{ kg } H_2O$$

$$W_{\text{cochinilla seca}} = 1,209 - 807.34 = 401.26 \text{ kg cochinilla seca}$$

$$W_{\text{agua}} = H_f * (W_{\text{agua}} + W_{\text{coch. seca}})$$

$$W_{\text{agua}} = 0.13 * (W_{\text{agua}} + 401.26)$$

$$0.87 W_{\text{agua}} = 52.16$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{52.16}{0.87} = 59.96 \text{ kg } H_2O$$

$$W_{\text{agua eliminada}} = 807.34 - 59.96 = 747.4 \text{ kg } H_2O$$

$$W_{\text{cochinilla final}} = 1,209 - 747.39 = 461.21 \text{ kg cochinilla seca}$$

Desencerado

El desencerado se realizó con acetona con base en lo reportado por Mora, 1996. Por otra parte, los cálculos se realizaron de con base en Geankoplis, 1985.

Temperatura de lixiviación:	40°C
Porcentaje de ceras:	2%
Relación disolvente/sólido inerte:	4 L de acetona/kg grana cochinilla
Densidad de disolvente:	0.792 kg/L
Concentración de soluto en el disolvente:	0
Concentración de disolvente:	1
Porcentaje de extracción de ceras:	90%
Porcentaje de recuperación de acetona:	75%
Concentración sólido insoluble en mezcla:	1.5 kg de sólido/kg solución

$$Volumen \text{ de acetona} = 461.21 \text{ kg cochinilla seca} * 4 \frac{\text{L acetona}}{\text{kg cochinilla}} = 1,845 \text{ L acetona}$$

Esta cantidad será la requerida para el primer lote de grana cochinilla a limpiar, posteriormente solo se tendrá que reponer el 25%, pues por destilación de la solución acetona-grasa se logró recuperar el 75% de la acetona en el laboratorio

$$W_{\text{acetona}} = 1,845 \text{ Litros acetona} * 0.792 \frac{\text{kg}}{\text{Litro}} = 1,461 \text{ kg acetona}$$

$$\text{Masa sólido inerte} = 461.21 \text{ kg cochinilla seca} * (1 - 0.02) = 452 \text{ kg cochinilla}$$

$$\text{Masa de soluto} = 461.21 \text{ kg cochinilla} * 0.02 \frac{\text{kg ceras}}{\text{kg cochinilla}} = 9.22 \text{ kg de ceras}$$

$$\text{Concentración sólido inerte} = \frac{452}{4} = 113$$

$$\text{Masa soluto} - \text{disolvente} = 9.22 + 1,461 = 1,470 \text{ kg}$$

$$\text{Concentración soluto} - \text{disolvente} = \frac{(9.22 * 1) + (113 * 0)}{1,470} = 0.0063$$

$$\text{Concentración sólido inerte en mezcla} = \frac{113 * 9.22}{1,470} = 0.708$$

$$\text{Corriente de suspensión} = \frac{(1,470 * 0.71)}{1.5} = 695.8 \text{ kg}$$

$$\text{Corriente de derrame} = 1,470 - 695.8 = 774.2 \text{ kg}$$

$$\text{Cochinilla desencerada} = 452 - 9.22 = 442.8 \text{ kg grana cochinilla}$$

Producción de Carmín (Gibaja, 1998)

Reactivos requeridos

Agua desionizada	15 L/kg grana cochinilla
Carbonato de sodio	0.24 kg de carbonato de sodio/kg grana cochinilla
Ácido cítrico	0.28 kg ácido cítrico/kg grana cochinilla

Sulfato doble de aluminio y potasio	0.32 kg sulfato doble Al y K/kg grana cochinilla
Grana cochinilla a procesar	442.8 kg grana cochinilla

- Carbonato de sodio requerido

$$\text{Masa de } Na_2CO_3 = 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{0.24 \text{ kg } Na_2CO_3}{\text{kg cochinilla}} = 106.3 \text{ kg } Na_2CO_3$$

- Ácido cítrico requerido

$$\text{Masa de } C_6H_8O_7 = 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{0.28 \text{ kg } C_6H_8O_7}{\text{kg cochinilla}} = 124 \text{ kg } C_6H_8O_7$$

- Sulfato doble de aluminio y potasio requerido

$$\begin{aligned} \text{Masa de } KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O &= 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{0.32 \text{ kg } KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O}{\text{kg cochinilla}} \\ &= 141.7 \text{ kg } KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O \end{aligned}$$

- Agua desionizada requerida

$$\text{Masa de } H_2O = 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{15 \text{ L } H_2O}{\text{kg cochinilla}} = 6,642 \text{ L } H_2O$$

Producción de Extracto de grana cochinilla No. 5 (Gibaja, 1998)

Reactivos requeridos

Agua desionizada	20L/kg grana cochinilla
Carbonato de sodio	0.02 kg de carbonato de sodio/kg grana cochinilla
Alcohol etílico	20 L/kg grana cochinilla
Grana cochinilla a procesar	442.8 kg grana cochinilla

- Agua desionizada requerida

$$\text{Masa de } H_2O = 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{20 \text{ L } H_2O}{\text{kg cochinilla}} = 8,856 \text{ L } H_2O$$

- Carbonato de sodio requerido

$$\text{Masa de } Na_2CO_3 = 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{0.02 \text{ kg } Na_2CO_3}{\text{kg cochinilla}} = 8.85 \text{ kg } Na_2CO_3$$

- Alcohol etílico requerido

$$\text{Masa de } C_2H_6O = 442.8 \text{ kg cochinilla} * \frac{20 \text{ L } C_2H_6O}{\text{kg cochinilla}} = 8,856 \text{ L } C_2H_6O$$

4.3.3 Definición del ciclo productivo

La producción del colorante, en el laboratorio, para establecer las secuencias de producción, se realizó con base en los procedimientos presentados por Gibaja (1998). Con esta actividad se obtuvieron los siguientes datos:

- Reactivos requeridos con base en la estequiometría de la reacción
- Descripción de la metodología
- Tiempos para cada etapa
- Temperaturas y presiones de operación
- Propiedades físicas para cálculo de equipos
- Porcentajes de recuperación de solventes
- Determinación de cargas contaminantes en las corrientes de desecho del proceso

Por otra parte, también se tuvo conocimiento de los problemas operacionales que se presentan en la producción, como la aparición de efervescencias a fin de tomarlos en cuenta para el diseño de los equipos.

Con base en esta información se procedió a realizar la secuencia del proceso para las diferentes actividades.

En los cuadros 44 a 46 se muestran las secuencias de trabajo para las actividades de desencerado, producción de extracto de grana cochinilla y carmín de grana cochinilla respectivamente.

Como puede observarse en los cuadros se define también el grado de automatización del proceso, esto con base en el trabajo de laboratorio que permitió detectar los puntos a cuidar en el proceso.

Con base en esta información se procedió a la preparación de los Diagramas de Flujo de Proceso así como al dimensionamiento de los diferentes equipos que serán parte del alcance de la planta.

Cuadro 44. Resumen de secuencia para desencerado

Etapa	Operación	Tipo de operación	Carga/Descarga					Datos del lote								
			Peso kg	Densidad kg/L	Litros	Temperatura °C	lpm	Peso kg	Densidad kg/L	Litros	Temperatura °C	Presión kg/cm ² man.	Duración de la operación min	Tiempo de inicio min	Tiempo de finalización min	
1	Revisión de tanque para carga	M												5	0	5
2	Alimentación de acetona	A	731	0.792	922.4	20	92.24	731	0.792	922.4	20	0	10	5	15	
3	Adición de grana	M	230.6	0.676		20		961.6	0.785	1225	20	0	10	15	25	
4	Agitación lenta	A				20 - 40		961.6	0.785	1225	20	0	190	15	205	
5	Calentamiento a 40°C	A		0.769		40		961.6	0.75	1282.1	40	0	180	25	205	
6	Sedimentación de grana cochinilla	M		0.769		40		961.6	0.75	1282.1	40	0	25	205	230	
7	Envío de sobrenadante a destilación	M/A	745.6	0.769	969.6	40	32.32	745.6	0.769	969.6	40	0	30	230	260	
												0				
8	Alineamiento de válvulas											0	5	0	5	
9	Alimentación de acetona	A	731	0.792	922.4	20	92.24	961.6	0.785	1225	20	0	10	5	15	
10	Agitación lenta	A				20 - 40		961.6	0.785	1225	20	0	190	5	195	
11	Calentamiento a 40°C	A		0.769		40		961.6	0.75	1282.1	40	0	180	15	195	
12	Sedimentación de grana cochinilla	M		0.769		40		961.6	0.75	1282.1	40	0	25	195	220	
13	Envío de sobrenadante a tanque de almacenamiento p/destilación	M/A	731	0.769	950.6	40	31.7	731	0.769	950.6	40	0	30	220	250	
14	Secado de grana	M/A										0	120	250	370	
15	almacenamiento de grana	M									20	0	120	15	135	
16	Destilación de acetona	A	1462	0.75	1845	56.5	15.37	1092	0.75	1456	56.5	0	120	0	120	
17	Destilado a tanque de almacenamiento acetona	A	1462	0.75	1845	56.5	30.75	1092	0.75	1456	56.5	0	60	120	180	
18	Recuperación de cera para disposición	M	3.45	0.672	5.13	56.5	0.09	3.45	0.672	5.13	56.5	0	60	180	240	
19	Limpieza de equipos	M											120	240	360	

Notas:

M: Manual

A: Automático

O: Iniciado por operador, paro automático

Cuadro 45. Resumen de secuencia para Extracto de grana cochinilla

Etapa	Operación	Tipo de operación	Carga/Descarga					Datos del lote							
			Peso kg	Densidad kg/L	Litros	Temperatura °C	lpm	Peso kg	Densidad kg/L	Litros	Temperatura °C	Presión kg/cm ² man.	Duración de la operación min	Tiempo de inicio min	Tiempo de finalización min
1	Revisión de tanque para carga	M											5	0	5
2	Alimentación de agua	M/A	4419.14	0.998	4428	20	442.8	4419.14	0.998	4428	20	0	10	5	15
3	Adición de carbonato de sodio	M	4.43	2.54		20		4423.57	1	4423.6	20	0	5	15	20
4	Agitación lenta	A	4423.57	1	4423.57	20		4423.57	1	4423.6	20	0	10	20	30
5	Alimentación de grana	M	221.4	0.676	4739.77	20		4644.97	0.98	4739.8	20	0	10	30	40
6	Calentamiento	A	4644.97	0.95	4889.44	92		4644.97	0.95	4889.4	92	0	60	40	100
7	Ebullición	A	4644.97	0.95	4889.44	92		4644.97	0.95	4889.4	92	0	30	100	130
8	Reposo	A	4644.97	0.95	4889.44	92		4644.97	0.95	4889.4	92	0	60	130	190
9	Filtración	M/A	4644.97	0.95	4889.44	92	108.65	4644.97	0.95	4889.4	92	7	45	190	235
10	Adición de alcohol etílico	M/A	3498.12	0.79	4428	20	73.8	8143.09	0.9	9047.9	20	0	60	235	295
11	Trasvase a recipiente de reposo	A	8143.09	0.9	9047.88	61	150.8	8143.09	0.9	9047.9	61	0	60	295	355
12	Reposo	A	8143.09	0.9	9047.88	61		8143.09	0.9	9047.9	61	0	1.00E+04	355	10355
13	Filtración	M/A	8143.09	0.9	9047.88	20	201.064	8143.09	0.9	9047.9	20	7	45	10355	10400
14	Limpieza tanque y filtro prensa	M				20					20	0	60	10400	10460

Notas:

M: Manual
A: Automático
O: Iniciado por operador, paro automático

Cuadro 46. Resumen secuencia Carmín

Etapa	Operación	Tipo de operación	Carga/Descarga					Datos del lote							
			Peso kg	Densidad kg/L	Litros	Temperatura °C	lpm	Peso kg	Densidad kg/L	Litros	Temperatura °C	Presión kg/cm ² man.	Duración de la operación min	Tiempo de inicio min	Tiempo de finalización min
1	Revisión de tanque para carga	M											5	0	5
2	Alimentación de agua	M/A	3315	0.998	3321	20	332.1	3315	0.998	3321.64	20	0	10	5	15
3	Alimentación de grana	M	221.4	0.676		20		3536.4	0.978	3615.95	20	0	10	15	25
6	Adición de carbonato de sodio	M	53.14	2.54		20		3589.54	1.001	3585.95	20	0	10	50	60
7	Adición de ácido cítrico	M	61.99	1.67		20		3651.53	1.012	3608.23	20	0	10	60	70
4	Agitación lenta	A	3651.53	1.012	3608.23	20		3651.53	1.012	3608.23	20	0	60	25	85
5	Calentamiento	A	3651.53	0.963	3722.25	92		3651.53	0.981	3722.25	92	0	25	25	50
8	Ebullición mezcla	A	3651.53	0.981	3722.25	92		3651.53	0.981	3722.25	92	0	15	70	85
9	Tiempo de espera	A	3651.53	0.981	3722.25	92		3651.53	0.981	3722.25	92	0	60	85	145
10	Filtración en caliente	M/A	3651.53	0.981	3722.25	92	82.72	3651.53	0.981	3722.25	92	7	45	145	190
11	Envío a marmita	A	3651.53	0.981	3722.25	92	124.08	3651.53	0.981	3722.25	92	0	30	190	220
12	Re-extracción de grana cochinilla residual	M/A	Aplican las mismas consideraciones que para la primera extracción pasos 2 - 8										85	0	85
13	Tiempo de espera	A	3651.53	0.981	3722.25	92		3651.53	0.981	3722.25	92	0	60	85	145
14	Filtración en caliente	M/A	3651.53	0.981	3722.25	92	82.72	3651.53	0.981	3722.25	92	7	45	145	190
15	Envío a marmita	A	3651.53	0.981	3722.25	92	124.08	3651.53	0.981	3722.25	92	0	30	190	220
16	Limpieza tanque y filtro prensa	M											90	440	530

Notas:

- M: Manual
A: Automático
O: Iniciado por operador, paro automático

Cuadro 46. Resumen secuencia Carmin (continuación)

Etapa	Operación	Tipo de operación	Carga/Descarga					Datos del lote							
			Peso kg	Densidad kg/l	Litros	Temperatura °C	lpm	Peso kg	Densidad kg/l	Litros	Temperatura °C	Presión kg/cm ²	Duración de la operación min	Tiempo de inicio min	Tiempo de finalización min
1	Agitación lenta de contenido del tanque TL-03	A	3651.53	0.981	3722.25	20		3651.53	0.981	3722.25	20	0	5	0	5
2	Adición de AlK(SO ₄).12H ₂ O	M	70.85	1.73	3722.25	20		3722.38	0.995	3741.09	20	0	10	5	15
3	Calentamiento	A	3722.38	0.995	3741.09	20		3722.38	0.995	3741.09	20	0	25	15	40
4	Ebullición mezcla	A	3722.38	0.995	3741.09	92		3722.38	0.995	3741.09	92	0	15	40	55
5	Reposo	A	3722.38	0.995	3741.09	92		3722.38	0.995	3741.09	92	0	25	55	80
6	Filtración de laca	M/A	3722.38	0.995	3741.09	92	83.14	3722.38	0.995	3741.09	92	7	45	80	125
7	Secado	M/A				35 - 40					92	0	60	125	185
8	Molienda de la laca	M/A				20					20	0	60	185	245

Notas:

M: Manual

A: Automático

O: Iniciado por operador, paro automático

4.3.4 Dimensionamiento de equipo

Tanque de lixiviación para desencerado TL-01

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación	T _{OPRN}	40	°C	104	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	70	°C	158	°F		
Relación L/D	Z/T	1					
Geometría	Vertical						
Volumen útil de tanque	V	958	litros	33.83	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{máx}	39.8	ft ³	1.13	m ³		
Diámetro	T	3.7	ft	1.13	m		
Altura recta	Z	3.7	ft	1.13	m		
Tipo de tapas	Cónica Inferior						
Altura tapa cónica	h _{HC}	0.5	ft	0.15	m		
Radio inferior tapa cónica	d	1.65	ft	0.5	m		
Volumen tapa conica	V _{HC}	2.72	ft ³	0.08	m ³		
	Toriesférica Superior						
Altura tapa toriesférica	h _{HT}	7.1	in	0.18	m		
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	25.93	gal	0.1	m ³		
Volumen altura recta	V _{recto}	37.08	ft ³	1.05	m ³		
Altura recta	h _{recta}	1.19	m	3.9	ft		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.12	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.135	in	2/16	in	3.43	mm
Espesor cabeza conica	t _{cab cónica}	0.04	in	1/16			
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza toriesférica	t _{cab tori}	0.05					
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	990	mm	3.25	ft		
Nivel normal	N _{normal}	594	mm	1.95	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	792	mm	2.6	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	247.5	mm	0.81	ft		

Tanque de extracción carmín TL-02

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	92	°C	197.6	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	122	°C	251.6	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	2985	litros	105.41	ft ³		
Porcentaje de llenado		75%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	140.55	ft ³	4.04	m ³		
Diámetro	D	4.5	ft	1.37	m		
Altura recta	Z	9	ft	2.74	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	55.11	gal	0.21	m ³	7.37	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	55.11	gal	0.21	m ³	7.37	ft ³
Volumen total	V _{total}	155.39	ft ³	4.4	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.13	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.135	in	2/16	in	3.43	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	4.11	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.06	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.05	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	2466	mm	8.09	ft		
Nivel normal	N _{normal}	1479.6	mm	4.85	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	1972.8	mm	6.47	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	616.5	mm	2.02	ft		
Altura total recipiente	H	10.01	ft	3.05	m		

Tanque de laqueado carmín TL-03

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	92	°C	197.6	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	122	°C	251.6	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	2985	litros	105.41	ft ³		
Porcentaje de llenado		75%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	140.55	ft ³	3.98	m ³		
Diámetro	D	4.5	ft	1.37	m		
Altura recta	Z	9	ft	2.74	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	55.11	gal	0.21	m ³	7.37	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	55.11	gal	0.21	m ³	7.37	ft ³
Volumen total	V _{total}	155.39	ft ³	4.4	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.13	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.135	in	2/16	in	3.43	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	4.11	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.06	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.05	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	2466	mm	8.09	ft		
Nivel normal	N _{normal}	1479.6	mm	4.85	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	1972.8	mm	6.47	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	616.5	mm	2.02	ft		
Altura total recipiente	H	10.01	ft	3.05	m		

Tanque de extracción extracto de carmín TL-04

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	92	°C	197.6	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	122	°C	251.6	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	4889.44	litros	172.67	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	203.14	ft ³	5.75	m ³		
Diámetro	D	5.1	ft	1.55	m	61.2	in
Altura recta	Z	10.2	ft	3.1	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	80.23	gal	0.3	m ³	10.59	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	80.23	gal	0.3	m ³	10.59	ft ³
Volumen total	V _{total}	224.32	ft ³	6.35	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.14	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.18	in	3/16	in	4.57	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	4.63	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.17	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.16	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	2790	mm	9.15	ft		
Nivel normal	N _{normal}	1674	mm	5.49	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	2232	mm	7.32	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	697.5	mm	2.29	ft		
Altura total recipiente	H	11.21	ft	3.41	m		

Tanque de reposo para extracto de carmín TL-05

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	92	°C	197.6	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	122	°C	251.6	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	9047.8	litros	319.52	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	375.91	ft ³	10.64	m ³		
Diámetro	D	6.2	ft	1.89	m	68.4	in
Altura recta	Z	12.4	ft	3.78	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	144.14	gal	0.55	m ³	14.83	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	144.14	gal	0.55	m ³	14.83	ft ³
Volumen total	V _{total}	414.75	ft ³	11.74	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.15	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.18	in	3/16	in	4.57	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	5.58	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.17	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.16	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	3402	mm	11.16	ft		
Nivel normal	N _{normal}	2041.2	mm	6.7	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	2721.6	mm	8.93	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	850.5	mm	2.79	ft		
Altura total recipiente	H	13.41	ft	4.08	m		

Tanque de almacenamiento agua desionizada TL-06

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	20	°C	68	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	50	°C	122	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	3379.00	litros	119.33	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	140.39	ft ³	4.00	m ³		
Diámetro	D	4.5	ft	1.37	m	54	in
Altura recta	Z	9	ft	2.74	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	55.11	gal	0.21	m ³	7.42	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	55.11	gal	0.21	m ³	7.42	ft ³
Volumen total	V _{total}	155.23	ft ³	4.4	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.13	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.135	in	3/16	in	3.43	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	4.11	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.06	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.05	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	2466	mm	8.09	ft		
Nivel normal	N _{normal}	1479.6	mm	4.85	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	1972.8	mm	6.47	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	616.5	mm	2.02	ft		
Altura total recipiente	H	10.01	ft	3.05	m		

Tanque de almacenamiento acetona TL-07

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	20	°C	68	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	50	°C	122	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	1845	litros	65.16	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	76.66	ft ³	2.27	m ³		
Diámetro	D	3.7	ft	1.13	m	44.4	in
Altura recta	Z	7.4	ft	2.26	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	30.63	gal	0.12	m ³	4.24	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	30.63	gal	0.12	m ³	4.24	ft ³
Volumen total	V _{total}	85.14	ft ³	2.41	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.12	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.135	in	2/16	in	3.43	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	3.42	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.17	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.16	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	2034	mm	6.67	ft		
Nivel normal	N _{normal}	1220.4	mm	4	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	1627.2	mm	5.34	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	508.5	mm	1.67	ft		
Altura total recipiente	H	8.41	ft	2.56	m		

Tanque de almacenamiento etanol TL-08

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	20	°C	68	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	50	°C	122	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	3800	litros	134.2	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	157.88	ft ³	4.31	m ³		
Diámetro	D	4.6	ft	1.4	m	55.2	in
Altura recta	Z	9.2	ft	2.8	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	58.87	gal	0.22	m ³	7.77	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	58.87	gal	0.22	m ³	7.77	ft ³
Volumen total	V _{total}	173.42	ft ³	4.91	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.13	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.135	in	2/16	in	3.43	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	4.2	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.17	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.16	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	2520	mm	8.27	ft		
Nivel normal	N _{normal}	1512	mm	4.96	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	2016	mm	6.61	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	630	mm	2.07	ft		
Altura total recipiente	H	10.21	ft	3.11	m		

Tanque de almacenamiento de extracto de carmín TL-09

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	92	°C	197.6	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	122	°C	251.6	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	9047.8	litros	319.52	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	375.91	ft ³	10.64	m ³		
Diámetro	D	6.2	ft	1.89	m	68.4	in
Altura recta	Z	12.4	ft	3.78	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	144.14	gal	0.55	m ³	14.83	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	144.14	gal	0.55	m ³	14.83	ft ³
Volumen total	V _{total}	414.75	ft ³	11.74	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.15	in	2/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.18	in	3/16	in	4.57	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	5.58	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.17	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.16	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	3402	mm	11.16	ft		
Nivel normal	N _{normal}	2041.2	mm	6.7	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	2721.6	mm	8.93	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	850.5	mm	2.79	ft		
Altura total recipiente	H	13.41	ft	4.08	m		

Tanque de preparación de nutrientes TL-10

Condiciones de operación	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Presión de operación	P _{OPRN}	0	lb/in ²	0	kg/cm ²		
Temperatura de operación.	T _{OPRN}	20	°C	68	°F		
Presión de diseño	P _D	50.77	lb/in ²	3.57	kg/cm ²		
Temperatura de diseño	T _D	50	°C	122	°F		
Relación L/D	L/D	2					
Geometría	Vertical						
Volumen de tanque	V	22100.00	litros	780.45	ft ³		
Porcentaje de llenado		85%					
Capacidad a nivel máximo	V _{nivel máx}	918.18	ft ³	26	m ³		
Diámetro	D	8.4	ft	2.56	m	100.8	in
Longitud	L	16.8	ft	5.12	m		
Tipo de tapas	Toriesférica						
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	358.47	gal	1.36	m ³	48.03	ft ³
Volumen tapa toriesférica	V _{HT}	358.47	gal	1.36	m ³	48.03	ft ³
Volumen total	V _{total}	1014.24	ft ³	28.72	m ³		
Corrosión permisible	C	0.0625	in				
Máximo esfuerzo permisible	S	11300	lb/in ²				
Eficiencia de soldadura	E	0.9					
Espesor cuerpo	t	0.19	in	3/16	in		
Espesor comercial cuerpo	t _{comercial}	0.18	in	3/16	in	4.57	mm
Altura cabeza toriesférica	h	6.08	in	0.51	ft		
Presión hidrostática en fondo	P _H	7.48	lb/in ²				
Radio de la cabeza toriesférica	r	36	in				
Espesor cabeza inferior	t _{cabeza inferior}	0.18	in				
Espesor cabeza superior	t _{cabeza toriesférica}	0.16	in				
Nivel mínimo	N _{mínimo}	152	mm	0.5	ft		
Nivel máximo	N _{máximo}	4608	mm	15.12	ft		
Nivel normal	N _{normal}	2764.8	mm	9.07	ft		
Alarma por alto nivel	AHL	3686.4	mm	12.09	ft		
Alarma por bajo nivel	ALL	1152	mm	3.78	ft		
Altura total recipiente	H	17.81	ft	5.43	m		

Agitador tanque de desencerado AG-01

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Acetona						
Flujo normal:	Q	4,137.60	l/h	6.16	gpm	369.88	gph
Flujo máximo:	Q _{máx}	1.54	l/h	6.78	gpm	406.87	gph
Temperatura:	T	40	°C	104	°F		
Densidad:	ρ	48	lb/ft ³	0.769	g/cm ³		
Densidad relativa:	Sg	0.77	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	0.27	cP	0.30	cStokes		
Presión de vapor	Pv	8.14	Psia	0.57	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	Psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.25	adimensional				

2. Características del tan que de mezclado

Longitud T-T:	L	1.13	m	3.71	pies	44.48	pulg
Diámetro:	T	1.13	m	3.71	pies	44.48	pulg
Área:	A	1.00	m ²	10.78	pies ²	1,522.88	pulg ²
Altura líquido:	Z	0.59	m	1.95	pies	23.38	pulg
Volumen útil:	V	0.60	m ³	157.31	gal	21.01	pies ³
Volumen total	Vt	1.13	m ³	299.25	gal	39.97	pies ³
Relación Z/T	Z/T	0.53	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re := \frac{10.7 \cdot s \cdot g \cdot N \cdot D^2}{\mu}$$

Cálculo del No. Reynolds en Agitación

(Diámetro del impulsor en pulgadas, velocidad de rotación en rpm, viscosidad en cP).

$$P := \frac{N_p \cdot D^5 \cdot N^3 \cdot s \cdot g}{61240000}$$

Cálculo de la potencia en HP

(Diámetro impulsor en pies, velocidad rotación en rpm)

$$G := 444 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \frac{P}{V}}{\mu}}$$

Cálculo del gradiente de mezclado, en 1/s

(Potencia en hp, volumen del tanque en galones)

$$TQ := \frac{63025 \cdot P}{N}$$

Cálculo del torque requerido, en lb-pulg

(Potencia en hp)

$$TS := \pi \cdot N \cdot D$$

Cálculo de la velocidad en el extremo de la flecha (Tip speed)

(Diámetro del impulsor en pies, velocidad de rotación en rpm)

Parámetros recomendados:

Servicio	No. de Reynolds	Grad. mezc., G (1/s)	D/T	N (rpm)	TS (fpm)
Blending	Mayor a 10,000	400-1000	0.2-0.6	125-350	500-1000
Homogenización	Menor a 2,000	10-100	0.08-0.2	20-68	180-300
Mezcla rápida	Mayor a 5,000	400-1000	0.25-0.4	25-45	500-1000
Suspensión sólidos	Mayor a 5,000	400-1000	0.15-0.4	68-125	500-1000
Floculación	Menor a 200	10-90	0.3-0.45	10-30	180-300
Dispersión gases	Mayor a 5,000	400-1000	0.2-0.6	68-125	500-1000

Determinación del diámetro del impulsor, velocidad y Número de Reynolds

Se considera para propósitos de cálculo diámetro D= 12 pulgadas

Se considera para propósitos de cálculo velocidad N= 100 rpm

No.	SELECCIÓN DEL IMPULSOR: (Np y Nq a régimen turbulento, Re >10,000)	Número de Potencia (Np)	Número de bombeo (Nq)	Aplicación
	Impulsores de flujo axial			
1	Propela marina pitch 1.5	0.87	0.77	Mezclado tanques con V<2,000 gal
2	Propela marina square pitch	0.29		Mezclado tanques con V<2,000 gal
3	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39° (3LS39 hidrofoil)	0.30	0.50	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
4	Impulsor alta eficiencia 4 hojas 45° (4LS45 hidrofoil)	0.55	0.55	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
5	Turbina 3 hojas 39° (3PBT39)	1.00		Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
6	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	1.62	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
7	Turbina 4 hojas 32° (4PBT32)	1.10	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
	Impulsores de flujo radial			
8	Turbina 4 hojas planas (4FBT90)	3.60	0.86	Dispersión de gases
9	Turbina 4 hojas curvas (4CBT90)	2.52	0.86	Dispersión de gases
10	Turbina de disco de 4 hojas	2.88		Dispersión de gases
11	Turbina de disco de 6 hojas	5.00		Dispersión de gases
12	Turbina Smith 6 hojas (6DS90)	3.60		Dispersión de gases, suspensión sólidos
13	Turbina Rushton 6 hojas (6DR90)	4.75		Dispersión de gases, suspensión sólidos

Tipo impulsor	6	Impulsor:	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	Np	1.62
---------------	---	-----------	------------------------------	----	------

Resultados:

Número de Reynolds	438,974	
Número de impulsores en la flecha:	1	
Potencia del impulsor calculada:	1.27	HP
Eficiencia mecánica del impulsor:	80%	
Potencia al freno:	1.98	BHP
Gradiente de mezclado calculado (G):	2427	1/s
Torque requerido (TQ):	1249.96	lb-pulg
Tip speed (TS):	314.16	fpm

Agitador tanque de extracción de carmín AG-02

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Agua						
Flujo normal:	Q	3,787.80	l/h	16.68	gpm	1,000.74	gph
Flujo máximo:	Q _{máx}	4,166.40	l/h	18.35	gpm	1,100.77	gph
Temperatura:	T	92	°C	197.60	°F		
Densidad:	ρ	61.24	lb/ft ³	0.981	g/cm ³		
Densidad relativa:	Sg	0.98	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	12.50	cP	12.74	cStokes		
Presión de vapor	Pv	25.67	Psia	1.80	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	Psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.25	adimensional				

2. Características del tan que de mezclado

Longitud T-T:	L	2.68	m	8.79	pies	105.48	pulg
Diámetro:	T	1.34	m	4.40	pies	52.74	pulg
Área:	A	1.41	m ²	15.16	pies ²	2,183.68	pulg ²
Altura líquido:	Z	1.45	m	4.76	pies	57.07	pulg
Volumen útil:	V	2.04	m ³	539.98	gal	72.12	pies ³
Volumen total	Vt	1.13	m ³	299.25	gal	39.97	pies ³
Relación Z/T	Z/T	1.08	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re := \frac{10.7 \cdot sg \cdot N \cdot D^2}{\mu}$$

Cálculo del No. Reynolds en Agitación

(Diámetro del impulsor en pulgadas, velocidad de rotación en rpm, viscosidad en cP).

$$P := \frac{Np \cdot D^5 \cdot N^3 \cdot sg}{61240000}$$

Cálculo de la potencia en HP

(Diámetro impulsor en pies, velocidad rotación en rpm)

$$G := 444 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \frac{P}{V}}{\mu}}$$

Cálculo del gradiente de mezclado, en 1/s

(Potencia en hp, volumen del tanque en galones)

$$TQ := \frac{63025 \cdot P}{N}$$

Cálculo del torque requerido, en lb-pulg

(Potencia en hp)

$$TS := \pi \cdot N \cdot D$$

Cálculo de la velocidad en el extremo de la flecha (Tip speed)

(Diámetro del impulsor en pies, velocidad de rotación en rpm)

Parámetros recomendados:

Servicio	No. de Reynolds	Grad. mezc., G (1/s)	D/T	N (rpm)	TS (fpm)
Blending	Mayor a 10,000	400-1000	0.2-0.6	125-350	500-1000
Homogenización	Menor a 2,000	10-100	0.08-0.2	20-68	180-300
Mezcla rápida	Mayor a 5,000	400-1000	0.25-0.4	25-45	500-1000
Suspensión sólidos	Mayor a 5,000	400-1000	0.15-0.4	68-125	500-1000
Floculación	Menor a 200	10-90	0.3-0.45	10-30	180-300
Dispersión gases	Mayor a 5,000	400-1000	0.2-0.6	68-125	500-1000

Determinación del diámetro del impulsor, velocidad y Número de Reynolds

Se considera para propósitos de cálculo diámetro D= 12 pulgadas

Se considera para propósitos de cálculo velocidad N= 100 rpm

No.	SELECCIÓN DEL IMPULSOR: (Np y Nq a régimen turbulento, Re >10,000)	Número de Potencia (Np)	Número de bombeo (Nq)	Aplicación
	Impulsores de flujo axial			
1	Propela marina pitch 1.5	0.87	0.77	Mezclado tanques con V<2,000 gal
2	Propela marina square pitch	0.29		Mezclado tanques con V<2,000 gal
3	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39° (3LS39 hidrofoil)	0.30	0.50	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
4	Impulsor alta eficiencia 4 hojas 45° (4LS45 hidrofoil)	0.55	0.55	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
5	Turbina 3 hojas 39° (3PBT39)	1.00		Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
6	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	1.62	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
7	Turbina 4 hojas 32° (4PBT32)	1.10	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
	Impulsores de flujo radial			
8	Turbina 4 hojas planas (4FBT90)	3.60	0.86	Dispersión de gases
9	Turbina 4 hojas curvas (4CBT90)	2.52	0.86	Dispersión de gases
10	Turbina de disco de 4 hojas	2.88		Dispersión de gases
11	Turbina de disco de 6 hojas	5.00		Dispersión de gases
12	Turbina Smith 6 hojas (6DS90)	3.60		Dispersión de gases, suspensión sólidos
13	Turbina Rushton 6 hojas (6DR90)	4.75		Dispersión de gases, suspensión sólidos

Tipo impulsor	6	Impulsor:	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	Np	1.62
---------------	---	-----------	------------------------------	----	------

Resultados:

Número de Reynolds	12,097	
Número de impulsores en la flecha:	1	
Potencia del impulsor calculada:	1.62	HP
Eficiencia mecánica del impulsor:	80%	
Potencia al freno:	2.53	BHP
Gradiente de mezclado calculado (G):	217	1/s
Torque requerido (TQ):	1594.75	lb-pulg
Tip speed (TS):	314.16	fpm

Agitador tanque de laqueado de carmín AG-03

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Agua (laqueado)						
Flujo normal:	Q	5,681.40	l/h	25.02	gpm	1,501.03	gph
Flujo máximo:	Q _{máx}	6,252.00	l/h	27.53	gpm	1,651.78	gph
Temperatura:	T	92	°C	197.60	°F		
Densidad:	ρ	62.15	lb/ft ³	0.995	g/cm ³		
Densidad relativa:	Sg	0.99	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	12.50	cP	12.74	cStokes		
Presión de vapor	Pv	25.67	Psia	1.80	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	Psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.25	adimensional				

2. Características del tan que de mezclado

Longitud T-T:	L	2.74	m	8.59	pies	103.12	pulg
Diámetro:	T	1.37	m	4.30	pies	51.56	pulg
Área:	A	1.35	m ²	14.49	pies ²	2,087.00	pulg ²
Altura líquido:	Z	1.48	m	4.62	pies	55.50	pulg
Volumen útil:	V	1.90	m ³	501.84	gal	67.03	pies ³
Volumen total	Vt	3.53	m ³	932.49	gal	124.55	pies ³
Relación Z/T	Z/T	1.08	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re := \frac{10.7 \cdot sg \cdot N \cdot D^2}{\mu}$$

Cálculo del No. Reynolds en Agitación

(Diámetro del impulsor en pulgadas, velocidad de rotación en rpm, viscosidad en cP).

$$P := \frac{Np \cdot D^5 \cdot N^3 \cdot sg}{61240000}$$

Cálculo de la potencia en HP

(Diámetro impulsor en pies, velocidad rotación en rpm)

$$G := 444 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \frac{P}{V}}{\mu}}$$

Cálculo del gradiente de mezclado, en 1/s

(Potencia en hp, volumen del tanque en galones)

$$TQ := \frac{63025 \cdot P}{N}$$

Cálculo del torque requerido, en lb-pulg

(Potencia en hp)

$$TS := \pi \cdot N \cdot D$$

Cálculo de la velocidad en el extremo de la flecha (Tip speed)

(Diámetro del impulsor en pies, velocidad de rotación en rpm)

Parámetros recomendados:

Servicio	No. de Reynolds	Grad. mezc., G (1/s)	D/T	N (rpm)	TS (fpm)
Blending	Mayor a 10,000	400-1000	0.2-0.6	125-350	500-1000
Homogenización	Menor a 2,000	10-100	0.08-0.2	20-68	180-300
Mezcla rápida	Mayor a 5,000	400-1000	0.25-0.4	25-45	500-1000
Suspensión sólidos	Mayor a 5,000	400-1000	0.15-0.4	68-125	500-1000
Floculación	Menor a 200	10-90	0.3-0.45	10-30	180-300
Dispersión gases	Mayor a 5,000	400-1000	0.2-0.6	68-125	500-1000

Determinación del diámetro del impulsor, velocidad y Número de Reynolds

Se considera para propósitos de cálculo diámetro D= 12 pulgadas

Se considera para propósitos de cálculo velocidad N= 100 rpm

No.	SELECCIÓN DEL IMPULSOR: (Np y Nq a régimen turbulento, Re >10,000)	Número de Potencia (Np)	Número de bombeo (Nq)	Aplicación
	Impulsores de flujo axial			
1	Propela marina pitch 1.5	0.87	0.77	Mezclado tanques con V<2,000 gal
2	Propela marina square pitch	0.29		Mezclado tanques con V<2,000 gal
3	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39° (3LS39 hidrofoil)	0.30	0.50	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
4	Impulsor alta eficiencia 4 hojas 45° (4LS45 hidrofoil)	0.55	0.55	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
5	Turbina 3 hojas 39° (3PBT39)	1.00		Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
6	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	1.62	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
7	Turbina 4 hojas 32° (4PBT32)	1.10	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
	Impulsores de flujo radial			
8	Turbina 4 hojas planas (4FBT90)	3.60	0.86	Dispersión de gases
9	Turbina 4 hojas curvas (4CBT90)	2.52	0.86	Dispersión de gases
10	Turbina de disco de 4 hojas	2.88		Dispersión de gases
11	Turbina de disco de 6 hojas	5.00		Dispersión de gases
12	Turbina Smith 6 hojas (6DS90)	3.60		Dispersión de gases, suspensión sólidos
13	Turbina Rushton 6 hojas (6DR90)	4.75		Dispersión de gases, suspensión sólidos

Tipo impulsor	6	Impulsor:	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	Np	1.62
---------------	---	-----------	------------------------------	----	------

Resultados:

Número de Reynolds	12,277	
Número de impulsores en la flecha:	1	
Potencia del impulsor calculada:	1.64	HP
Eficiencia mecánica del impulsor:	80%	
Potencia al freno:	2.57	BHP
Gradiente de mezclado calculado (G):	212	1/s
Torque requerido (TQ):	1618.4	lb-pulg
Tip speed (TS):	314.16	fpm

Agitador tanque de extracto de carmín no. 5 AG-04

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Agua (extracto carmín)						
Flujo normal:	Q	20,275.2	l/h	89.28	gpm	5,356.72	gph
Flujo máximo:	Qmáx	22,302.0	l/h	98.20	gpm	5,892.21	gph
Temperatura:	T	92	°C	197.60	°F		
Densidad:	ρ	59.30	lb/ft ³	0.950	g/cm ³		
Densidad relativa:	Sg	0.95	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	12.50	cP	13.15	cStokes		
Presión de vapor	Pv	25.67	Psia	1.80	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	Psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.25	adimensional				

2. Características del tan que de mezclado

Longitud T-T:	L	3.10	m	11.41	pies	136.97	pulg
Diámetro:	T	1.55	m	5.71	pies	68.49	pulg
Área:	A	2.38	m ²	25.57	pies ²	3,681.95	pulg ²
Altura líquido:	Z	1.67	m	6.13	pies	73.60	pulg
Volumen útil:	V	4.44	m ³	1.174.2	gal	156.83	pies ³
Volumen total	Vt	8.27	m ³	2,185.1	gal	291.86	pies ³
Relación Z/T	Z/T	1.07	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re := \frac{10.7 \cdot s \cdot g \cdot N \cdot D^2}{\mu}$$

Cálculo del No. Reynolds en Agitación

(Diámetro del impulsor en pulgadas, velocidad de rotación en rpm, viscosidad en cP).

$$P := \frac{Np \cdot D^5 \cdot N^3 \cdot s \cdot g}{61240000}$$

Cálculo de la potencia en HP

(Diámetro impulsor en pies, velocidad rotación en rpm)

$$G := 444 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \frac{P}{V}}{\mu}}$$

Cálculo del gradiente de mezclado, en 1/s

(Potencia en hp, volumen del tanque en galones)

$$TQ := \frac{63025 \cdot P}{N}$$

Cálculo del torque requerido, en lb-pulg

(Potencia en hp)

$$TS := \pi \cdot N \cdot D$$

Cálculo de la velocidad en el extremo de la flecha (Tip speed)

(Diámetro del impulsor en pies, velocidad de rotación en rpm)

Parámetros recomendados:

Servicio	No. de Reynolds	Grad. mezc., G (1/s)	D/T	N (rpm)	TS (fpm)
Blending	Mayor a 10,000	400-1000	0.2-0.6	125-350	500-1000
Homogenización	Menor a 2,000	10-100	0.08-0.2	20-68	180-300
Mezcla rápida	Mayor a 5,000	400-1000	0.25-0.4	25-45	500-1000
Suspensión sólidos	Mayor a 5,000	400-1000	0.15-0.4	68-125	500-1000
Floculación	Menor a 200	10-90	0.3-0.45	10-30	180-300
Dispersión gases	Mayor a 5,000	400-1000	0.2-0.6	68-125	500-1000

Determinación del diámetro del impulsor, velocidad y Número de Reynolds

Se considera para propósitos de cálculo diámetro D= 14 pulgadas

Se considera para propósitos de cálculo velocidad N= 100 rpm

No.	SELECCIÓN DEL IMPULSOR: (Np y Nq a régimen turbulento, Re >10,000)	Número de Potencia (Np)	Número de bombeo (Nq)	Aplicación
	Impulsores de flujo axial			
1	Propela marina pitch 1.5	0.87	0.77	Mezclado tanques con V<2,000 gal
2	Propela marina square pitch	0.29		Mezclado tanques con V<2,000 gal
3	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39° (3LS39 hidrofoil)	0.30	0.50	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
4	Impulsor alta eficiencia 4 hojas 45° (4LS45 hidrofoil)	0.55	0.55	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
5	Turbina 3 hojas 39° (3PBT39)	1.00		Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
6	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	1.62	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
7	Turbina 4 hojas 32° (4PBT32)	1.10	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
	Impulsores de flujo radial			
8	Turbina 4 hojas planas (4FBT90)	3.60	0.86	Dispersión de gases
9	Turbina 4 hojas curvas (4CBT90)	2.52	0.86	Dispersión de gases
10	Turbina de disco de 4 hojas	2.88		Dispersión de gases
11	Turbina de disco de 6 hojas	5.00		Dispersión de gases
12	Turbina Smith 6 hojas (6DS90)	3.60		Dispersión de gases, suspensión sólidos
13	Turbina Rushton 6 hojas (6DR90)	4.75		Dispersión de gases, suspensión sólidos

Tipo impulsor	6	Impulsor:	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	Np	1.62
---------------	---	-----------	------------------------------	----	------

Resultados:

Número de Reynolds	15,944	
Número de impulsores en la flecha:	1	
Potencia del impulsor calculada:	3.39	HP
Eficiencia mecánica del impulsor:	80%	
Potencia al freno:	5.30	BHP
Gradiente de mezclado calculado (G):	253	1/s
Torque requerido (TQ):	3337.7	lb-pulg
Tip speed (TS):	366.52	fpm

Agitador tanque de preparación de nutrientes para riego AG-06

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Agua (extracto carmín)						
Flujo normal:	Q	22,100	l/h	97.31	gpm	5,838.84	gph
Flujo máximo:	Qmáx	22,302.0	l/h	98.20	gpm	5,892.21	gph
Temperatura:	T	20.00	°C	68.00	°F		
Densidad:	ρ	62.31	lb/ft ³	0.998	g/cm ³		
Densidad relativa:	Sg	1.00	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	10.00	cP	10.01	cStokes		
Presión de vapor	Pv	0.34	Psia	0.02	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	Psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.25	adimensional				

2. Características del tan que de mezclado

Longitud T-T:	L	5.12	m	16.79	pies	201.52	pulg
Diámetro:	T	2.56	m	8.40	pies	100.76	pulg
Área:	A	5.14	m ²	55.35	pies ²	7,970.03	pulg ²
Altura líquido:	Z	4.61	m	15.11	pies	181.37	pulg
Volumen útil:	V	23.71	m ³	6,263.2	gal	836.53	pies ³
Volumen total	Vt	26.34	m ³	6,959.1	gal	929.48	pies ³
Relación Z/T	Z/T	1.80	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re := \frac{10.7 \cdot sg \cdot N \cdot D^2}{\mu}$$

Cálculo del No. Reynolds en Agitación

(Diámetro del impulsor en pulgadas, velocidad de rotación en rpm, viscosidad en cP).

$$P := \frac{Np \cdot D^5 \cdot N^3 \cdot sg}{61240000}$$

Cálculo de la potencia en HP

(Diámetro impulsor en pies, velocidad rotación en rpm)

$$G := 444 \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot \frac{P}{V}}{\mu}}$$

Cálculo del gradiente de mezclado, en 1/s

(Potencia en hp, volumen del tanque en galones)

$$TQ := \frac{63025 \cdot P}{N}$$

$$TS := \pi \cdot N \cdot D$$

Cálculo del torque requerido, en lb-pulg

(Potencia en hp)

Cálculo de la velocidad en el extremo de la flecha (Tip speed)

(Diámetro del impulsor en pies, velocidad de rotación en rpm)

Parámetros recomendados:

Servicio	No. de Reynolds	Grad. mezc., G (1/s)	D/T	N (rpm)	TS (fpm)
Blending	Mayor a 10,000	400-1000	0.2-0.6	125-350	500-1000
Homogenización	Menor a 2,000	10-100	0.08-0.2	20-68	180-300
Mezcla rápida	Mayor a 5,000	400-1000	0.25-0.4	25-45	500-1000
Suspensión sólidos	Mayor a 5,000	400-1000	0.15-0.4	68-125	500-1000
Floculación	Menor a 200	10-90	0.3-0.45	10-30	180-300
Dispersión gases	Mayor a 5,000	400-1000	0.2-0.6	68-125	500-1000

Determinación del diámetro del impulsor, velocidad y Número de Reynolds

Se considera para propósitos de cálculo diámetro D= 30 pulgadas

Se considera para propósitos de cálculo velocidad N= 200 rpm

No.	SELECCIÓN DEL IMPULSOR: (Np y Nq a régimen turbulento, Re >10,000)	Número de Potencia (Np)	Número de bombeo (Nq)	Aplicación
	Impulsores de flujo axial			
1	Propela marina pitch 1.5	0.87	0.77	Mezclado tanques con V<2,000 gal
2	Propela marina square pitch	0.29		Mezclado tanques con V<2,000 gal
3	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39° (3LS39 hidrofoil)	0.30	0.50	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
4	Impulsor alta eficiencia 4 hojas 45° (4LS45 hidrofoil)	0.55	0.55	Blending fluidos no viscosos, susp. sólidos
5	Turbina 3 hojas 39° (3PBT39)	1.00		Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
6	Turbina 4 hojas 45° (4PBT45)	1.62	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
7	Turbina 4 hojas 32° (4PBT32)	1.10	0.86	Blending fluidos viscosos, susp. sólidos
	Impulsores de flujo radial			
8	Turbina 4 hojas planas (4FBT90)	3.60	0.86	Dispersión de gases
9	Turbina 4 hojas curvas (4CBT90)	2.52	0.86	Dispersión de gases
10	Turbina de disco de 4 hojas	2.88		Dispersión de gases
11	Turbina de disco de 6 hojas	5.00		Dispersión de gases
12	Turbina Smith 6 hojas (6DS90)	3.60		Dispersión de gases, suspensión sólidos
13	Turbina Rushton 6 hojas (6DR90)	4.75		Dispersión de gases, suspensión sólidos

Tipo impulsor	3	Impulsor:	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39° (3LS39)	Np	1.62
---------------	---	-----------	--	----	------

Resultados:

Número de Reynolds	192,322	
Número de impulsores en la flecha:	2	
Potencia del impulsor calculada:	7.64	HP
Eficiencia mecánica del impulsor:	80%	
Potencia al freno:	11.94	BHP
Gradiente de mezclado calculado (G):	155	1/s
Torque requerido (TQ):	3,421	lb-pulg
Tip speed (TS):	1570.8	fpm

Bomba de transferencia de acetona GA-01

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Acetona						
Flujo normal:	Q	1.90	m ³ /h	8.37	gpm	0.0186	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	1.30	m ³ /h	5.72	gpm	0.0127	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	2.10	m ³ /h	9.25	gpm	0.0206	ft ³ /s
Temperatura:	T	40	°C	104	°F		
Densidad:	ρ	769	kg/m ³	48	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.77	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	0.27	cP	0.35	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	8.14	psia	0.57	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad Re := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)
 S= sección transversal tubería (pies²)
 Re = Número de Reynolds
 d = Diámetro interior tubería (pulgadas)
 Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12} \quad A_3 := \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)
 D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{Re} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{\frac{k}{D}}{3.7065} - \frac{5.0452}{Re} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).
 Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)
 D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40
 Material: Acero al carbón
 Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Grana cochinilla-Acetona	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
1	1.049	0.00600	3.107	3.434	2.12	71,840	79,394	49,095	0.001715		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0252	0.0250	0.0261	1.44	1.75	0.70	0.0250	0.0251	0.0260	1.43	1.75	0.69

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
1	1.049	0.00600	3.107	3.434	2.12	71,840	79,394	49,095	0.001715		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0252	0.0250	0.0261	1.44	1.75	0.70	0.0250	0.0251	0.0260	1.43	1.75	0.69

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	1	1.049
Descarga:	1	1.049

Pérdidas por fricción:

LINEA ITEM	SUCCIÓN					DESCARGA				
	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	2.62
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	11.80
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1		40	40	3.50	1		40	40	3.50
Reducción	0	0.19	7	0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Entrada	1	0.5	19	19.4	1.70	0			0	0.00
Salida	0			0	0.00	1	0.5	20	20	1.71
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	10	m			3.05
Longitud total equivalente:					Lts=	6.83			Ltd=	22.68

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{\rho}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{\rho}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 1.0 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 3.7 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Cabeza estática de succión:	0.602	0.602	0.602
Cabeza por velocidad en la succión:	0.061	0.050	0.022
Pérdidas por fricción en la succión:	0.108	0.089	0.040
Cabeza estática de descarga:	3.566	3.566	3.566
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.061	0.050	0.022
Pérdidas por fricción en la descarga:	0.953	0.784	0.360
Pérdidas por equipo	12.000	12.000	12.000
Cabeza dinámica de succión total:	0.554	0.563	0.584
Cabeza dinámica de descarga total:	16.579	16.400	15.948
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	16.025	15.837	15.365
NHPS Disponible (m):	5.59	5.60	5.62
Potencia hidráulica (HP):	0.09	0.08	0.05

Bomba de envío de lixiviado a filtro prensa GA-02 (producción carmín)

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Agua						
Flujo normal:	Q	4.90	l/h	21.57	gpm	0.0481	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	4.41	l/h	19.42	gpm	0.0433	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	5.39	l/h	23.73	gpm	0.0529	ft ³ /s
Temperatura:	T	92	°C	197.6	°F		
Densidad:	ρ	964	kg/m ³	61.24	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.96	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	12.50	cP	12.97	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	10.90	psia	0.76	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	99.54	psig	7.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad \text{Re} := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{\text{Re}} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{\text{Re}} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40

Material: Acero al carbón

Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Grana cochinilla-Agua			
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
2	2.067	0.02330	2.062	2.269	1.857	2,543	2,797	2,289	0.0008708		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0362	0.0416	0.0307	0.58	0.81	0.40	0.0463	0.0451	0.0478	0.74	0.88	0.62

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
1.5	1.610	0.0141	3.400	3.740	3.061	3,264	3,591	2,939	0.00118		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0440	0.0432	0.0434	2.46	2.41	2.42	0.0433	0.0422	0.0446	2.42	2.85	2.02

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	2	2.067
Descarga:	1.5	1.610

Pérdidas por fricción:

LINEA	SUCCIÓN					DESCARGA					
	ITEM	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0			30	0	0.00	1		30	30	2.62
Codos 45°	0			16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0			20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0			60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0			13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0			135	0	0.00	1		135	135	11.80
V. Globo	0			340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1			40	40	3.50	1		40	40	3.50
Reducción	0	0.19		7	0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Expansión	0				0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Entrada	1	0.5		19	19.4	1.70	0			0	0.00
Salida	0				0	0.00	1	0.5	20	20	1.71
Válvula de pie	0			450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m				1.64	10	m			3.05
Longitud total equivalente:				Lts=	6.83				Ltd=	22.68	

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción

2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 1.0 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 4.5 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Cabeza estática de succión:	0.767	0.767	0.767
Cabeza por velocidad en la succión:	0.034	0.028	0.023
Pérdidas por fricción en la succión:	0.049	0.040	0.032
Presión en la descarga	99.54	99.54	99.54
Cabeza estática de descarga:	5.721	5.721	5.721
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.092	0.076	0.062
Pérdidas por fricción en la descarga:	1.441	1.157	0.910
Cabeza dinámica de succión total:	0.753	0.756	0.758
Cabeza dinámica de descarga total:	106.794	106.494	105.474
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	106.041	105.739	75.592
NHPS Disponible (m):	2.35	2.35	2.35
Potencia hidráulica (HP):	1.47	1.33	1.19

Bomba de envío de laqueado a filtro prensa GA-03

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Grana cochinilla-Agua						
Flujo normal:	Q	4.90	l/h	21.57	gpm	0.0481	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	4.41	l/h	19.42	gpm	0.0433	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	5.39	l/h	23.73	gpm	0.0529	ft ³ /s
Temperatura:	T	92	°C	197.6	°F		
Densidad:	ρ	964	kg/m ³	61.24	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.96	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	12.50	cP	12.74	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	10.90	psia	1.79	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	99.54	psig	7.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad \text{Re} := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{\text{Re}} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{\text{Re}} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40
 Material: Acero al carbón
 Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Grana cochinilla-Agua			
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)			
2	2.067	0.02330	2.062	2.269	1.857	2,543	2,797	2,289	0.0008708		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)
0.0362	0.0416	0.0307	0.58	0.81	0.40	0.0463	0.0451	0.0478	0.74	0.88	0.62

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)			
1.5	1.610	0.0141	3.400	3.740	3.061	3,264	3,591	2,939	0.00118		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)
0.0440	0.0432	0.0434	2.46	2.41	2.42	0.0433	0.0422	0.0446	2.42	2.85	2.02

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	2	2.067
Descarga:	1.5	1.610

Pérdidas por fricción:

LINEA ITEM	SUCCIÓN					DESCARGA				
	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	2.62
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	11.80
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1		40	40	3.50	1		40	40	3.50
Reducción	0	0.19	7	0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Entrada	1	0.5	19	19.4	1.70	0			0	0.00
Salida	0			0	0.00	1	0.5	20	20	1.71
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	10	m			3.05
Longitud total equivalente:				Lts=	6.83				Ltd=	22.68

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción

2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 1.0 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 4.5 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Cabeza estática de succión:	0.767	0.767	0.767
Cabeza por velocidad en la succión:	0.034	0.028	0.023
Pérdidas por fricción en la succión:	0.049	0.040	0.032
Presión en la descarga	99.54	99.54	99.54
Cabeza estática de descarga:	5.721	5.721	5.721
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.092	0.076	0.062
Pérdidas por fricción en la descarga:	1.441	1.157	0.910
Cabeza dinámica de succión total:	0.753	0.756	0.758
Cabeza dinámica de descarga total:	106.794	106.494	105.474
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	106.041	105.739	75.592
NHPS Disponible (m):	2.35	2.35	2.35
Potencia hidráulica (HP):	1.47	1.33	1.19

Bomba de alimentación de extracto de grana cochinilla a filtro prensa GA-04

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Agua-grana cochinilla						
Flujo normal:	Q	6.52	m ³ /h	28.71	gpm	0.0640	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	5.87	m ³ /h	25.85	gpm	0.0576	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	7.17	m ³ /h	31.58	gpm	0.0704	ft ³ /s
Temperatura:	T	92	°C	197.6	°F		
Densidad:	ρ	950	kg/m ³	59.30	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.96	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	12.50	cP	13.16	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	10.90	psia	0.76	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	99.54	psig	7.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad \text{Re} := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{\text{Re}} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{\frac{k}{D}}{3.7065} - \frac{5.0452}{\text{Re}} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40
 Material: Acero al carbón
 Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Agua-cohinilla	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)			
2	2.067	0.02330	2.745	3.020	2.472	3,335	3,669	3,003	0.0008708		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)
0.437	0.0426	0.0436	1.22	1.44	0.99	0.0428	0.0418	0.0441	1.20	1.41	1.00

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Minimo (ft/s)			
2	2.067	0.02330	2.745	3.020	2.472	3,335	3,669	3,003	0.0008708		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Minimo (psi)
0.437	0.0426	0.0436	1.22	1.44	0.99	0.0428	0.0418	0.0441	1.20	1.41	1.00

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	2	2.067
Descarga:	2	2.067

Pérdidas por fricción:

LINEA	SUCCIÓN					DESCARGA					
	ITEM	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0			30	0	0.00	1		30	30	2.62
Codos 45°	0			16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0			20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0			60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0			13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0			135	0	0.00	1		135	135	11.80
V. Globo	0			340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1			40	40	3.50	1		40	40	3.50
Reducción	0	0.19		7	0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Expansión	0				0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Entrada	1	0.5		19	19.4	1.70	0			0	0.00
Salida	0				0	0.00	1	0.5	20	20	1.71
Válvula de pie	0			450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m				1.64	10	m			3.05
Longitud total equivalente:				Lts=	6.83				Ltd=	22.68	

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 1.0 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 3.7 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Presión en la succión	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de succión:	0.743	0.743	0.743
Cabeza por velocidad en la succión:	0.058	0.048	0.039
Pérdidas por fricción en la succión:	0.086	0.071	0.057
Presión en la descarga	99.540	99.540	99.540
Cabeza estática de descarga:	4.405	4.405	4.405
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.058	0.048	0.039
Pérdidas por fricción en la descarga:	0.739	0.622	0.498
Cabeza dinámica de succión total:	0.716	0.720	0.725
Cabeza dinámica de descarga total:	104.742	104.615	104.482
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	104.026	103.895	103.757
NHPS Disponible (m):	9.75	9.75	9.75
Potencia hidráulica (HP):	1.91	1.73	1.56

Bomba de envío de extracto de grana cochinilla a filtro prensa GA-05

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Agua-etanol						
Flujo normal:	Q	12.06	m ³ /h	53.10	gpm	0.1183	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	10.85	m ³ /h	47.77	gpm	0.1064	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	13.27	m ³ /h	58.43	gpm	0.1302	ft ³ /s
Temperatura:	T	20	°C	68.00	°F		
Densidad:	ρ	905.37	kg/m ³	56.52	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.91	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	10.00	cP	11.04	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	1.01	psia	0.071	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	99.54	psig	7.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad \text{Re} := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\frac{\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}}}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{\text{Re}} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{\text{Re}} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo

del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40

Material: Acero al carbón

Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Agua-etanol	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN												
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D			
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)				
3	3.068	0.05134	2.305	2.536	2.073	4,951	5,448	4,454	0.00058			
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:			
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	
0.0387	0.0387	0.0400	0.49	0.58	0.41	0.0381	0.0372	0.0392	0.48	0.57	0.40	

A LA DESCARGA												
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D			
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)				
2	2.067	0.02330	5.077	5.587	4.568	7,349	8,086	6,611	0.0008708			
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:			
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	
0.0351	0.0342	0.0361	3.20	3.12	3.29	0.0347	0.0339	0.0356	3.17	3.74	2.63	

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	3	3.068
Descarga:	2	2.067

Pérdidas por fricción:

LINEA	SUCCIÓN					DESCARGA				
ITEM	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	2.62
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	11.80
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1		40	40	3.50	1		40	40	3.50
Reducción	0	0.19	7	0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	7	0	0.00
Entrada	1	0.5	19	19.4	1.70	0			0	0.00
Salida	0			0	0.00	1	0.5	20	20	1.71
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	10	m			3.05
Longitud total equivalente:				Lts=	6.83				Ltd=	22.68

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{\rho}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{\rho}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1
 Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 1.0 m
 Centro de línea de la bomba: 0.4 m
 Elevación destino: 3.7 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Presión en la succión	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de succión:	0.708	0.708	0.708
Cabeza por velocidad en la succión:	0.039	0.032	0.026
Pérdidas por fricción en la succión:	0.048	0.040	0.032
Presión en la descarga	99.540	99.540	99.540
Cabeza estática de descarga:	4.198	4.196	4.198
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.190	0.157	0.127
Pérdidas por fricción en la descarga:	2.190	1.837	1.515
Cabeza dinámica de succión total:	0.700	0.701	0.702
Cabeza dinámica de descarga total:	106.118	105.731	105.380
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	105.419	105.030	104.678
NHPS Disponible (m):	10.26	10.27	10.26
Potencia hidráulica (HP):	3.59	3.25	2.92

Bomba de riego a tapescos y parcelas GA-06

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Agua-nutrientes						
Flujo normal:	Q	9.00	m ³ /h	39.63	gpm	0.0883	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	8.00	m ³ /h	35.22	gpm	0.0785	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	22.10	m ³ /h	97.31	gpm	0.2168	ft ³ /s
Temperatura:	T	20	°C	68.00	°F		
Densidad:	ρ	998.20	kg/m ³	62.31	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.99	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	10.00	cP	10.02	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	0.34	psia	0.02	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	15.23	psig	1.07	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad Re := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{Re} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{Re} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40

Material: Acero al carbón

Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Agua-etanol	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
4	4.026	0.08840	0.999	2.453	0.888	3,105	7,623	2,759	0.000447		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0435	0.0341	0.0408	0.09	0.41	0.06	0.0433	0.0339	0.0449	0.09	0.41	0.07

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
3	3.068	0.05134	1.720	4.223	1.529	4,074	10,003	3,621	0.000586		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0410	0.0320	0.0425	0.32	0.25	0.33	0.0402	0.0318	0.0416	0.31	1.49	0.26

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	4	4.026
Descarga:	3	3.068

Pérdidas por fricción:

LINEA	SUCCIÓN					DESCARGA				
ITEM	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	7.67
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	34.52
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1		40	40	13.52	1		40	40	10.23
Reducción	0	0.19	7	0	0.00	0	0.19	6	0	0.00
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	6	0	0.00
Entrada	1	0.5	15	14.76	4.95	0			0	0.00
Salida	0			0	0.00	1	0.5	16	16	4.02
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	200	m			60.96
Longitud total equivalente:				Lts=	20.01				Ltd=	117.39

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{\rho}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{\rho}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 1.0 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 3.1 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Presión en la succión	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de succión:	0.781	0.781	0.781
Cabeza por velocidad en la succión:	0.044	0.007	0.005
Pérdidas por fricción en la succión:	0.047	0.007	0.006
Presión en la descarga	31.221	31.221	31.221
Cabeza estática de descarga:	3.833	3.833	3.833
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.130	0.020	0.016
Pérdidas por fricción en la descarga:	13.032	2.536	1.937
Cabeza dinámica de succión total:	0.778	0.780	0.780
Cabeza dinámica de descarga total:	48.217	37.610	37.007
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	47.439	36.830	36.227
NHPS Disponible (m):	9.75	9.75	9.75
Potencia hidráulica (HP):	2.80	0.85	0.74

Bomba de envío de agua desionizada GA-07

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Agua desionizada						
Flujo normal:	Q	18.43	m ³ /h	81.15	gpm	0.1808	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	15.21	m ³ /h	66.97	gpm	0.1492	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	26.57	m ³ /h	116.9	gpm	0.2607	ft ³ /s
Temperatura:	T	20.00	°C	68.00	°F		
Densidad:	ρ	996.33	kg/m ³	62.19	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	1.00	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	1.00	cP	1.00	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	0.34	psia	0.02	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad \text{Re} := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{\text{Re}} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{\text{Re}} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40
 Material: Acero al carbón
 Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Grana cochinilla-Acetona	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
3	3.068	0.05134	3.522	5.078	2.907	83,265	120,040	68,716	0.0005867		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0213	0.0204	0.0218	0.69	1.38	0.48	0.0212	0.0204	0.0218	0.69	1.38	0.48

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
2.5	2.469	0.03325	5.438	7.840	4.488	103,466	149,162	85,387	0.000729		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0213	0.0205	0.0217	2.05	4.11	1.43	0.0212	0.0204	0.0217	2.04	4.10	1.42

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	3	3.068
Descarga:	2.5	2.469

Pérdidas por fricción:

LINEA ITEM	SUCCIÓN					DESCARGA				
	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	6.17
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	27.78
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1		40	40	10.23	1		40	40	6.89
Reducción	0	0.19	9	0	0.00	0	0.19	9	0	0.00
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	9	0	0.00
Entrada	1	0.5	24	23.69	6.06	0			0	0.00
Salida	0			0	0.00	1	0.5	24	24	4.90
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	20	m			65.62
Longitud total equivalente:					Lts=	17.92	Ltd=			112.7

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 0.6 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 6.0 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Presión en la succión	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de succión:	0.283	0.283	0.283
Cabeza por velocidad en la succión:	0.173	0.083	0.057
Pérdidas por fricción en la succión:	0.189	0.091	0.063
Presión en la descarga	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de descarga:	7.936	7.936	7.936
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.413	0.198	0.135
Pérdidas por fricción en la descarga:	4.706	2.321	1.605
Cabeza dinámica de succión total:	0.268	0.275	0.278
Cabeza dinámica de descarga total:	13.054	10.455	9.676
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	12.786	10.180	9.399
NHPS Disponible (m):	9.41	9.41	9.41
Potencia hidráulica (HP):	0.87	0.48	0.37

Bomba de envío de acetona a tanque de desencerado GA-08

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Acetona						
Flujo normal:	Q	5.53	l/h	24.35	gpm	0.0543	ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	4.98	l/h	21.93	gpm	0.0489	ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	6.00	l/h	26.78	gpm	0.0597	ft ³ /s
Temperatura:	T	20.00	°C	68.00	°F		
Densidad:	ρ	792.42	kg/m ³	49.46	lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.79	adimensional				
Viscosidad absoluta:	μ	0.27	cP	0.34	cStokes		
Presión de vapor:	Pv	3.56	psia	0.25	kg/cm ²		
Presión pto. Descarga	P2	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²		
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²		
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional				

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad Re := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{Re} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{Re} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40
 Material: Acero al carbón
 Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Grana cochinilla-Acetona	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
2	2.067	0.02330	2.328	2.561	2.097	109,240	120,141	98,383	0.0008708		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0217	0.0215	0.0219	0.36	0.44	0.30	0.0216	0.0222	0.0218	0.36	0.44	0.30

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
2	2.067	0.02330	2.328	2.561	2.097	109,240	120,141	98,383	0.0008708		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0217	0.0215	0.0219	0.36	0.44	0.30	0.0216	0.0222	0.0218	0.36	0.44	0.30

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	2	2.067
Descarga:	2	2.067

Pérdidas por fricción:

LINEA ITEM	SUCCIÓN					DESCARGA				
	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	5.17
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	23.25
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00
V. Mariposa	1		40	40	6.89	1		40	40	6.89
Reducción	0	0.19	7	0	0.00	0	0.19	9	0	0.00
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	9	0	0.00
Entrada	1	0.5	19	22.51	3.88	0			0	0.00
Salida	0			0	0.00	1	0.5	23	23	3.91
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	20	m			65.62
Longitud total equivalente:				Lts=	12.41			Ltd=		104.83

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 0.6 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 6.0 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Presión en la succión	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de succión:	0.225	0.225	0.225
Cabeza por velocidad en la succión:	0.034	0.029	0.023
Pérdidas por fricción en la succión:	0.043	0.037	0.030
Presión en la descarga	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de descarga:	6.308	6.308	6.308
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.034	0.029	0.023
Pérdidas por fricción en la descarga:	0.461	0.394	0.322
Cabeza dinámica de succión total:	0.216	0.217	0.219
Cabeza dinámica de descarga total:	6.803	6.731	6.653
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	6.587	6.514	6.434
NHPS Disponible (m):	9.17	9.17	9.17
Potencia hidráulica (HP):	0.10	0.09	0.08

Bomba de envío de etanol a tanque de reposo extracto de carmín GA-09

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Etanol					
Flujo normal:	Q	18.43	m ³ /h	81.15	gpm	0.1808 ft ³ /s
Flujo mínimo:	Q _{mín}	15.21	m ³ /h	66.97	gpm	0.1492 ft ³ /s
Flujo máximo:	Q _{máx}	20.27	m ³ /h	89.26	gpm	0.1989 ft ³ /s
Temperatura:	T	20.00	°C	68.00	°F	
Densidad:	ρ	790.49	kg/m ³	49.34	lb/ft ³	
Densidad relativa:	Sg	0.790	adimensional			
Viscosidad absoluta:	μ	1.00	cP	1.27	cStokes	
Presión de vapor:	Pv	1.85	psia	0.13	kg/cm ²	
Presión pto. Descarga	P2	0.00	psig	0.00	kg/cm ²	
Presión pto. succión	P1	0.00	psig	0.00	kg/cm ²	
Presión atmosférica:	Pa	14.7	psia	1.03	kg/cm ²	
Factor de diseño:	Fs	1.1	adimensional			

ECUACIONES DE CÁLCULO PARA VELOCIDADES Y CAIDAS DE PRESIÓN

$$v := \frac{Q}{S} \quad \text{Re} := 123.9 \cdot \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \right)$$

donde: v= velocidad (pies/s)

S= sección transversal tubería (pies²)

Re = Número de Reynolds

d = Diámetro interior tubería (pulgadas)

Q= Flujo (pies³/s)

$$A_2 := \left[2.457 \cdot \ln \left[\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{k}{D} \right] \right]^{16}$$

$$A_3 := \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

$$f := 8 \cdot \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A_2 + A_3)^{1.5}} \right]^{1/12}$$

Modelo de Churchill (1977) para el

Uso general

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$A_4 := \frac{\left(\frac{k}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \left(\frac{7.149}{\text{Re}} \right)^{0.8981}$$

$$f := 4 \cdot \left[\frac{1}{-4 \cdot \log \left(\frac{k}{3.7065 \cdot D} - \frac{5.0452}{\text{Re}} \cdot \log(A_4) \right)} \right]^2$$

Modelo de Chen (1979) para el cálculo del factor de fricción de Darcy (1979).

Más exacto. Uso sólo en régimen turbulento

donde: k= rugosidad absoluta (pies)

D = Diámetro interior tubería (pies)

$$\Delta P := \frac{0.000216 f \cdot L \cdot \rho \cdot Q^2}{d^5}$$

Ecuación para cálculo de las caídas de presión.

donde: f= Factor de fricción de Darcy

Q= Flujo (gpm)

d= Diámetro interior de tubería (pulgadas)

L= Longitud de tubería de referencia (100 pies)

Determinación del Diámetro de las Tuberías

Cédula: 40
 Material: Acero al carbón
 Rugosidad absoluta e: 0.00015 m

Servicio Grana cochinilla-Acetona	Caída de Presión (DP) (psi/100 ft)	Velocidad (V) (ft/s)	Velocidad (V) (m/s)
Succión	0.2 – 1.0	1.0 – 3.0	0.3 – 1.0
Descarga	1.0 - 2.0	4.5 – 10.0	1.5 – 3.7

A LA SUCCIÓN											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
3	3.068	0.05134	3.522	3.874	2.907	66,063	72,665	54,519	0.0005867		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0220	0.0217	0.0226	0.57	0.68	0.40	0.0219	0.0218	0.0226	0.57	0.68	0.40

A LA DESCARGA											
Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interior (d) (pulgadas)	Sección (S) (ft ²)	Velocidad lineal a flujo:			Reynolds a flujo:			k/D		
			Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)	Normal (ft/s)	Máximo (ft/s)	Mínimo (ft/s)			
2.5	2.469	0.03325	5.438	5.982	4.488	82,090	90,294	67,746	0.000729		
Ec. Churchill (1977)			AP/100 a flujo:			Ec. Chen (1979)			AP/100 a flujo:		
<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)	<i>f normal</i>	<i>f máx</i>	<i>f mín</i>	Normal (psi)	Máximo (psi)	Mínimo (psi)
0.0218	0.0216	0.0224	1.67	2.00	1.17	0.0218	0.0215	0.0223	1.67	1.99	1.16

Diámetro seleccionado:

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro interno (pulgadas)
Succión:	3	3.068
Descarga:	2.5	2.469

Pérdidas por fricción:

LINEA ITEM	SUCCIÓN					DESCARGA					
	No.	K	(L/D)	(L/D)tot	Leq. (pies)	No.	K	(L/D)	(L/D)tot (pies)	Leq.	
Codos 90°	0		30	0	0.00	1		30	30	6.17	
Codos 45°	0		16	0	0.00	0		16	0	0.00	
T en línea	0		20	0	0.00	0		20	0	0.00	
T ramif.	0		60	0	0.00	0		60	0	0.00	
V. Compuerta	0		13	0	0.00	0		13	0	0.00	
V. Check	0		135	0	0.00	1		135	135	27.78	
V. Globo	0		340	0	0.00	0		340	0	0.00	
V. Mariposa	1		40	40	10.23	1		40	40	8.23	
Reducción	0	0.19	9	0	0.00	0	0.19	9	0	0.00	
Expansión	0			0	0.00	0	0.19	9	0	0.00	
Entrada	1	0.5	23	22.97	5.87	0			0	0.00	
Salida	0			0	0.00	1	0.5	24	24	4.78	
Válvula de pie	0		450	0	0.00	0			0	0.00	
Tubería Lineal	0.5	m			1.64	20	m			65.62	
Longitud total equivalente:					Lts=	17.74				Ltd=	112.57

$$h_{fs} := L_{ts} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

$$h_{fd} := L_{td} + \frac{\Delta P}{100} \cdot \frac{144}{p}$$

Bombeo con succión negativa (suction lift): 1

Bombeo con succión positiva (suction lift): 2

Opción
2

Elevaciones

Elevación de la fuente: 0.6 m

Centro de línea de la bomba: 0.4 m

Elevación destino: 6.0 m

Para el cálculo se consideró como crítico el mínimo nivel de líquido en el tanque

Flujo	Máximo	Normal	Mínimo
	psi	psi	psi
Presión en la succión	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de succión:	0.225	0.225	0.225
Cabeza por velocidad en la succión:	0.080	0.066	0.045
Pérdidas por fricción en la succión:	0.088	0.073	0.050
Presión en la descarga	0.000	0.000	0.000
Cabeza estática de descarga:	6.296	6.296	6.296
Cabeza por velocidad en la descarga:	0.190	0.157	0.107
Pérdidas por fricción en la descarga:	2.252	1.876	1.300
Cabeza dinámica de succión total:	0.217	0.218	0.220
Cabeza dinámica de descarga total:	8.738	8.330	7.704
Presión diferencial (Cabeza Dinámica Total):	8.522	8.112	7.484
NHPS Disponible (m):	10.71	10.71	10.71
Potencia hidráulica (HP):	0.44	0.38	0.29

Filtro prensa producción carmín FL-01

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Agua-grana cochinilla						
Sólidos alimentados al tanque:	Wsol	168.96	kg/d	372.15	lb/d		
Volumen del tanque:	Vtanque	2840.8	litros	2.84	m ³		
Flujo alimentación al filtro:	Qalim	63.13	l/min	3.80	m ³ /h	2.84	m ³ /d
Porcentaje de sólidos en soln.:	Xsólidos	5.95	%				
Temperatura:	T	92	°C	197.6	°F		
Densidad:	ρ	981	kg/m ³		lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.98	adimensional				
Concentración sólido seco:	Xsolseco	25%					
Captura de sólidos		0.95	adimensional				
Densidad relativa de la torta	Sg _{torta}	1.1	adimensional				
Tasa de filtración	Tasa filtr	10	kg/m ² h	2	lb/ft ² h		
Porcentaje de agua de lavado	H ₂ O lavado	10%					
Presión de operación filtro:	P _{oprn}	7	kg/cm ²	99.54	psi		

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$X_{sólidos} = \frac{sólidos\ alimentados}{Volumen\ soln.}$$

$$Q_{alim} = \frac{Volumen\ soln.}{Tiempo\ alim.\ filtro}$$

$$Sólidos\ a\ desaguar = Sólidos\ alimentados * Captura$$

$$Área_{filtrado} = \frac{sólidos\ procesados/h}{tasa\ de\ filtración}$$

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Sólidos alimentados al tanque	WST	168.96	kg/d	372.1586	lb/d		
Volumen en el tanque	V _{tanque}	2840.8	litros	2.8408	m ³		
Días a la semana a operar filtro		1	día/semana				
Tiempo de alimentación al filtro		45	min	0.75	horas		
Tiempo de compresión		15	min	0.25	horas		
Tiempo de extracción		25	min	0.42	horas		
Tiempo de filtración		85	min	1.42	horas		
Tiempo de lavado		20	min	0.33	horas		
Tiempo total de ciclo de filtrado		105	min	1.8	horas		
Flujo de alimentación al filtro	Q	63.13	l/min	3.79	m ³ /h	2.84	m ³ /d
Presión de operación del filtro	P _{oprn}	7	kg/cm ²	99.54	psi		
Concentración de sólidos (grana cochinilla)	X _{Solidos}	5.95	%				
Gravedad específica	sg	0.981					
Concentración de sólido seco	X _{Seco}	25%					
Horas a operar al día el filtro		2	horas/d				
Ciclos al día		1	ciclos/día				
Sólidos a desagüar	W _{sólido a filtro}	168.96	kg/d				
Captura de sólidos		0.95					
Gravedad específica de la torta	Sg _{torta}	1.1					
Sólidos en la torta	W _{torta}	160.51	kg/d				
Sólidos procesados por hora	W _{sol proc/hora}	84.48	kg/h				
Volumen de la torta	V _{torta}	0.58	m ³ /d	580	l/d		
Volumen de filtrado	V _{filtrado}	2.26	m ³ /d	2260	l/d		
Tasa de filtración		10	kg/m ² h				
Área de filtrado	A _{filtrado}	8.45	m ²				
Porcentaje de agua de lavado respecto del filtrado		10%					
Agua de lavado		226	l/ciclo	0.226	m ³ /d		
Volumen de filtrado total	V _{filt Total}	2.486	m ³ /d	2486	l/d		
Sólidos en el filtrado	W _{sólidos filtrado}	8.45	kg/d				
Concentración de sólidos en el filtrado	X _{sólidos filtrado}	3.4	kg/m ³	3400	mg/l		

Filtro prensa producción extracto de carmín FL-02

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido manejado

Fluido	Agua-grana cochinilla						
Sólidos alimentados al tanque:	Wsol	168.96	kg/d	372.15	lb/d		
Volumen del tanque:	Vtanque	3731.35	litros	3.73	m ³		
Flujo alimentación al filtro:	Qalim	82.92	l/min	4.98	m ³ /h	3.73	m ³ /d
Porcentaje de sólidos en soln.:	Xsólidos	4.53	%				
Temperatura:	T	92	°C	197.6	°F		
Densidad:	ρ	950	kg/m ³		lb/ft ³		
Densidad relativa:	Sg	0.98	adimensional				
Concentración sólido seco:	Xsolseco	25%					
Captura de sólidos		0.95	adimensional				
Densidad relativa de la torta	Sg _{torta}	1.1	adimensional				
Tasa de filtración	Tasa filtr	10	kg/m ² h	2	lb/ft ² h		
Porcentaje de agua de lavado	H ₂ O lavado	10%					
Presión de operación filtro:	P _{oprn}	7	kg/cm ²	99.54	psi		

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$X_{\text{sólidos}} = \frac{\text{sólidos alimentados}}{\text{Volumen soln.}}$$

$$Q_{\text{alim}} = \frac{\text{Volumen soln.}}{\text{Tiempo alim. filtro}}$$

$$\text{Sólidos a desaguar} = \text{Sólidos alimentados} * \text{Captura}$$

$$\text{Área}_{\text{filtrado}} = \frac{\text{sólidos procesados /h}}{\text{tasa de filtración}}$$

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Valor	Unidad		
Sólidos alimentados al tanque	WST	168.96	kg/d	372.1586	lb/d		
Volumen en el tanque	V _{tanque}	3731.35	litros	2.7313	m ³		
Días a la semana a operar filtro		1	día/semana				
Tiempo de alimentación al filtro		45	min	0.75	horas		
Tiempo de compresión		15	min	0.25	horas		
Tiempo de extracción		25	min	0.42	horas		
Tiempo de filtración		85	min	1.42	horas		
Tiempo de lavado		20	min	0.33	horas		
Tiempo total de ciclo de filtrado		105	min	1.8	horas		
Flujo de alimentación al filtro	Q	82.92	l/min	4.98	m ³ /h	3.73	m ³ /d
Presión de operación del filtro	P _{oprn}	7	kg/cm ²	99.54	psi		
Concentración de sólidos (grana cochinilla)	X _{Solidos}	4.53	%				
Gravedad específica	sg	0.95					
Concentración de sólido seco	X _{Seco}	25%					
Horas a operar al día el filtro		2	horas/d				
Ciclos al día		1	ciclos/día				
Sólidos a desagüar	W _{sólido a filtro}	168.96	kg/d				
Captura de sólidos		0.95					
Gravedad específica de la torta	Sg _{torta}	1.1					
Sólidos en la torta	W _{torta}	160.51	kg/d				
Sólidos procesados por hora	W _{sol proc/hora}	84.48	kg/h				
Volumen de la torta	V _{torta}	0.58	m ³ /d	580	l/d		
Volumen de filtrado	V _{filtrado}	3.15	m ³ /d	2260	l/d		
Tasa de filtración		10	kg/m ² h				
Área de filtrado	A _{filtrado}	8.45	m ²				
Porcentaje de agua de lavado respecto del filtrado		10%					
Agua de lavado		315	l/ciclo	0.315	m ³ /d		
Volumen de filtrado total	V _{filt Total}	3.465	m ³ /d	3465	l/d		
Sólidos en el filtrado	W _{sólidos filtrado}	8.45	kg/d				
Concentración de sólidos en el filtrado	X _{sólidos filtrado}	2.44	kg/m ³	2440	mg/l		

Requerimientos de vapor para desencerado con acetona TL-01 (Kern, 1981)

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido a calentar

Fluido		Acetona				
Masa de fluido	W	731	kg	1611.58	lb	
Temperatura inicial	t ₁	20	°C	68	°F	
Temperatura final	T ₂	40	°C	104	°F	
Viscosidad	μ	0.29	cP	0.7	lbft-h	
Densidad	ρ	48	lb/ft ³			
Conductividad	k	0.1	BTU/hft ² °F/ft			
Calor específico	C _p	0.54	BTU/lb°F			
Diámetro tanque	D _T	1.13	m	3.7	ft	
Diámetro de impulsor	D _{impulsor}	12	in	1	ft	
Altura de operación del tanque	z	0.59	m	1.94	ft	
Velocidad del agitador	v	100	rpm	6000	rph	

2. Características de fluido de calentamiento

Fluido		Vapor de agua		
Viscosidad del agua	μ	1	cP	
Calor específico	C _p	1	BTU/lb°F	

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

$$j = \frac{h_j D_j}{k} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Donde: L= Longitud de la paleta del agitador (ft)

N= Velocidad del agitador (rph)

ρ= Densidad (lb/ft³)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Donde: j= factor de transferencia de calor

h_j= Coeficiente de transferencia de calor chaqueta(BTU/hft²°F)

D_j= Diámetro chaqueta (ft)

C= Calor específico del fluido a calentar(BTU/lb°F)

k= Conductividad eléctrica fluido a calentar (BTU/hft²°F/ft)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Temperatura de vapor requerido:	100 °C
Tiempo de calentamiento:	6 minutos
Masa de vapor:	266.38 kg

Requerimientos de vapor para EV-01

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido a calentar

Fluido		Acetona				
Masa de fluido	W	1462	kg	3223	lb	
Temperatura inicial	t ₁	20	°C	68	°F	
Temperatura final	T ₂	40	°C	104	°F	
Viscosidad	μ	0.29	cP	0.7	lbf-h	
Densidad	ρ	48	lb/ft ³			
Conductividad	k	0.1	BTU/hft ² °F/ft			
Calor específico	C _p	0.54	BTU/lb°F			
Diámetro tanque	D _T	1.13	m	3.7	ft	
Diámetro de impulsor	D _{impulsor}	12	in	1	ft	
Altura de operación del tanque	z	0.59	m	1.94	ft	
Velocidad del agitador	v	100	rpm	6000	rph	

2. Características de fluido de calentamiento

Fluido		Vapor de agua	
Viscosidad del agua	μ	1	cP
Calor específico	C _p	1	BTU/lb°F

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

$$j = \frac{h_j D_j}{k} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Donde: L= Longitud de la paleta del agitador (ft)

N= Velocidad del agitador (rph)

ρ= Densidad (lb/ft³)

μ= Viscosidad (lbf-h)

Donde: j= factor de transferencia de calor

h_j= Coeficiente de transferencia de calor chaqueta(BTU/hft²°F)

D_j= Diámetro chaqueta (ft)

C= Calor específico del fluido a calentar(BTU/lb°F)

k= Conductividad eléctrica fluido a calentar (BTU/hft²°F/ft)

μ= Viscosidad (lbf-h)

Temperatura de vapor requerido: 100 °C

Tiempo de calentamiento: 12.6 minutos

Masa de vapor: 139.53 kg

Requerimientos de vapor para producción extracto de carmín

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido a calentar

Fluido		Agua				
Masa de fluido	W	4419	kg	9742	lb	
Temperatura inicial	t ₁	20	°C	68	°F	
Temperatura final	T ₂	92	°C	197.6	°F	
Viscosidad	μ	0.3	cP	0.73	lbft-h	
Densidad	ρ	62.15	lb/ft ³			
Conductividad	k	0.398	BTU/hft ² °F/ft			
Calor específico	Cp	1	BTU/lb°F			
Diámetro tanque	D _T	1.74	m	5.7	ft	
Diámetro de impulsor	D _{impulsor}	14	in	1.17	ft	
Altura de operación del tanque	z	1.87	m	6.14	ft	
Velocidad del agitador	v	100	rpm	6000	rph	

2. Características de fluido de calentamiento

Fluido		Vapor de agua		
Viscosidad del agua	μ	1	cP	
Calor específico	Cp	1	BTU/lb°F	

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

$$J = \frac{h_j D_j}{k} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Donde: L= Longitud de la paleta del agitador (ft)

N= Velocidad del agitador (rph)

ρ= Densidad (lb/ft³)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Donde: j= factor de transferencia de calor

h_j= Coeficiente de transferencia de calor chaqueta(BTU/hft²°F)

D_j= Diámetro chaqueta (ft)

C= Calor específico del fluido a calentar(BTU/lb°F)

k= Conductividad eléctrica fluido a calentar (BTU/hft²°F/ft)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Temperatura de vapor requerido: 100 °C

Tiempo de calentamiento: 92.4 minutos

Masa de vapor: 383.4 kg

Requerimientos de vapor para producción de carmín (extracción)

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido a calentar

Fluido		Agua			
Masa de fluido	W	3315	kg	7308	lb
Temperatura inicial	t ₁	20	°C	68	°F
Temperatura final	T ₂	92	°C	197.6	°F
Viscosidad	μ	0.3	cP	0.73	lbf-h
Densidad	ρ	62.15	lb/ft ³		
Conductividad	k	0.398	BTU/hft ² °F/ft		
Calor específico	C _p	1	BTU/lb°F		
Diámetro tanque	D _T	1.34	m	4.4	ft
Diámetro de impulsor	D _{impulsor}	12	in	1	ft
Altura de operación del tanque	z	1.45	m	4.76	ft
Velocidad del agitador	v	100	rpm	6000	rph

2. Características de fluido de calentamiento

Fluido		Vapor de agua			
Viscosidad del agua	μ	1	cP		
Calor específico	C _p	1	BTU/lb°F		

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

$$J = \frac{h_j D_j}{k} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Donde: L= Longitud de la paleta del agitador (ft)

N= Velocidad del agitador (rph)

ρ= Densidad (lb/ft³)

μ= Viscosidad (lbf-h)

Donde: j= factor de transferencia de calor

h_j= Coeficiente de transferencia de calor chaqueta(BTU/hft²°F)

D_j= Diámetro chaqueta (ft)

C= Calor específico del fluido a calentar(BTU/lb°F)

k= Conductividad eléctrica fluido a calentar (BTU/hft²°F/ft)

μ= Viscosidad (lbf-h)

Temperatura de vapor requerido: 100 °C

Tiempo de calentamiento: 114 minutos

Masa de vapor: 466 kg

Requerimientos de vapor para producción de carmín (extracción)

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido a calentar

Fluido		Agua				
Masa de fluido	W	3315	kg	7308	lb	
Temperatura inicial	t ₁	20	°C	68	°F	
Temperatura final	T ₂	92	°C	197.6	°F	
Viscosidad	μ	0.3	cP	0.73	lbft-h	
Densidad	ρ	62.15	lb/ft ³			
Conductividad	k	0.398	BTU/hft ² °F/ft			
Calor específico	Cp	1	BTU/lb°F			
Diámetro tanque	D _T	1.34	m	4.4	ft	
Diámetro de impulsor	D _{impulsor}	12	in	1	ft	
Altura de operación del tanque	z	1.45	m	4.76	ft	
Velocidad del agitador	v	100	rpm	6000	rph	

2. Características de fluido de calentamiento

Fluido		Vapor de agua		
Viscosidad del agua	μ	1	cP	
Calor específico	Cp	1	BTU/lb°F	

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

$$J = \frac{h_j D_j}{k} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Donde: L= Longitud de la paleta del agitador (ft)

N= Velocidad del agitador (rph)

ρ= Densidad (lb/ft³)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Donde: j= factor de transferencia de calor

h_j= Coeficiente de transferencia de calor chaqueta(BTU/hft²°F)

D_j= Diámetro chaqueta (ft)

C= Calor específico del fluido a calentar(BTU/lb°F)

k= Conductividad eléctrica fluido a calentar (BTU/hft²°F/ft)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Temperatura de vapor requerido: 100 °C

Tiempo de calentamiento: 114 minutos

Masa de vapor: 466 kg

Requerimientos de vapor para producción de carmín (laqueado)

BASE DE CÁLCULO:

1. Características de fluido a calentar

Fluido		Agua				
Masa de fluido	W	3651	kg	8049	lb	
Temperatura inicial	t ₁	40	°C	104	°F	
Temperatura final	T ₂	92	°C	197.6	°F	
Viscosidad	μ	0.3	cP	0.73	lbft-h	
Densidad	ρ	62.15	lb/ft ³			
Conductividad	k	0.398	BTU/hft ² °F/ft			
Calor específico	Cp	1	BTU/lb°F			
Diámetro tanque	D _T	1.31	m	4.3	ft	
Diámetro de impulsor	D _{impulsor}	12	in	1	ft	
Altura de operación del tanque	z	1.41	m	4.63	ft	
Velocidad del agitador	v	100	rpm	6000	rph	

2. Características de fluido de calentamiento

Fluido		Vapor de agua		
Viscosidad del agua	μ	1	cP	
Calor específico	Cp	1	BTU/lb°F	

ECUACIONES DE CÁLCULO

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{\mu}$$

$$J = \frac{h_j D_j}{k} \left(\frac{C \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

Donde: L= Longitud de la paleta del agitador (ft)

N= Velocidad del agitador (rph)

ρ= Densidad (lb/ft³)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Donde: j= factor de transferencia de calor

h_j= Coeficiente de transferencia de calor chaqueta(BTU/hft²°F)

D_j= Diámetro chaqueta (ft)

C= Calor específico del fluido a calentar(BTU/lb°F)

k= Conductividad eléctrica fluido a calentar (BTU/hft²°F/ft)

μ= Viscosidad (lbft-h)

Temperatura de vapor requerido: 100 °C

Tiempo de calentamiento: 114 minutos

Masa de vapor: 185.42 kg

5. EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA

En este capítulo se hace la revisión económica del proyecto a fin de determinar su factibilidad, con base en los resultados del estudio de mercado, el estudio técnico y el análisis financiero.

5.1 Análisis Financiero

Mediante el análisis financiero se identificó la inversión, la proyección de los ingresos y de los gastos. El estudio se realizó con base en la ingeniería básica preliminar desarrollada y con cotizaciones de los equipos más importantes, por lo que se éste proporciona una exactitud del $\pm 20\%$ (Peters *et al*, 2003). Por otra parte, la evaluación se realizó para un periodo de 10 años de vida del proyecto.

5.1.1 Inversión Total

En el Cuadro 48 se puede observar el monto de inversión total para el proyecto propuesto. La primera parte del cuadro presenta la información referente a la inversión de capital fijo, ésta se calculó con base en porcentajes basados en los costos de equipo para determinar los costos directos e indirectos.

Los porcentajes obtenidos para cada componente de la inversión de capital fijo se muestran en la columna identificada como % del equipo. Se podría pensar que los porcentajes asignados a los materiales, considerando instalación, son bajos, con respecto a los que por ejemplo muestra Peters *et al*, 2003 considerando los diferentes tipos de plantas existentes. Sin embargo, esto se debe a que al equipamiento presente en la planta (básicamente tanques y bombas) se le aplican porcentajes pequeños para materiales e instalación aunado a que es una planta con poca instrumentación y varios de los equipos ya cuentan con ella.

Por otra parte, el cuadro nos muestra que el factor que más pesa en la inversión, y que incluso llega a ser mayor que el equipamiento, es el terreno, esto debido a que la producción de grana cochinilla es altamente demandante de área.

En segundo lugar el Cuadro 47 muestra el capital de trabajo, el cual se consideró el 5% sobre el monto del equipo, para dar una inversión total de \$1,572,524.18 dólares.

Cuadro 47. Capital Total de Inversión

Descripción	% sobre equipo	Costo dólares
Equipo	100%	\$530,062.04
Instalación de equipo	11.7%	\$ 62,123.27
Instalación de instrumentación	2.9%	\$ 15,318.79
Instalación de tuberías	11.2%	\$ 59,525.97
Instalación eléctrica	2.4%	\$ 12,933.51
Edificios (incluye servicios)	8%	\$ 42,404.96
Mejoramiento de suelos	3.5%	\$ 18,552.17
Terreno	109%	\$ 579,150.58
Instalaciones de servicios	10%	\$ 53,006.20
Costo total directo		\$ 1,373,077.50
Supervisión e ingeniería	8%	\$ 42,404.96
Gastos de construcción	6.5%	\$ 34,454.03
Gastos legales	2%	\$ 10,601.24
Contratistas	2%	\$ 10,601.24
Contingencia	5%	\$ 26,503.10
Costo total indirecto		\$ 124,564.58
Inversión de Capital Fijo		\$ 1,497,642.08
Capital de Trabajo	5%	\$ 74,882.10
INVERSIÓN TOTAL		\$ 1,572,524.18

5.1.2 Costo Total del Producto

La información de este apartado se calculó con base en los balances de materia para materias primas así como para los servicios requeridos en el proceso. Por otra parte, a partir de los diagramas de flujo y la secuencia de operación del proceso se procedió a la determinación del personal requerido por tipo de proceso unitario, de acuerdo a lo establecido por Peters *et al*, 2003.

5.1.2.1 Costos Variables

En los Cuadros 48 a 52 se puede observar los montos correspondientes a los costos variables de producción como son materias primas, mano de obra, etc.

En el Cuadro 48 se puede observar que el costo por materias primas por kilogramo de producto es de 213.04 dólares/año. De este costo, el mayor corresponde al pie de cría que será utilizado para la infestación del nopal en los invernaderos.

Cuadro 48. Monto de materias primas

Reactivo	Cantidad anual	Precio por kilogramo (pesos/kg)	Precio por kilogramo (dólares/kg)	Monto por reactivos (dólares/año)
Cochinilla (pie de cría)	870 kg	\$1,500.26	\$115.85	\$100,789.50
Acetona	15,421 litros	\$22.66	\$1.75	\$ 27,038.44
Extracto de cochinilla				
Etanol	210,000 litros	\$55.00	\$4.25	\$ 891,891.89
Carbonato de sodio	210 kg	\$7.12	\$0.55	\$115.50
Carmin de cochinilla				
Carbonato de sodio	2,520 kg	\$7.12	\$0.55	\$1,386.00
Ácido cítrico	2,940 kg	\$22.02	\$1.70	\$4,998.00
Sulfato de potasio y aluminio	3,360 kg	\$971.25	\$75.00	\$252,000.00
Costo anual de materias primas				\$1,278,219.33
Cantidad a producir	6,000 kg			
Costo por kilogramo de producto				\$213.04

En el Cuadro 49 se puede observar el requerimiento de mano de obra como una función del número y tipo de equipamiento. Los factores utilizados fueron los propuestos por Peters, *et al* 2003. Por otra parte, la estimación de mano de obra para las actividades de infestación y cosecha de grana cochinilla, se determinaron considerando que éstas se realizan cuatro veces al año, durante cuatro semanas. En este rubro se consideró también la mano de obra para el cuidado de los sembradíos de nopal así como las actividades de mantenimiento de los invernaderos.

Cuadro 49. Costo anual de mano de obra

Operación Unitaria	Número Operaciones unitarias	Turnos	Salario (dólares/día)	Trabajadores/ unidad*turno	Número de trabajadores	Costo anual mano de obra (dólares/año)
Reactores Batch	2	1	\$ 6.56	1	2	\$4,788.80
Evaporador	1	1	\$ 6.56	0.25	0.25	\$598.60
Filtro prensa	2	1	\$ 6.56	1	2	\$4,788.80
Cambiadores de calor	1	1	\$ 6.56	0.1	0.1	\$239.44
Actividades de infestación y cosecha	1	1	\$ 6.56	5	5	\$5,986.00
Costo Total Anual mano de obra				9.35		\$16,401.64
Monto por mano de obra/kg de producto						\$2.73

En el Cuadro 50 se muestra el monto por servicios auxiliares de la planta. Para el consumo energético, se consideró la tarifa de la CFE para baja tensión en un rango de 1 a 50 kWh. Como puede observarse el mayor costo lo constituye el tratamiento de desechos sólidos, las pencas de nopal usadas. Aunque, por otra parte, el material tratado será un ahorro en abonos para las plantaciones de nopal.

Cuadro 50. Costo de Servicios Auxiliares

Servicios	Cantidad anual	Precio unitario (MN/unidad)	Precio unitario (dólares/unidad)	Costo anual servicios (dólares/año)
Agua proceso desmineralizada (m ³ /año)	210,315	83.53	6.45	\$1,356.53
Agua de enfriamiento (m ³ /año)	855	2.10	0.16	\$138.49
Electricidad (kWh)	8,365	2.22	0.17	\$1,434.55
Vapor (kg/año)	49,865	83.53	6.45	\$321.63
Tratamiento de aguas (m ³ /año)	203	6.86	0.53	\$107.35
Tratamiento de desechos (pencas/año)	70,000	2.39	0.18	\$12,902.67
Total				\$16,261.23
Costo por kilogramo de producto				\$2.71

En el Cuadro 51 se observa el monto por mantenimiento y reparaciones para equipo y edificios, para el cálculo se consideraron los porcentajes sugeridos por Peters *et al*, 2003. Los cuales consideran del 2 al 20% del costo del equipo y para el caso de edificios como 3 a 4 % del costo de edificios.

Cuadro 51. Costo por mantenimiento

Descripción	Porcentaje	Costo anual (dólares/año)
Costo de equipo		\$530,062.04
Edificios		\$ 42,404.96
Mantenimiento y reparaciones equipo	5%	\$ 26,503.10
Mantenimiento y reparaciones edificios	3%	\$ 1,272.15
Costo Mantenimiento y Reparaciones		\$ 27,775.10

Por último en el Cuadro 52 se muestra el monto total del costo variable. Como puede observarse, la mayor parte del costo variable corresponde al concepto de materias primas, seguido por mantenimiento y refacciones.

Cuadro 52. Monto Total Costo Variable

Descripción	Porcentaje	Costo (dólares/año)
Materia prima		\$ 1,278,219.33
Mano de obra		\$ 16,401.64
Supervisión	5%	\$ 820.08
Servicios auxiliares		\$ 16,261.47
Mantenimiento y reparaciones		\$ 27,775.25
Suministro para operación	15%	\$ 4,166.29
Cargos de laboratorio	10%	\$ 1,640.16
Patentes		-
Catalizadores y solventes		-
Total Costos Variables		\$ 1,345,284.22

5.1.2.2 Costos Fijos

En lo referente a los costos fijos en los Cuadros 53 y 54 se presentan los resultados obtenidos para éstos.

El Cuadro 53 se puede observar la Cuadro de depreciación. Ésta fue calculada mediante el método Costo de recuperación acelerado modificado (MACRS por sus siglas en inglés), el cual está basado en el método clásico de doble balance declinante. El método permite cargos en cada año de recuperación que es dos veces la tasa promedio de recuperación sobre el remanente no depreciado para el periodo de recuperación total. El monto a depreciar fue el costo total fijo, sin considerar el terreno requerido para la planta.

Cuadro 53. Cuadro Depreciación acelerada

Periodo de recuperación	1	2	3	4	5	6	Total
Porcentaje de amortización	20%	32%	19.2%	11.52%	11.52%	5.76	100%
Monto a amortizar	183,698.30	293,917.28	176,350.37	105,810.22	105,810.22	52,905.11	918,491.50

Por otra parte, en el Cuadro 54 se puede observar el monto de costos fijos, sin depreciación. Los costos se consideraron en función de la inversión de capital fijo

Cuadro 54. Monto Costos Fijos

Descripción	Porcentaje	Costo (dólares/año)
Impuestos	2%	\$ 29,952.84
Financiamiento	-	\$ --
Seguros	1%	\$ 14,976.42
Renta	-	\$ --
Total Costos Fijos		\$ 44,929.26

Finalmente, en el Cuadro 55 se muestra la Cuadro de costo total del producto sin considerar la depreciación en el cálculo.

Cuadro 55. Costo Total del Producto

Descripción	% sobre equipo	Costo dólares
Materia prima		\$ 1,278,219.33
Mano de obra		\$ 16,401.64
Supervisión	5%	\$ 820.08
Servicios auxiliares		\$ 16,261.47
Mantenimiento y reparaciones		\$ 27,775.25
Suministro para operación	15%	\$ 4,166.29
Cargos de laboratorio	10%	\$ 1,640.16
Patentes		-
Catalizadores y solventes		-
Costos de Producción Variables		\$ 1,345,284.22
Impuestos	2%	\$ 29,952.84
Financiamiento	-	\$ --
Seguros	1%	\$ 14,976.42
Renta	-	\$ --
Costos de Producción Fijos		\$ 44,929.26
Costos de Overhead	20%	\$ 8,999.39
Costos Administrativos	3%	\$ 41,976.39
Distribución y mercadeo	2%	\$ 27,984.26
Investigación y desarrollo		\$ 27,984.26
Total Gastos Generales		\$ 97,944.90
Costo Total del Producto		\$ 1,497,157.78

5.1.3 Flujo de caja

Como precio base para la determinación del flujo de caja del proyecto, se consideró el precio de venta de 158 dólares por kilogramo, valor promedio para el periodo comprendido de 1993 a 2012. Con este precio de venta los flujos de caja dieron negativos para el tiempo de vida del proyecto.

Por esta razón se procedió a realizar un cálculo de flujo de caja para un precio de venta de 320 dólares por kilogramo de carmín. El resultado se puede observar en el Cuadro 56, bajo esta consideración, se comienza a tener flujos de caja positivos a partir del primer año de operación de la planta.

Por otra parte, se determinó el punto de equilibrio para el proyecto, el punto de equilibrio se da para 798.6 kilogramos de carmín con ingresos por venta de 255,552 dólares/año. Los resultados se pueden observar en la figura 21.

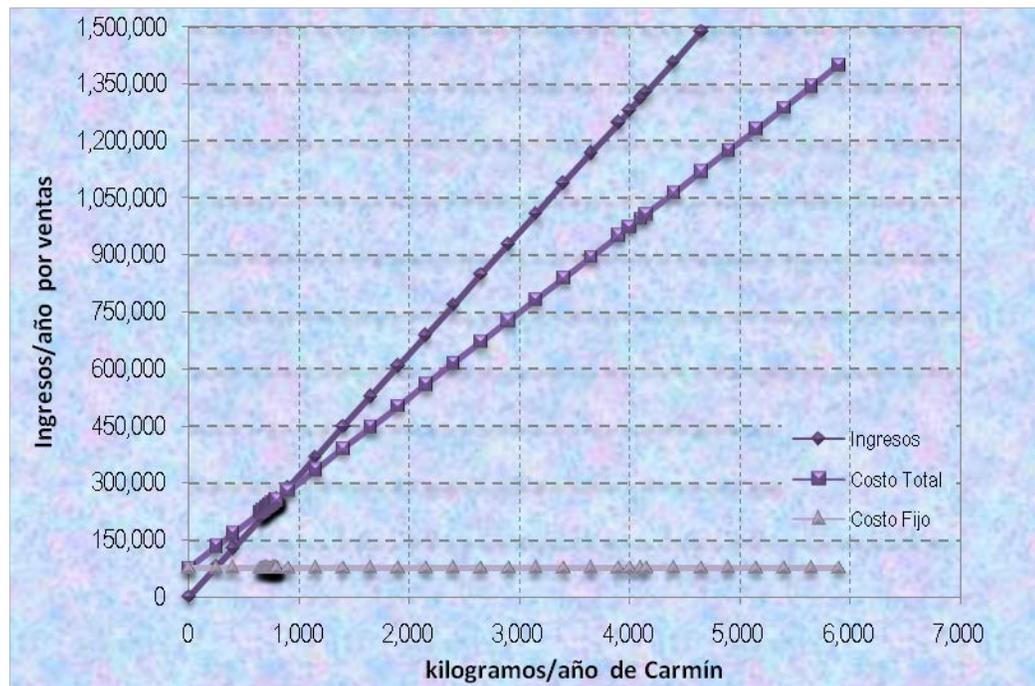


Fig. 20 Punto de equilibrio del proyecto para 320 dólares por kilogramo de carmín

Cuadro 56. Flujo de Caja del Proyecto

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Porcentaje de producción		30%	50%	70%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Producto kg/año		1,800	3,000	4,200	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Ingresos		576,000	960,000	1,344,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000	1,920,000
Costo de producción		403,585	672,642	941,699	1,345,284	1,345,284	1,345,284	1,345,284	1,345,284	1,345,284	1,345,284
Utilidad Bruta		172,415	287,358	402,301	574,716	574,716	574,716	574,716	574,716	574,716	574,716
Gastos administración		1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640	1,640
Gastos de ventas		44,915	44,915	44,915	44,915	44,915	44,915	44,915	44,915	44,915	44,915
Gastos de investigación		29,943	29,943	29,943	29,943	29,943	29,943	29,943	29,943	29,943	29,943
Depreciación		183,698.30	293,917.28	176,350.37	105,810.22	105,810.22	52,905.11				
Utilidad de Operación		-87,781.62	-83,057.44	149,452.62	392,407.51	392,407.51	445,312.62	498,217.73	498,217.73	498,217.73	498,217.73
Impuestos (ISR 30%)		0	0	44,835.79	117,722.25	117,722.25	133,593.78	149,465.32	149,465.32	149,465.32	149,465.32
Utilidad después de impuestos		-87,781.62	-83,057.44	104,616.83	274,685.26	274,685.26	311,718.84	348,752.41	348,752.41	348,752.41	348,752.41
Depreciación		183,698.30	293,917.28	176,350.37	105,810.22	105,810.22	52,905.11				
Flujo Neto Efectivo	-1,572,524.18	95,916.68	210,859.84	280,967.20	380,495.48	380,495.48	364,623.95	348,752.41	348,752.41	348,752.41	348,752.41

5.2 Evaluación Económica

5.2.1 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La evaluación económica se realizó mediante un criterio de evaluación que considera el valor del dinero en el tiempo, como es la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) se define como aquella tasa de descuento a la cual se iguala el valor presente neto de los flujos de caja generados por un proyecto y la inversión inicial utilizada en el proyecto (Ciceri, 2009).

De lo anterior tenemos:

$$I_0 = \frac{S_1}{(1+R)} + \frac{S_2}{(1+R)^2} + \dots + \frac{S_n}{(1+R)^n}$$

Que es lo mismo que

$$\sum_{n=1}^n \frac{S_n}{(1+R)^n} - I_0 = 0$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial

S_n = Flujo de caja al final del año n

R = Tasa Interna de Retorno, TIR

La aceptación o rechazo del proyecto está en función de la comparación de la TIR contra la tasa de descuento del proyecto k, por tanto

Si $R > k$ el proyecto se aceptará

Si $R < k$ el proyecto será rechazado.

La tasa interna de retorno se comparó contra la tasa de rendimiento para los CETES a 28 días, reportada por el Banco de México, para lo que va del año 2013. El valor promedio de tasa de rendimiento considerado fue de 8.92% (3.92 CETES + 5% de prima inflacionaria).

En la figura 22 se puede observar el resultado del cálculo para la Tasa Interna de Retorno, el cual reportó un valor de 12.8%, ligeramente superior al valor de la tasa de CETES para 28 días que se tomó como tasa de descuento, lo cual implicaría que el proyecto puede ser aceptado, pero que es susceptible a variaciones que lo pueden hacer no económicamente factible.

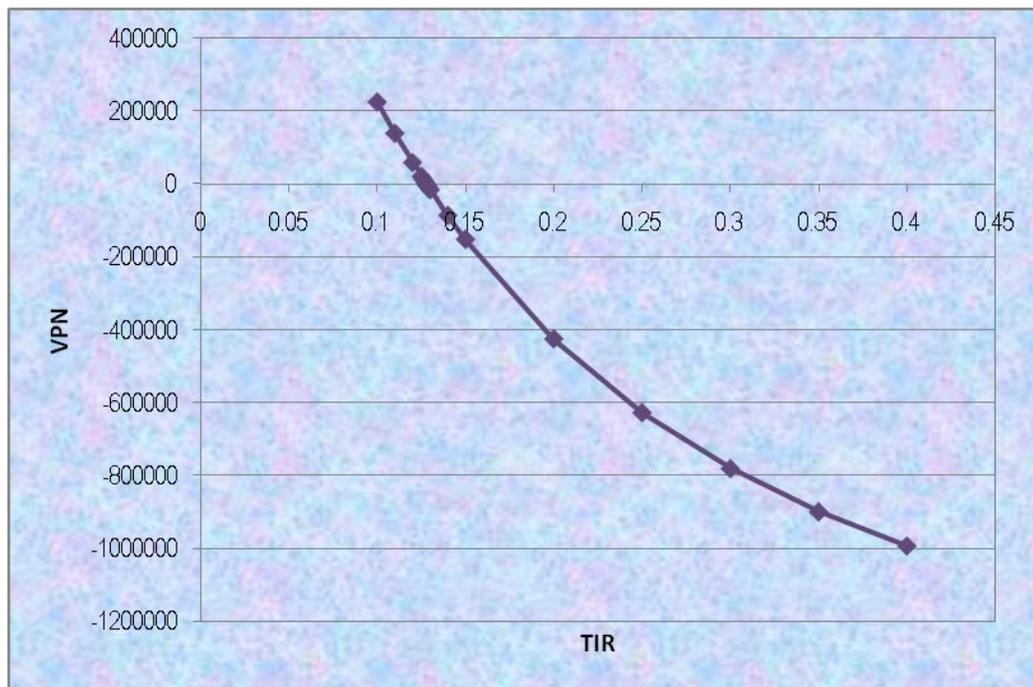


Fig. 21. Tasa Interna de Retorno

Debido a que como se observó, durante la evaluación económica, el proyecto es fuertemente dependiente del precio de venta se procedió a realizar un análisis de sensibilidad para determinar cómo afectan al proyecto las diferentes variables involucradas en él.

5.2.2 Análisis de Sensibilidad

Debido a que la información estadística encontrada presentó amplias variaciones a lo largo del periodo revisado, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad a fin de revisar cómo se

afecta la TIR ante diferentes escenarios que pueden causar incertidumbre. Las variables a revisar fueron: a) precio de venta, b) producción y c) costo variable de producción.

Se partió de la siguiente base:

Producción	6 toneladas de carmín al año
Precio de venta	320 dólares/kg de carmín
Costo variable unitario	224.21 dólares/kg de carmín

Las variables se modificaron de la siguiente forma

Producción	-15, -10, -5, 5, 10 y 15% de la producción base
Precio de venta	148, 243, 320, 400 y 500 dólares/kg de carmín
Costo variable unitario	-15, -10, -5, 5, 10 y 15% del costo variable base

Los resultados se muestran en los cuadros 57 a 59

Cuadro 57. Variación de la TIR contra precio de venta

Precio de venta (dólares/kg carmín)	148	243	320	400	500
TIR	-	-	12.8	29.41	44.6

Cuadro 58. Variación de la TIR contra producción de carmín

Producción (Ton/año)	1.5 (25%)	3 (50%)	4.5 (75%)	6 (100%)	7.5 (125%)	9 (150%)	10.5 (175%)
TIR	-	-	6.01	12.8	20.36	23.62	28

Cuadro 59. Variación de la TIR contra costos variables de producción

Costos Variables (dólares/año)	-15%	-10%	-5%	0	5%	10%	15%
TIR	20.72	18.26	15.61	12.8	9.77	6.48	2.82

Como puede observarse en los cuadros 57 a 59, el factor que más afecta al proyecto es el precio de venta y las oscilaciones que éste presenta en el mercado. En el análisis de sensibilidad se tomó un valor máximo de precio de venta de 500 dólares; esto debido a que del estudio de mercado se encontró que, para el periodo de 1993 a mediados de 2013, el máximo precio que se ha registrado es de 508.54 dólares por kilogramo de carmín. Como puede observarse, el proyecto es atractivo a partir de 400 dólares como precio de venta con una tasa interna de retorno de 29.41%.

Por otra parte, el proyecto resulta viable si se aumenta la producción a 7.5 toneladas de carmín al año, a un precio de venta de 320 dólares por kilogramo de carmín como puede verse en el cuadro 58. Bajo esta circunstancia la tasa interna de retorno se modifica a 20.36%. Esta opción implica incremento en el área de siembra del nopal requerido, y como se vio el terreno es una variable que impacta fuertemente la inversión.

Por último, al considerar el efecto en los costos variables de producción, en el cuadro 59 se puede observar que con un incremento del 5% en costos variables el proyecto ya no es viable.

Con base en los resultados para el caso base, seis toneladas de producción de carmín a un precio de venta de 320 dólares por kilogramo de carmín, el proyecto no resulta interesante para inversionistas privados. Sin embargo, el proyecto puede ser visto desde la perspectiva de proyecto social, el cual puede ser una opción para retener a las personas que son expulsadas hacia Estados Unidos para buscar la opción laboral que no encuentran aquí.

6. RESULTADOS

De la revisión de la información se encontró que:

1. Los colorantes de grana cochinilla pueden ser sustituidos por colorantes fosfatados, soluciones etanólicas y pigmentos naturales de origen animal y vegetal. Sin embargo, se ha comprobado que el colorante de la grana cochinilla es de mayor calidad y estabilidad que cualquiera de sus posibles sustitutos, razón por la cual la competencia no es real.
2. A pesar de que el origen de la grana cochinilla está referido a México, la producción de ésta en el país es incipiente. Los países líderes en producción de grana cochinilla, así como de los diferentes derivados son: Perú y Chile.
3. En Perú, existen diferencias en tecnificación en las tres áreas productoras de grana cochinilla. El nivel de tecnificación en las diferentes zonas varía de bajo, intermedio a alto para Ayacucho, Lima y Arequipa, respectivamente.
4. Ayacucho, la zona de menor tecnificación, realiza estudios que analizan la cadena productiva de la grana cochinilla, a fin de determinar la competitividad con las otras zonas productoras, establecer los puntos críticos y tomar un plan de acción para el fortalecimiento de la producción, a fin de mejorar sus resultados. En contraste, en México no se encontró ningún trabajo que tuviera ese tipo de enfoque.
5. Perú, mediante la Asociación de Exportadores ADEX, posee un acervo estadístico importante, donde se documentan las importaciones y exportaciones para grana cochinilla y los colorantes derivados. Este banco de datos contiene información acerca de montos en dólares, descripción del producto, cantidades, región de procedencia, aduana por las que entra o sale, país importador o exportador de los diferentes productos, así como las aduanas de los países exportadores e importadores y la empresa que está realizando la operación.
6. En el caso de Chile, la producción de grana cochinilla está limitada desde el año 2000, a través de la resolución No. 1954/SAG, al norte del río Choapa, "Norte Chico" o región de Coquimbo bajo estrictas condiciones de bioseguridad y se encuentra en la lista de plagas cuarentenarias del país.

7. Chile, a diferencia de Perú, cuenta con estadísticas generales que no permiten conocer a fondo su mercado.
8. Actualmente, en Chile solo sobreviven dos empresas productoras de grana cochinilla Lila y Foodsafe Chile S.A.
9. La empresa Foodsafe oferta proyectos de producción de grana cochinilla con acompañamiento técnico en América Latina y África con la opción de compra completa de la producción a fin de complementar sus requerimientos. Razón por la cual, pese a las restricciones oficiales de producción, Chile sigue siendo el segundo país líder en producción. Adicionalmente, en México esta misma empresa da asesoría a la transformadora Altecsa establecida en Huamantla, Tlaxcala.
10. De acuerdo a la información proporcionada por Antonio Bustamante Director-Gerente de Foodsafe Chile S.A., se puede conseguir grana cochinilla *ad-libitum* en el mercado a menos de 20 dólares/kilogramo de cochinilla seca.
11. En lo que respecta a España, a quién se ubica como tercer país productor de grana cochinilla, no se pudo acceder a bases de datos para grana y carmín de cochinilla.
12. Mediante publicaciones locales se encontró que la producción de grana cochinilla en Las Islas Canarias, España, dista mucho de ser el tercer país productor como se menciona en varias referencias, y que su situación se acerca más a la condición de México como productora.
13. En Lanzarote, Islas Canarias, en 2010 se procedió a la creación de un Centro de Transformación de la Cochinilla, a fin de potenciar una industria que abarcaría la producción, transformación, comercialización e investigación. El centro contaría con una planta con capacidad para procesar 10 ton/año de cochinilla seca. Sin embargo, de acuerdo con periódicos locales, el centro se construyó, pero no se procesó ni un kilogramo de grana cochinilla.
14. Por otra parte, Lorenzo Pérez, exportador de la única marca comercial de cochinilla autorizada del archipiélago, Canaturex, solicitó en 2012 al gobierno de Canarias la creación de un sello RUP para la cochinilla, que funcionaría como una denominación de

origen y ha hecho una propuesta de norma de calidad a fin de regular aspectos como la seguridad y la trazabilidad de ésta.

15. De acuerdo a lo comentado al periódico Canarias 7 por el empresario Pérez el cultivo canario de cochinilla languidece a consecuencia de la falta de apoyo de la administración regional y la feroz competencia que ejercen Perú y Chile.
16. En lo que se refiere a México, a diferencia de Perú, no se cuenta con un banco de datos completo, la información existente es omisa y dispersa. Y para el caso de los colorantes de grana cochinilla, no existe una partida arancelaria que abarque a éstos únicamente, como si lo existe en los países miembros de la ALADI, razón por la cual se tuvo que determinar los datos de importaciones y exportaciones de carmín de grana cochinilla y los demás derivados a partir de la información reportada por la Asociación de Exportadores de Perú ADEX.
17. En julio de 1999 se creó en México el Programa Nacional de la Grana Cochinilla a fin de fomentar el desarrollo sustentable en regiones de atención prioritaria como las áridas y semiáridas, donde se pudiera desarrollar la agroindustria de la grana cochinilla. Sin embargo, no se ven resultados palpables que demuestren la existencia de una agroindustria, si no fuerte en vías de desarrollo, lo cual contradice al mismo Programa cuando establece que a nivel mundial existen ejemplos de sistemas de producción y comercialización de grana que han sido exitosos.
18. De la revisión de la información, se encontró que existe producción de grana cochinilla en variantes que van desde los campos productores bien establecidos como el caso del emblemático Campo Carmín en el estado de Morelos, el cual tiene una demanda de 80 ton/año, a la producción de traspatio que realizan campesinos a fin de obtener una entrada adicional a sus ingresos.
19. La producción de grana cochinilla se encuentra dispersa por todo el territorio nacional y de acuerdo a fuentes periodísticas, la producción de ésta es practicada por grupos tan inimaginables como Antorcha Campesina.
20. La mayoría de los pequeños grupos productores de grana cochinilla, son cautivos de los grupos grandes como lo es Campo Carmín, quien compra la producción de los pequeños productores para satisfacer su demanda. Campo Carmín orienta, entre otros

grupos a Antorcha Campesina en la producción de grana cochinilla, con el compromiso de que le venda su producción.

21. Durante la búsqueda de información se encontró que existen dependencias y programas gubernamentales que otorgan apoyo a los productores de grana cochinilla, entre estas dependencias se encuentra SAGARPA, SEDATU, FIRA y CONAFOR, estos apoyos están orientados a empresas constituidas por mujeres, principalmente, y exclusivamente a la producción de grana cochinilla, no a la producción de los derivados de grana cochinilla, que son los de mayor valor agregado.
22. En lo referente al estudio de mercado. De las estadísticas de Perú, se observa que, como grana cochinilla la que exporta en un 87%, es grana cochinilla de primera calidad y de los derivados 35% se exporta como carmín de cochinilla.
23. Con respecto al precio, se encontró que las gráficas de precio en el que Perú vende la grana cochinilla y el carmín, presentan un comportamiento idéntico. Presentan dos picos máximos en los años 1996 y 1997 después se presenta un periodo estable de bajos precios hasta que en 2010 se presente el tercer pico. Los precios máximos fueron 81.56, 508.54; 72.82, 387.50 y 92.87, 322 dólares por kilogramo de grana cochinilla y carmín respectivamente para los años 1996, 1997 y 2010.
24. De las figuras 9 y 13 se observa que el precio de los derivados de grana cochinilla es del orden de cinco veces, en promedio, con respecto al precio de venta de la grana cochinilla, que es la materia prima.
25. También se encontró que en el mercado de la grana cochinilla y sus derivados, los países líderes controlan la producción y por lo tanto la oferta y el precio de los productos.
26. El mercado de la grana cochinilla está sobre ofertado por parte de los países líderes, lo cual provoca la caída de los precios.
27. Por otra parte, en el caso de México se presenta una situación de oligopsonio con los compradores, pues las pocas empresas compradoras influyen en los precios que se les paga a los pequeños y medianos productores.

-
28. Con la información de la sección 2.3 del estudio de mercado, referente a la demanda nacional, se estableció que por lo menos en el país existe una demanda de 180 ton/año de grana cochinilla seca, por parte de dos productores de colorantes. Con base en esta información se determinó que la sección de producción de grana tuviera capacidad para producir 22.7 ton/año de cochinilla seca, 12.6% de la demanda confirmada. Con esa cantidad de grana cochinilla seca, la capacidad de la planta de colorantes es de seis toneladas de carmín al año, tres ton/año de extracto de carmín número 5 y tres ton/año de carmín de grana cochinilla.
29. En lo que se refiere a grana cochinilla procedente de Perú, viene principalmente de Ayacucho y Arequipa y desde 2004 de Lima, a través de dos vías: marítima a Manzanillo y aérea a la Ciudad de México, Cuernavaca y Guadalajara.
30. Con respecto al carmín, éste proviene de Lima, Arequipa y Callao e ingresa al país por vía aérea a la Ciudad de México, esporádicamente a Toluca, Lerma y Mérida. Mientras que entra por vía marítima a Manzanillo y esporádicamente a Acapulco.
31. En lo que respecta a los procesos a utilizar, de la selección de tecnología, la cual consideró factores técnicos, económicos (con relación a la cantidad de equipamiento y materias primas), ambientales, de seguridad y de facilidad de operación. Para el extracto de cochinilla, se consideró la extracción acuosa y para el carmín de grana cochinilla se seleccionó el método Carré.
32. Con base en la evaluación tecnológica se desechó la producción de ácido carmínico por utilizar reactivos altamente contaminantes al medio ambiente, dañinos a la salud y por requerir equipamiento con mayor grado de dificultad en la operación.
33. De la evaluación tecnológica resultó que el proceso es técnicamente factible.
34. Por otra parte, para la evaluación económica, se determinó el punto de equilibrio para el proyecto, que resulta ser para una producción de 798.6 kilogramos de carmín al año, con ingresos de 255,552 dólares/año.
35. Con respecto a la Tasa Interna de Retorno, se obtuvo que ésta es del 12.8%, ligeramente superior, a la tasa de descuento considerada para el proyecto 8.92%. Lo cual no hace el proyecto atractivo para inversionistas privados, pero éste puede ser

tomado como un proyecto social, el cual sirva para retener a la gente que busca ir hacia Estados Unidos en busca de las oportunidades que no encuentra aquí.

36. Del análisis de sensibilidad se observó que el proyecto es atractivo considerando que el precio de venta es de 400 dólares/kg carmín o si se incrementa la producción a 7.5 ton de carmín/año. Lo anterior es posible de realizar con el equipamiento actual, únicamente incrementando la frecuencia de producción, pero se debe ser cuidadoso con la inversión para la compra de terreno, pues el proyecto es altamente dependiente de este recurso. Para el precio de compra de terreno, considerado en este trabajo, la inversión es tan importante como la inversión en equipamiento.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de este trabajo se puede concluir que:

1. Se lograron los objetivos propuestos en este trabajo, al conocer la demanda de grana cochinilla en el país, así como la obtención de información estadística del país líder. Por otra parte, se propuso procesos de producción, amigables con el medio ambiente y con tratamiento y reuso de las corrientes producidas.
2. En México existe una demanda de alrededor de 180 ton/año de grana cochinilla seca por parte de solo dos empresas productoras de colorantes. En este trabajo se identificaron al menos otras dos, pero no se encontró datos de consumos de grana cochinilla.
3. La grana cochinilla es consumida en la Ciudad de México, Cuernavaca, Guadalajara y Manzanillo, mientras que, el carmín se consume en la Ciudad de México, Manzanillo y esporádicamente en Toluca, Lerma, Mérida y Acapulco. La vía por la cual llegan los productos a los distintos puntos de compra es vía aérea a excepción de Manzanillo, donde llega vía marítima.
4. La extracción acuosa para la producción extracto de carmín es el método de producción que produce menor impacto al medio ambiente, así también la que utiliza menor cantidad de químicos y éstos no resultan peligrosos para el personal.
5. El método de Carré para la producción de carmín de grana cochinilla resulta ser la mejor opción por la inocuidad de los químicos a utilizar así como por las bajas cargas contaminantes que se generan en el proceso y el bajo equipamiento necesario.
6. Con base en la selección de la tecnología existente y el perfil del personal a operar la planta, se decidió no producir ácido carmínico pues en la producción de éste se utilizan ácidos así como plomo, los cuales pueden dañar la salud del personal y el medio ambiente.
7. El proceso propuesto, en su conjunto considerando la producción de grana cochinilla, produce desechos sólidos que son susceptibles de aprovechamiento mediante

composteo a fin de ser utilizado como abono para la producción de pencas de nopal, soporte de la grana cochinilla.

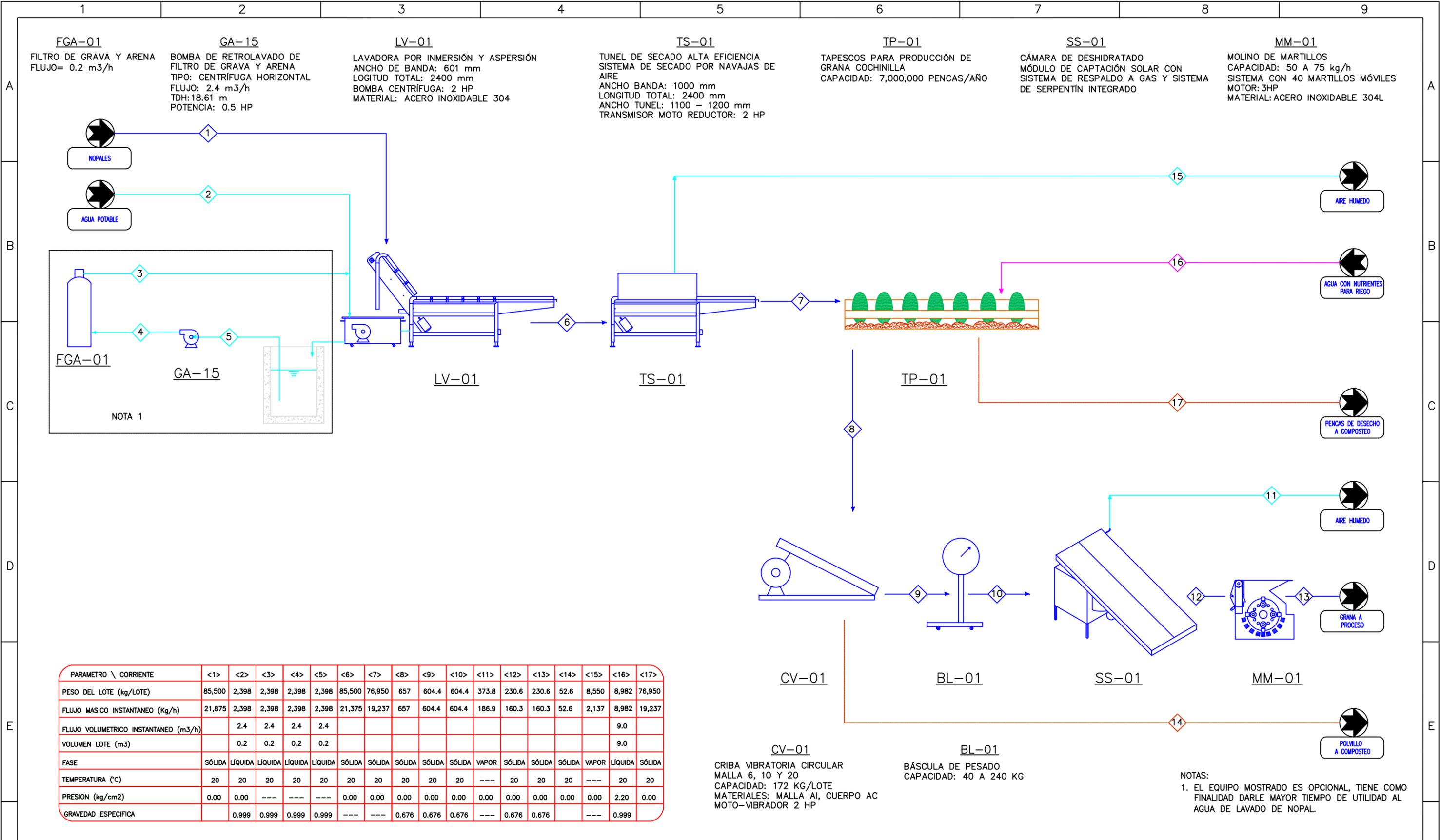
8. De la acetona utilizada para el desengrasado se puede recuperar el 75% de lo alimentado en el lote por lo que solo se tendrá que reponer el 25% en cada lote de desencerado.
9. En lo que se refiere a las corrientes de desecho líquidas, el tratamiento anaerobio al que se propone someterlas, produce agua de calidad para ser utilizada en el riego de las nopaleras, adicionalmente produce lodos que pueden ser usados junto con el material de composteo como abono, gracias a los nutrientes que posee.
10. Por todo lo anterior, los procesos productivos propuestos cumplen con ser tecnologías amigables con el medio ambiente, además contemplan la sustentabilidad del proceso mediante la recuperación de reactivos, solventes principalmente, así como el tratamiento y reuso de las corrientes líquidas y sólidas producidas en los procesos de transformación. Por tanto, es un proceso técnicamente factible.
11. Con respecto a la Tasa Interna de Retorno, se obtuvo que ésta es del 12.8%, ligeramente superior, a la tasa de descuento considerada para el proyecto 8.92%. Lo cual no hace el proyecto atractivo para inversionistas privados, pero éste puede ser tomado como un proyecto social, para ser una vía para retener a los pobladores de zona deprimidas del país en lugar de expulsarlos de sus lugares de origen, al ser utilizada localmente la mano de obra.
12. El proceso de producción de grana cochinilla es altamente dependiente del área y la inversión en terreno es tan importante como el monto en equipamiento de la planta productora. Este concepto se puede minimizar si los propietarios de terrenos participan en las figuras de asociación tipo cooperativas aportando sus terrenos como aporte al capital social. Con lo cual disminuiría el costo de inversión, con el beneficio de la conservación de la propiedad.
13. A fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las zonas más deprimidas del país se podrían implantar modelos de producción, tipo cooperativa, en la que los productores pasen de ser productores de "solar" a socios de la agroindustria y que ésta

no se quede solamente en producción de grana cochinilla, sino en productores de los derivados, los cuales poseen mayor valor agregado.

14. Establecer un mapa con la regionalización de las zonas con las mejores condiciones climatológicas propicias para proponer y/o migrar los cultivos a dichas zonas generando nuevos circuitos económicos en zonas desertificadas.
15. Derivado de las condiciones abióticas y climatológicas adversas en la crianza de la grana cochinilla en el país, se hace necesario para México optar por la vía de la innovación tecnológica a fin de acortar la brecha productiva que la separa de Perú y Chile, países líderes en la producción de grana cochinilla.
16. La existencia de un mercado potencial para la grana cochinilla y sus colorantes derivados hace necesario revisar los modelos que hasta la fecha se han propuesto para la producción de grana cochinilla, a fin de cambiar el paradigma de producción de ésta como una alternativa para elevar los ingresos de los campesinos de bajos recursos a producción masiva que permita sustituir las importaciones por producción nacional.
17. En el sentido de la innovación tecnológica se sugiere revisar, en los sistemas de producción de cochinilla, la aplicación de sistemas el balance nutricional de los suelos y la liberación de nutrientes tales como Nitrógeno, Fósforo y Calcio (este último casi siempre ignorado en los sistemas de fertilización) lo que incrementaría la velocidad de desarrollo de la masa vegetal y el incremento del volumen de ésta, de manera que se pudiera contar con mayor área para la infestación y mayor aprovechamiento de la superficie cultivable, lo cual podría repercutir en el probable incremento en los ciclos de producción y un consecuente incremento del rendimiento global del proceso.
18. La producción de la grana cochinilla es un proceso altamente dependiente de superficie, por tanto se recomienda explorar la vía de la sustitución del nopal por soportes sintéticos que lo simulen, basado en los trabajos de caracterización química que se tienen de éste, mediante la adición de los elementos que sirven de nutrientes a la grana cochinilla a fin de disminuir áreas para siembra de nopal, hacer más fácil y rápida la cosecha del insecto, incrementar la producción del insecto por pieza de soporte, así como incrementar la concentración de ácido carmínico al controlar la alimentación del insecto.

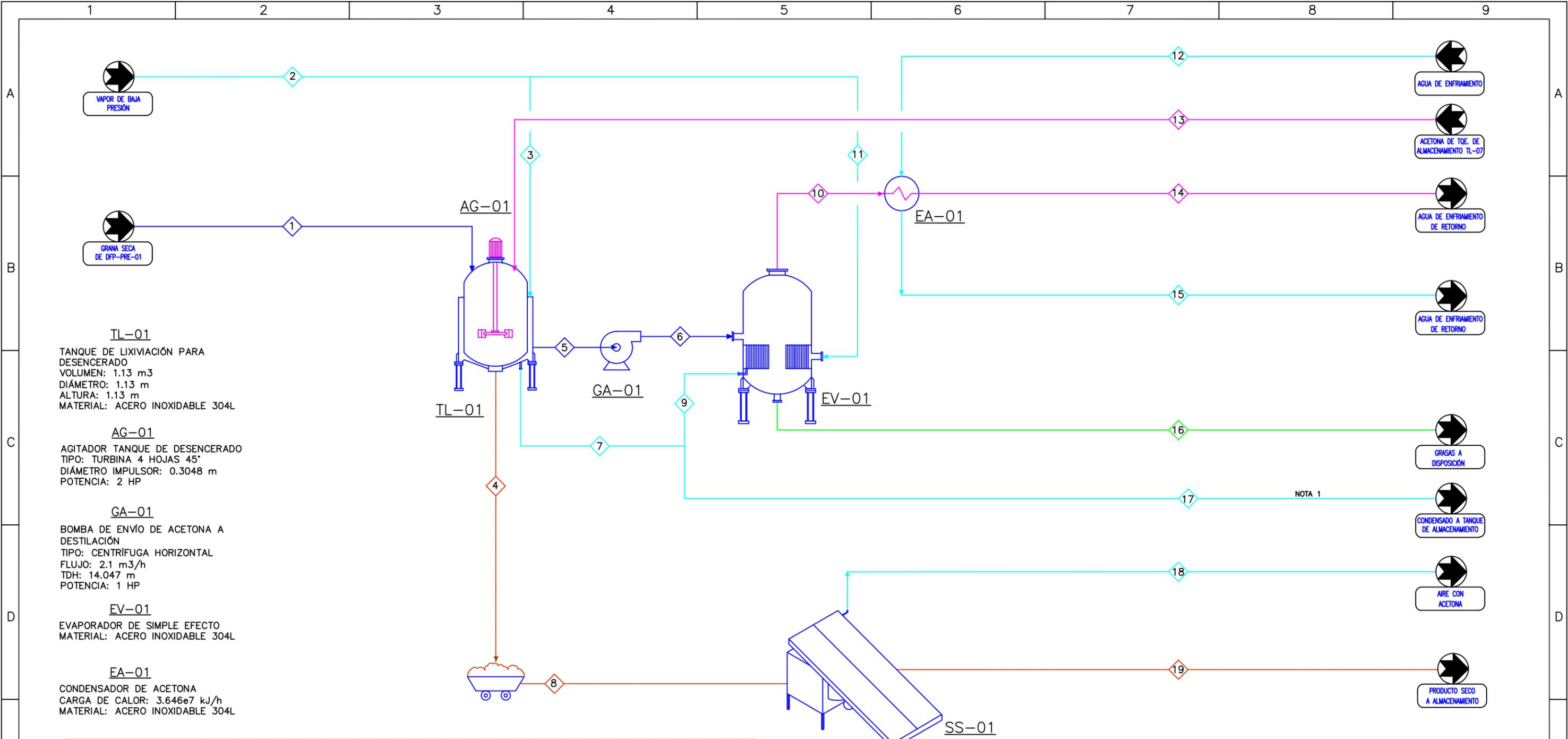
19. Investigar el desarrollo o la incorporación de materiales alternos, a los utilizados actualmente para los equipos y los medios de cultivo, a fin de abatir costos de inversión y extender el periodo de operación, espaciar los periodos de mantenimiento y alargar en general los periodos de vida útil de manera que se pueda contar con una proyección económica más favorable y atractiva. Por ejemplo, en el caso del cultivo en microambientes controlados requiere una dotación mucho más elevada que los simples sistemas de recolección, por lo que se requiere que los materiales utilizados, sean duraderos y altamente resistentes al intemperismo para no demandar su frecuente reparación o remplazo.
20. Se debe considerar la incorporación de ecotecnologías, tales como los calentadores solares, no sólo para el proceso central, sino también para los servicios, Tales como la generación de energía. (Existen condensadores solares cóncavos de diseño simple, que pueden generar temperaturas superiores a los 100 °C, por lo que se puede lograr generar vapor como medio de impulsión del proceso) considerando que las zonas de producción serán primordialmente rurales y considerando el continuo incremento de los costos de los energéticos.
21. Considerar en el análisis, el acceso a recursos de Banca de Desarrollo a fondo perdido, de manera tal que se pueda dar soporte al carácter plausible de los procesos productivos.
22. Con base en los comentarios de Bustamante, ubicar los ofertadores de cochinilla con bajos precios e incorporarlos al modelo a fin de obtener la cochinilla necesaria para la producción de los colorantes. Esto sin caer en el modelo de los grandes productores que hacen vendedores cautivos a los pequeños productores.

8. ANEXOS



PARAMETRO \ CORRIENTE	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>	<7>	<8>	<9>	<10>	<11>	<12>	<13>	<14>	<15>	<16>	<17>
PESO DEL LOTE (kg/LOTE)	85,500	2,398	2,398	2,398	2,398	85,500	76,950	657	604.4	604.4	373.8	230.6	230.6	52.6	8,550	8,982	76,950
FLUJO MASICO INSTANTANEO (Kg/h)	21,875	2,398	2,398	2,398	2,398	21,375	19,237	657	604.4	604.4	186.9	160.3	160.3	52.6	2,137	8,982	19,237
FLUJO VOLUMETRICO INSTANTANEO (m3/h)		2.4	2.4	2.4	2.4											9.0	
VOLUMEN LOTE (m3)		0.2	0.2	0.2	0.2											9.0	
FASE	SÓLIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	VAPOR	SÓLIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	VAPOR	LÍQUIDA	SÓLIDA
TEMPERATURA (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	---	20	20	20	---	20	20
PRESION (kg/cm2)	0.00	0.00	---	---	---	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00
GRAVEDAD ESPECIFICA		0.999	0.999	0.999	0.999	---	---	0.676	0.676	0.676	---	0.676	0.676	---	---	0.999	

FACULTAD DE QUIMICA UNAM										DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO ACTIVIDADES PRELIMINARES Y ACONDICIONAMIENTO							
UNAM										UNIDAD: SECCION:							
No. TITULO										CALCULO: R.M.B.G.		DIBUJO: R.M.B.G.		PROYECTO No. --		REV	
PLANOS DE REFERENCIA										REVISO: --		ESCALA: SIN		CONTRATO No. --		△	
APROBADO POR FIRMA FECHA										APROBO: --		FECHA: 01-MAR-2013		PLANO No. DFP-PRE-01			
1 2 3 4 5 6 7										8		ARCHIVO No. T-DF-01					



TL-01
 TANQUE DE LIXIVIACIÓN PARA DESENCERADO
 VOLUMEN: 1.13 m³
 DIÁMETRO: 1.13 m
 ALTURA: 1.13 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

AG-01
 AGITADOR TANQUE DE DESENCERADO
 TIPO: TURBINA 4 HOJAS 45°
 DIÁMETRO IMPULSOR: 0.3048 m
 POTENCIA: 2 HP

GA-01
 BOMBA DE ENVÍO DE ACETONA A DESTILACIÓN
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 FLUJO: 2.1 m³/h
 TDH: 14.047 m
 POTENCIA: 1 HP

EV-01
 EVAPORADOR DE SIMPLE EFECTO
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

EA-01
 CONDENSADOR DE ACETONA
 CARGA DE CALOR: 3.646e7 kJ/h
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

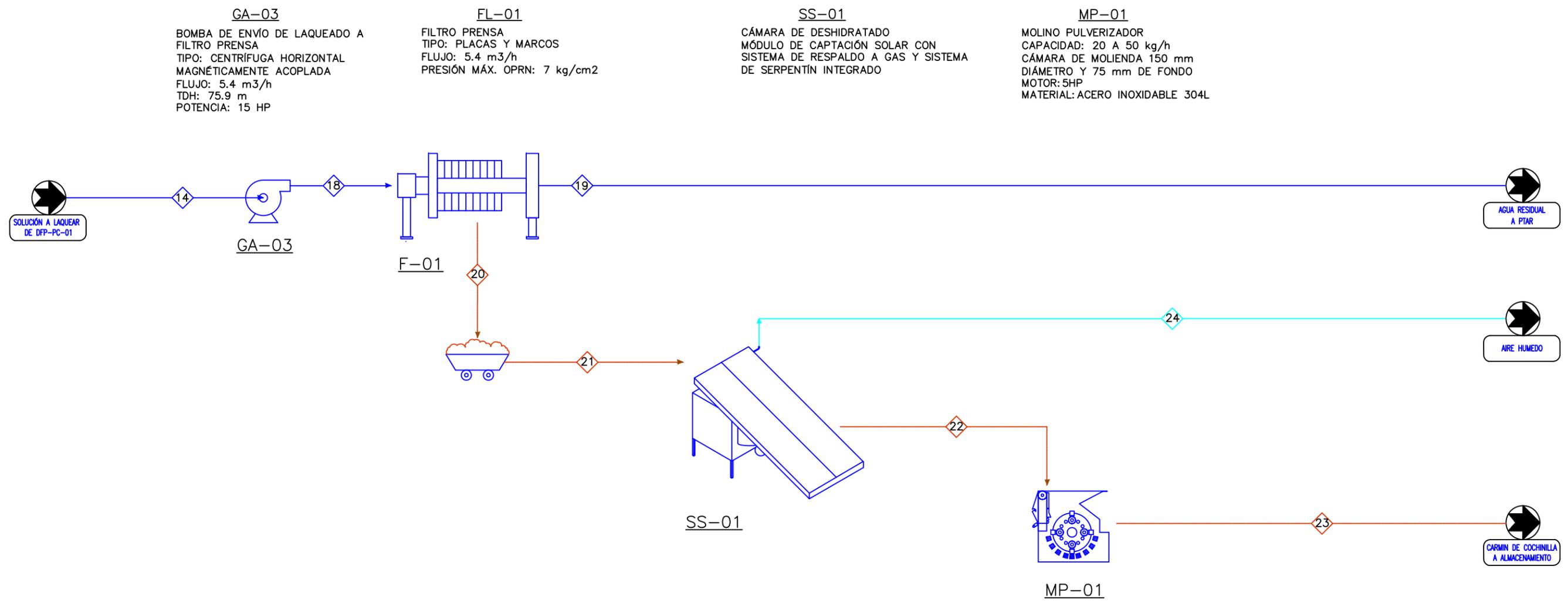
PARAMETRO \ CORRIENTE	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>	<7>	<8>	<9>	<10>	<11>	<12>	<13>	<14>	<15>	<16>	<17>	<18>	<19>
PESO DEL LOTE (kg/LOTE)	230.6	88.00	29	275.8	1,495	1,495	29	275.8	58.6	1,462	58.6	22,190	1,462	1,491	22,190	4.61	88.00	103.8	221.4
FLUJO MASICO INSTANTANEO (Kg/h)	1,380	546	266.6	551.6	2,990	2,990	266.6	551.6	279.3	1,462	279.3	11,095	8,772	1,491	11,095	4.61	546	34.6	73.8
FLUJO VOLUMETRICO INSTANTANEO (m3/h)					4.00	4.00				1.84		10.97	6.10	1.84	10.97				0.045
VOLUMEN LOTE (m3)					1.92	1.92				1.84		21.95	1.84	1.84	21.95				
FASE	SÓLIDA	VAPOR	VAPOR	SÓLIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	SÓLIDA	LÍQUIDA	VAPOR	VAPOR	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	VAPOR	SÓLIDA
TEMPERATURA (°C)	20	100	100	20	40	40	100	20	100	50	100	20	20	50	30	56.5	100		20
PRESION (kg/cm2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.47	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
DENSIDAD (kg/L)	0.676	0.597	0.597	0.676	0.769	0.769	0.597	0.676	0.597	0.758	0.597	1.011	0.792	0.758	1,004	0.672	0.597	0.792	0.676

SS-01
 CÁMARA DE DESHIDRATADO
 MÓDULO DE CAPTACIÓN SOLAR CON SISTEMA DE RESPALDO A GAS Y SISTEMA DE SERPENTÍN INTEGRADO

NOTA 1

NOTAS:

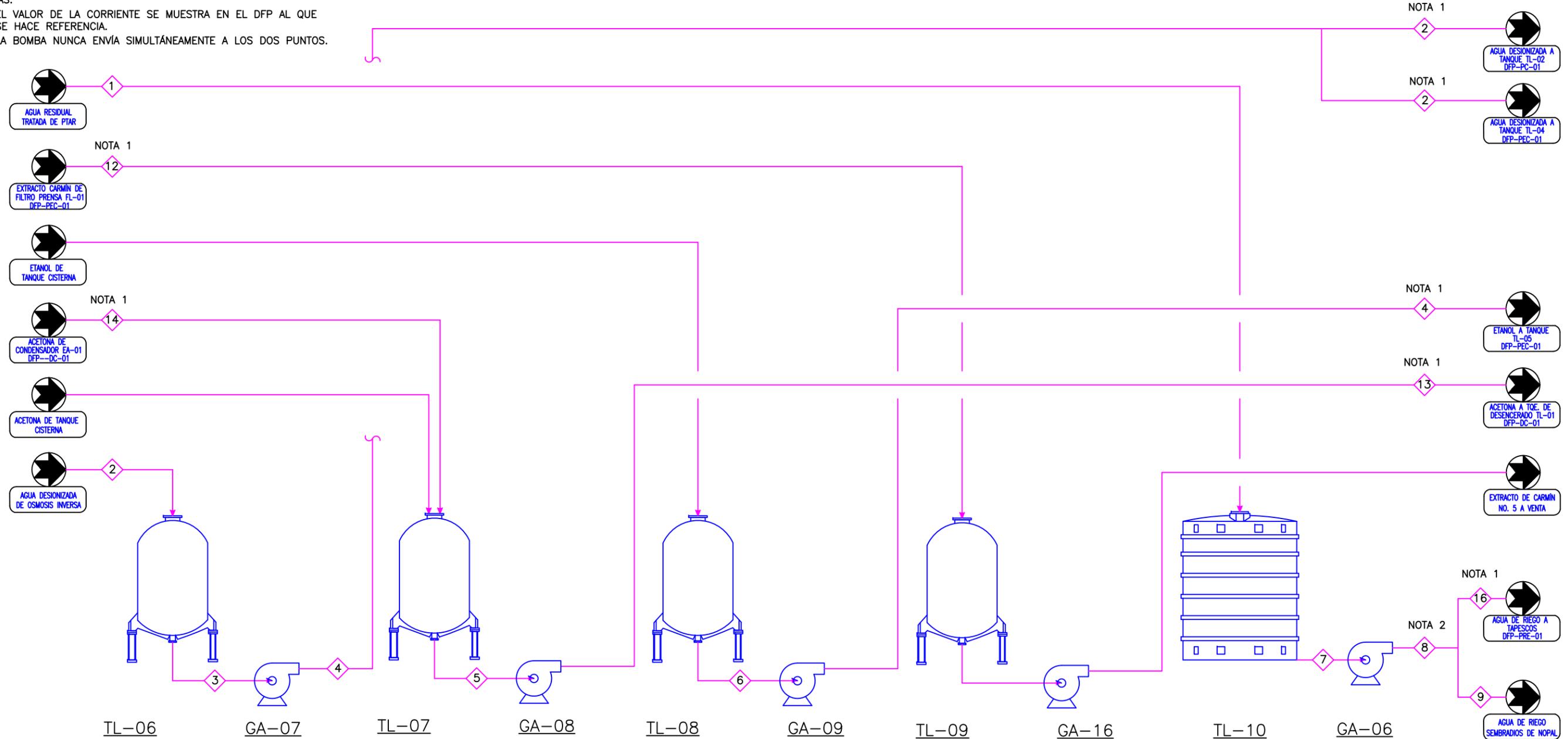
FACULTAD DE QUIMICA UNAM										DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DESENCERADO									
UNIDAD:										SECCION:									
CALCULO: R.M.B.G.					DIBUJO: R.M.B.G.					PROYECTO No: --					REV				
REVISO: --					ESCALA: SIN					CONTRATO No: --					△				
APROBO: --					FECHA: 01-MAR-2013					PLANO No: DFP-DC-01					ARCHIVO No: T-DF-02				
REVISIONES										REVISIONES									
1										2									
3										4									
5										6									
7										8									
PLANOS DE REFERENCIA										APROBADO POR FIRMA FECHA									



PARAMETRO \ CORRIENTE	<14>	<18>	<19>	<20>	<21>	<22>	<23>	<24>
PESO DEL LOTE (kg/LOTE)	3,722	3,722	3,691	30.85	30.85	28.85	28.85	2.00
FLUJO MASICO INSTANTANEO (Kg/h)	4,963	4,963	4,922	41.13	41.13	38.46	38.46	2.00
FLUJO VOLUMETRICO INSTANTANEO (m3/h)		4.98	5.01					
VOLUMEN LOTE (m3)		3.74	3.72					
FASE	LÍQUIDA	LÍQUIDA	LÍQUIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	SÓLIDA	VAPOR
TEMPERATURA (°C)	92	92	92	92	92	--	--	--
PRESION (kg/cm2)	0.00	7.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.981	0.981	0.981	0.995	0.995	0.995	0.995	0.597

FACULTAD DE QUIMICA UNAM										DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PRODUCCION CARMIN 2/2									
										UNIDAD: SECCION:									
										CÁLCULO: R.M.B.G. DIBUJO: R.M.B.G. PROYECTO No. -- REV									
										REVISO: --- ESCALA: SIN CONTRATO No. ---									
										APROBO: --- FECHA: 01-MAR-2013 PLANO No. DFP-PC-02 ARCHIVO No. T-DF-04									
REVISIONES										REVISIONES									
1										2									
3										4									
5										6									
7										8									
PLANOS DE REFERENCIA										APROBADO POR FIRMA FECHA									

- NOTAS:
- EL VALOR DE LA CORRIENTE SE MUESTRA EN EL DFP AL QUE SE HACE REFERENCIA.
 - LA BOMBA NUNCA ENVÍA SIMULTÁNEAMENTE A LOS DOS PUNTOS.



PARAMETRO \ CORRIENTE	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>	<7>	<8>	<9>
PESO DEL LOTE (kg/LOTE)	3,720	4,000	4,000	4,000	922.4	3,498	22,100	9,000	22,100
FLUJO MASICO INSTANTANEO (Kg/h)	3,720	1,000	26,515	26,515	4,386	13,990	22,100	9,000	22,100
FLUJO VOLUMETRICO INSTANTANEO (m3/h)	3.72	1.00	26.56	26.56	5.53	20.30	22.1	9.00	22.1
VOLUMEN LOTE (m3)	3.72	4.00	4.00	4.00	0.92	4.42	22.1	9.00	22.1
FASE	LIQUIDA								
TEMPERATURA (°c)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
PRESION (kg/cm2)	0.95	0.95	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	3.39	3.39
GRAVEDAD ESPECIFICA	1.00	1.00	1.00	1.00	0.79	0.790	1.00	1.00	1.00

TL-06
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DESIONIZADA
 VOLUMEN: 4.04 m3
 DIÁMETRO: 1.37 m
 ALTURA: 2.74 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

TL-07
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACETONA
 VOLUMEN: 2.27 m3
 DIÁMETRO: 1.13 m
 ALTURA: 2.26 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

TL-08
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ETANOL
 VOLUMEN: 4.31 m3
 DIÁMETRO: 1.40 m
 ALTURA: 2.80 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

TL-09
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE EXTRACTO DE CARMÍN
 VOLUMEN: 10.6 m3
 DIÁMETRO: 1.89 m
 ALTURA: 3.78 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

TL-10
 TANQUE DE PREPARACIÓN DE NUTRIENTES
 VOLUMEN: 25 m3
 DIÁMETRO: 3.00 m
 ALTURA: 3.90 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

GA-06
 BOMBA DE RIEGO A TAPESCOS Y PARCELAS
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 FLUJO: 22.10 m3/h
 TDH: 33.4 m
 POTENCIA: 3 HP

GA-07
 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA DESIONIZADA A PROCESO
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 FLUJO: 26.57 m3/h
 TDH: 7.54 m
 POTENCIA: 1 HP

GA-08
 BOMBA DE ENVÍO DE ACETONA A TANQUE DE DESENCERADO
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 FLUJO: 6.10 m3/h
 TDH: 5.84 m
 POTENCIA: 1 HP

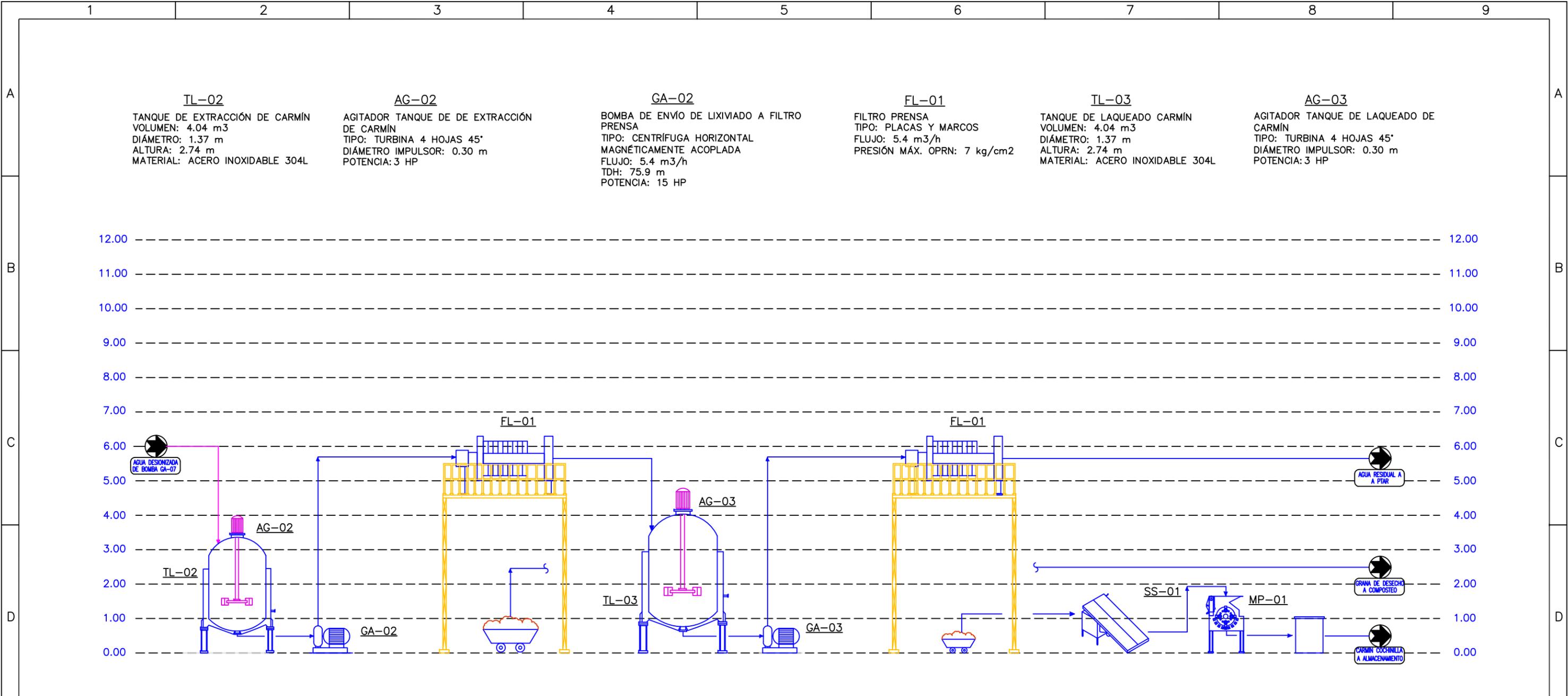
GA-09
 BOMBA DE ENVÍO DE ETANOL A TANQUE DE REPOSO EXTRACTO DE CARMÍN
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 FLUJO: 20.27 m3/h
 TDH: 7.57 m
 POTENCIA: 1 HP

REV	REVISIONES	PROCESO FECHA	CIVIL FECHA	MECANICO FECHA	ELECTRICO FECHA	INSTRUMENT. FECHA	CLIENTE FECHA	REV	REVISIONES	PROCESO FECHA	CIVIL FECHA	MECANICO FECHA	ELECTRICO FECHA	INSTRUMENT. FECHA	CLIENTE FECHA	No.	TITULO
1																	PLANOS DE REFERENCIA
																	APROBADO POR
																	FIRMA
																	FECHA

FACULTAD DE QUIMICA
UNAM

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
TANQUES DE ALMACENAMIENTO REACTIVOS

UNIDAD:	R.M.B.G.			SECCION:	R.M.B.G.		
CALCULO:	---	DIBUJO:	---	PROYECTO No:	---	REV	---
REVISO:	---	ESCALA:	SIN	CONTRATO No.	---		---
APROBO:	---	FECHA:	01-MAR-2013	PLANO No.	DFP-ALM-01		---
				ARCHIVO No.	T-DF-06		



TL-02
 TANQUE DE EXTRACCIÓN DE CARMÍN
 VOLUMEN: 4.04 m³
 DIÁMETRO: 1.37 m
 ALTURA: 2.74 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

AG-02
 AGITADOR TANQUE DE DE EXTRACCIÓN DE CARMÍN
 TIPO: TURBINA 4 HOJAS 45°
 DIÁMETRO IMPULSOR: 0.30 m
 POTENCIA: 3 HP

GA-02
 BOMBA DE ENVÍO DE LIXIVIADO A FILTRO PRENSA
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL MAGNÉTICAMENTE ACOPLADA
 FLUJO: 5.4 m³/h
 TDH: 75.9 m
 POTENCIA: 15 HP

FL-01
 FILTRO PRENSA
 TIPO: PLACAS Y MARCOS
 FLUJO: 5.4 m³/h
 PRESIÓN MÁX. OPRN: 7 kg/cm²

TL-03
 TANQUE DE LAQUEADO CARMÍN
 VOLUMEN: 4.04 m³
 DIÁMETRO: 1.37 m
 ALTURA: 2.74 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

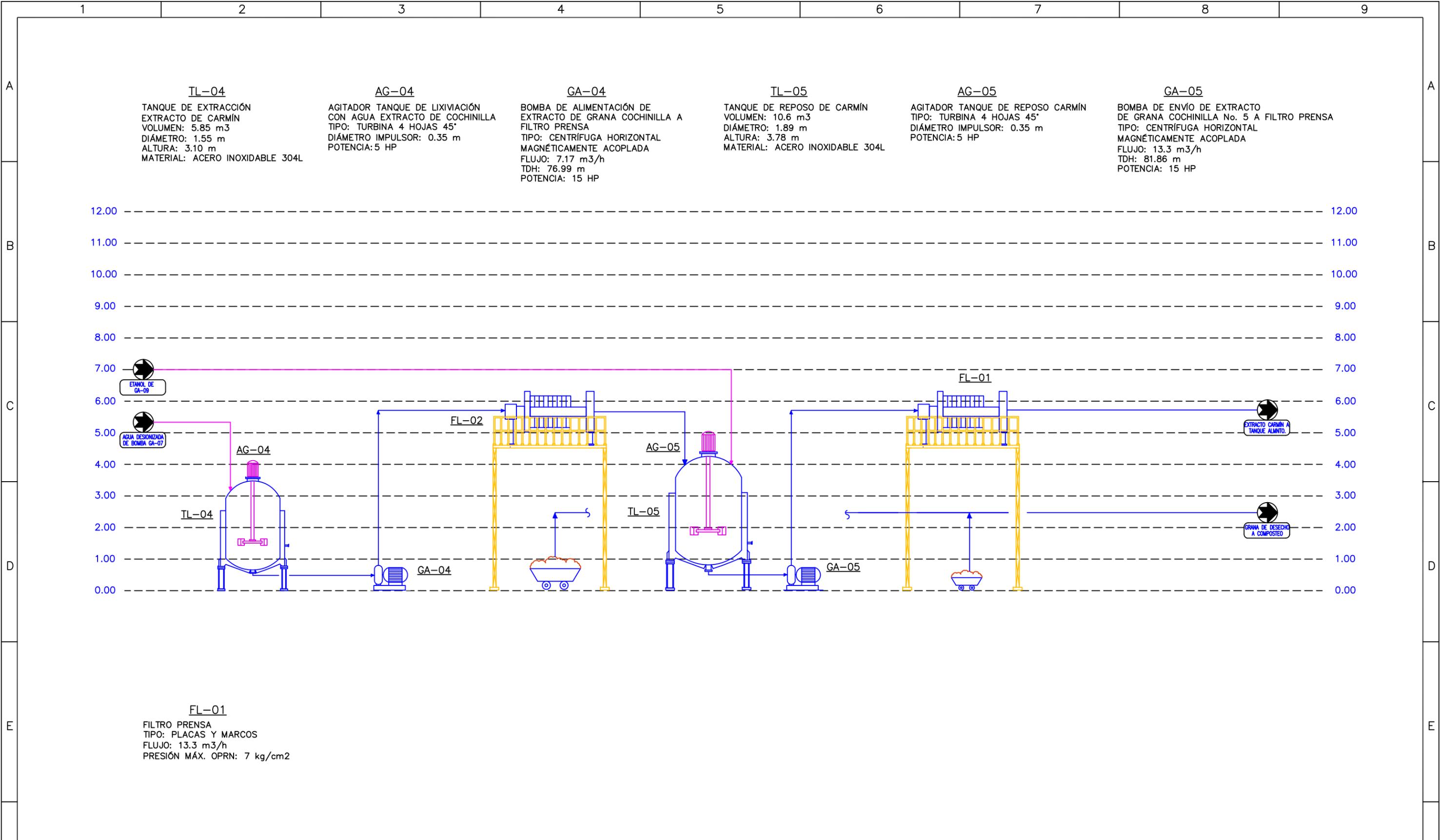
AG-03
 AGITADOR TANQUE DE LAQUEADO DE CARMÍN
 TIPO: TURBINA 4 HOJAS 45°
 DIÁMETRO IMPULSOR: 0.30 m
 POTENCIA: 3 HP

GA-03
 BOMBA DE ENVÍO DE LAQUEADO A FILTRO PRENSA
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL MAGNÉTICAMENTE ACOPLADA
 FLUJO: 5.4 m³/h
 TDH: 75.9 m
 POTENCIA: 15 HP

SS-01
 CÁMARA DE DESHIDRATADO MÓDULO DE CAPTACIÓN SOLAR CON SISTEMA DE RESPALDO A GAS Y SISTEMA DE SERPENTÍN INTEGRADO

MP-01
 MOLINO PULVERIZADOR
 CAPACIDAD: 20 A 50 kg/h
 CÁMARA DE MOLIENDA 150 mm DIÁMETRO Y 75 mm de fondo
 MOTOR: 5HP
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

										FACULTAD DE QUIMICA		PERFIL HIDRAULICO											
										UNAM		PRODUCCIÓN DERIVADOS DE COCHINILLA											
										UNIDAD:		SECCION:											
										CALCULO: R.M.B.G.		DIBUJO: R.M.B.G.		PROYECTO No. --		REV							
										REVISO: ---		ESCALA: SIN		CONTRATO No. --		△							
										APROBO: ---		FECHA: 01-DIC-2005		PLANO No. PH-02/04									
										ARCHIVO No. T-PH-02													
										No.		TITULO		PLANOS DE REFERENCIA		APROBADO POR		FIRMA		FECHA			
										REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES			
										PROCESO FECHA		CIVIL FECHA		MECANICO FECHA		ELECTRICO FECHA		INSTRUMENT. FECHA		CLIENTE FECHA		REV	
										1		2		3		4		5		6		7	



TL-04
 TANQUE DE EXTRACCIÓN
 EXTRACTO DE CARMÍN
 VOLUMEN: 5.85 m³
 DIÁMETRO: 1.55 m
 ALTURA: 3.10 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

AG-04
 AGITADOR TANQUE DE LIXIVIACIÓN
 CON AGUA EXTRACTO DE COCHINILLA
 TIPO: TURBINA 4 HOJAS 45°
 DIÁMETRO IMPULSOR: 0.35 m
 POTENCIA: 5 HP

GA-04
 BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE
 EXTRACTO DE GRANA COCHINILLA A
 FILTRO PRENSA
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 MAGNÉTICAMENTE ACOPLADA
 FLUJO: 7.17 m³/h
 TDH: 76.99 m
 POTENCIA: 15 HP

TL-05
 TANQUE DE REPOSO DE CARMÍN
 VOLUMEN: 10.6 m³
 DIÁMETRO: 1.89 m
 ALTURA: 3.78 m
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304L

AG-05
 AGITADOR TANQUE DE REPOSO CARMÍN
 TIPO: TURBINA 4 HOJAS 45°
 DIÁMETRO IMPULSOR: 0.35 m
 POTENCIA: 5 HP

GA-05
 BOMBA DE ENVÍO DE EXTRACTO
 DE GRANA COCHINILLA No. 5 A FILTRO PRENSA
 TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
 MAGNÉTICAMENTE ACOPLADA
 FLUJO: 13.3 m³/h
 TDH: 81.86 m
 POTENCIA: 15 HP

FL-01
 FILTRO PRENSA
 TIPO: PLACAS Y MARCOS
 FLUJO: 13.3 m³/h
 PRESIÓN MÁX. OPRN: 7 kg/cm²

FACULTAD DE QUIMICA										UNAM										PERFIL HIDRAULICO										PRODUCCIÓN DERIVADOS DE COCHINILLA																																																											
UNIDAD:										SECCION:										UNIDAD:										SECCION:																																																											
CALCULO: R.M.B.G.										DIBUJO: R.M.B.G.										PROYECTO No. --										REV																																																											
REVISO: --										ESCALA: SIN										CONTRATO No. --										REV																																																											
APROBO: --										FECHA: 01-DIC-2005										PLANO No. PH-03/04										REV																																																											
ARCHIVO No. T-PH-03																																																																																									
REVISIONES										REVISIONES										PLANOS DE REFERENCIA										APROBADO POR										FIRMA										FECHA																																							
1										2										3										4										5										6										7										8										9									



LISTA DE EQUIPO
PLANTA PRODUCTORA DE DERIVADOS DE
GRANA COCHINILLA

REALIZÓ: R.M.B.G.
REVISÓ: F.J.B.R.
FECHA: 7/10/2009

TAG	DESCRIPCIÓN	TIPO	CAPACIDAD (m ³)	FLUJO (m ³ /h)	POTENCIA (HP)	PRESIÓN DE DESCARGA (kg/cm ²)	CARGA TÉRMICA kJ/h	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	PRESIÓN DE OPERACIÓN (kg/cm ²)	TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	PRESIÓN DE DISEÑO	DIMENSIONES			MATERIAL
												ALTURA (m)	DIÁMETRO / ANCHO (m)	LARGO (m)	
TANQUES															
TL-01	Tanque de lixiviación para desencerado enchaquetado a 3/4 del recipiente	Vertical	1.13					40	0.00	70	3.5	1.13	1.13		Acero inoxidable calibre 10
TL-02	Tanque de extracción de carmín enchaquetado a 3/4 del recipiente	Vertical	4.04					40	0.00	70	3.5	2.74	1.37		Acero inoxidable calibre 10
TL-03	Tanque de laqueado carmín enchaquetado a 3/4 del recipiente	Vertical	4.04					92	0.00	122	3.5	2.74	1.37		Acero inoxidable calibre 10
TL-04	Tanque de extracción extracto de carmín enchaquetado a 3/4 del recipiente	Vertical	5.85					92	0.00	122	3.5	3.1	1.55		Acero inoxidable calibre 10
TL-05	Tanque de reposo para extracto de carmín	Vertical	10.6					92	0.00	122	3.5	3.78	1.89		Acero inoxidable calibre 10
TL-06	Tanque de almacenamiento de agua desionizada	Vertical	4.04					20	0.00	50	3.5	2.74	1.37		Acero inoxidable calibre 10
TL-07	Tanque de almacenamiento de acetona	Vertical	2.27					20	0.00	50	3.5	2.26	1.13		Acero inoxidable calibre 10
TL-08	Tanque de almacenamiento de etanol	Vertical	4.31					20	0.00	50	3.5	2.8	1.4		Acero inoxidable calibre 10
TL-09	Tanque de almacenamiento de extracto de carmín	Vertical	10.6					20	0.00	50	3.5	3.78	1.89		Acero inoxidable calibre 10
TL-10	Tanque de preparación de nutrientes	Vertical	25					20	0.00	50	3.5	3.9	3		Poliétileno alta densidad
AGITADORES															
AG-01	Agitador tanque de desencerado TL-01 con motor reductor de 2 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm factor de servicio 2.3	Turbina 4 hojas			2			40	0.00	70	3.5				Acero al carbón
AG-02	Agitador tanque de extracción de carmín TL-02 con motor reductor de 3 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm.	Turbina 4 hojas			3			40	0.00	70	3.5				Acero al carbón
AG-03	Agitador tanque de laqueado de carmín TL-03 con motor reductor de 3 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm.	Turbina 4 hojas			3			40	0.00	70	3.5				Acero al carbón
AG-04	Agitador tanque de extracto de carmín no. 5 TL-04 con motor reductor de 5 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm. Factor de servicio 2.3	Turbina 4 hojas			5			92	0.00	122	3.5				Acero al carbón
AG-05	Agitador de tanque de mezclado con etanol TL-05 con motor reductor de 5 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm. Factor de servicio 2.3	Turbina 4 hojas			5			92	0.00	122	3.5				Acero al carbón



LISTA DE EQUIPO
PLANTA PRODUCTORA DE DERIVADOS DE
GRANA COCHINILLA

REALIZÓ:	R.M.B.G.
REVISÓ:	F.J.B.R.
FECHA:	7/10/2009

TAG	DESCRIPCIÓN	TIPO	CAPACIDAD (m ³)	FLUJO (m ³ /h)	POTENCIA (HP)	PRESIÓN DE DESCARGA (kg/cm ²)	CARGA TÉRMICA kJ/h	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	PRESIÓN DE OPERACIÓN (kg/cm ²)	TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	PRESIÓN DE DISEÑO	DIMENSIONES			MATERIAL
												ALTURA (m)	DIÁMETRO / ANCHO (m)	LARGO (m)	
AG-06	Agitador tanque de preparación nutrientes TL-10 con motor reductor de 15 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm. Factor de servicio 2.3	Impulsor alta eficiencia 3 hojas 39°			15			20	0.00	50	3.5				Acero al carbón
	BOMBAS														
GA-01	Bomba de envío de acetona a destilación, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 1750 rpm	Centrífuga horizontal		2.1	1	1.12		40	1.12	70	1.23				Hierro dúctil
GA-02	Bomba de envío de lixiviado a filtro prensa (producción carmín) centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	Centrífuga horizontal		5.4	15	7.51		92	7	122	7.7				Hierro dúctil
GA-03	Bomba de envío de laqueado a filtro prensa, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	Centrífuga horizontal		5.4	15	7.51		92	7	122	7.7				Hierro dúctil
GA-04	Bomba de alimentación de extracto de cochinilla a filtro prensa, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	Centrífuga horizontal		7.17	15	7.36		92	7	122	7.7				Hierro dúctil
GA-05	Bomba de envío de extracto de grana cochinilla No. 5 a filtro prensa, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	Centrífuga horizontal		13.27	15	7.46		20	7	50	7.7				Hierro dúctil
GA-06	Bomba de riego a tapescos y parcelas	Centrífuga horizontal		22.1	3.0	3.39		20	3.39	50	3.73				Hierro fundido
GA-07	Bomba de alimentación de agua desionizada a proceso	Centrífuga horizontal		26.57	1.0	0.95		20	0.95	50	1.05				Hierro fundido
GA-08	Bomba de envío de acetona a tanque de desencerado	Centrífuga horizontal		6.10	1.0	0.47		20	0.47	50	0.52				Hierro fundido
GA-09	Bomba de envío de etanol a tanque de reposo extracto de carmín	Centrífuga horizontal		20.27	1.0	0.61		20	0.61	50	0.67				Hierro fundido
GA-10	Bomba de alimentación de agua a caldera	Centrífuga horizontal		63.41	10	1.5		20		50	3.5				Hierro fundido
GA-11	Bomba de agua de enfriamiento	Centrífuga horizontal		12.1	7	11		20	11	50	12.1				Hierro fundido
GA-12	Bomba de alimentación a PTAR	Centrífuga horizontal		3	1	1.1		20	1.1	50	1.21				Hierro fundido
GA-13	Bomba de Agua de servicios	Centrífuga horizontal		20	3	1.7		20		50	3.5				Hierro fundido
GA-14	Bomba dosificadora de hipoclorito de sodio a efluente de PTAR	Diafragma		0.0021	0.75	1.5		20	1.12	50	1.23				



LISTA DE EQUIPO
PLANTA PRODUCTORA DE DERIVADOS DE
GRANA COCHINILLA

REALIZÓ:	R.M.B.G.
REVISÓ:	F.J.B.R.
FECHA:	7/10/2009

TAG	DESCRIPCIÓN	TIPO	CAPACIDAD (m³)	FLUJO (m³/h)	POTENCIA (HP)	PRESIÓN DE DESCARGA (kg/cm²)	CARGA TÉRMICA kJ/h	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	PRESIÓN DE OPERACIÓN (kg/cm²)	TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	PRESIÓN DE DISEÑO	DIMENSIONES			MATERIAL
												ALTURA (m)	DIÁMETRO / ANCHO (m)	LARGO (m)	
GA-15	Bomba de retrolavado de filtro de grava y arena	Centrífuga horizontal		2.4	0.50	1.87		20	1.87	50	2.06				
EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR															
EV-01	Evaporador de efecto simple para acetona							40		70					
EA-01	Condensador de acetona						3.60E+07								
SB-01	Secador de grana cochinilla incluye cámara de deshidratado modulo de captación solar, soporte metálico para módulos de captación, sistema de respaldo a gas y sistema de serpetín integrado.	Solar	172 kg												Acero inoxidable
SB-02	Secador de carmin de cochinilla incluye cámara de deshidratado modulo de captación solar, soporte metálico para módulos de captación, sistema de respaldo a gas y sistema de serpetín integrado.	Solar	160 kg												Acero inoxidable
EA-03	Refrigerador 20 ft³, intervalo de temperatura de 0 a 6 °C				0.5			7	0.00		3.5	2.1	0.73	0.85	Acero inoxidable
TS-01	Tunel de secado de alta eficiencia en SS304, banda termoplástica de grado alimenticio incluye transmisión con motorreductor de 1 - 2 HP y tablero de control con arrancadores y protección térmica	Navajas de aire								30	3.5	1.0	1.2	2.4	Acero inoxidable 304
FILTROS PRENSA															
FL-01	Filtro prensa para separación cochinilla de solución	Placas y marcos		3,788				92	7.00	122	7.7				Acero al carbón
MANEJO DE SÓLIDOS															
MM-01	Molino para cochinilla seca con cámara de molienda en SS 304L, sistema de molienda con 40 martillos móviles en solera SS 304, incluye tres cribas en lámina de SS304 0.5, 1 y 2 mm.	Martillos	172 kg	75 kg	3			20	0	50	3.5				SS 304L
MP-02	Molino para carmin en pasta, sistema de molienda con turbina de 6 aspas en fundición de SS insertos de doble vida intercambiables en placa de 3/8, coraza dentada intercambiable en placa 5/16. Incluye 3 cribas medidas 0.5, 1 y 2 mm	Pulverizador	160 kg	50 kg	5			20	0	50	3.5	1.25	0.55	1.1	SS 304L



LISTA DE EQUIPO
PLANTA PRODUCTORA DE DERIVADOS DE
GRANA COCHINILLA

REALIZÓ:	R.M.B.G.
REVISÓ:	F.J.B.R.
FECHA:	7/10/2009

TAG	DESCRIPCIÓN	TIPO	CAPACIDAD (m ³)	FLUJO (m ³ /h)	POTENCIA (HP)	PRESIÓN DE DESCARGA (kg/cm ²)	CARGA TÉRMICA kJ/h	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	PRESIÓN DE OPERACIÓN (kg/cm ²)	TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	PRESIÓN DE DISEÑO	DIMENSIONES			MATERIAL
												ALTURA (m)	DIÁMETRO / ANCHO (m)	LARGO (m)	
LV-01	Lavadora de nopal incluye bomba centrífuga de recirculación, elevador de fruta y tablero de control con arracadores y protección	De inmersión						20	0.00	50	3.5	1.99	0.60	2.4	Acero inoxidable 304
CV-01	Criba para limpieza y clasificación de cochinilla con moto vibrador con contrapesos ajustables	Vibratoria	172 kg		2			20	0	50	3.5	1.40	0.762 / 0.6096		Material base acero al carbón malla SS-304L
BA-01	Báscula de pesado capacidad de 40 a 240 kg	Digital						20	0	50	3.5				
	VARIOS														
FGA-01	Filtros de grava y arena para agua de lavado de nopal (opcional)	Grava y arena		0.2				20	0.962	50	1.06	1.00	0.6		
GB-01	Compresor de aire para cosecha de grana cochinilla portátil, presión máxima 8.78 kg/cm ²		0.0492		3.5	8.78		20	0	50	3.5				
PC-01	Sistema de composteo para nopal de desecho	Celdas estáticas aireadas	21.87 ton/cada 3 meses						0	30	3.5	2.5	1.0	40	
PA-01	Planta de ósmosis inversa para producción de agua desionizada	Ósmosis inversa		1				20	0	50	3.5				
CA-01	Caldera para suministro de vapor a chaquetas	Tubos de humo						100		130	3.5				
TP-01	Tapescos para producción de grana							20	0	50	3.5				
PT-01	Planta de tratamiento de agua residuales	Anaerobio		3.72	2	1.38		20	4	50	4.4				
SR-01	Sistema de riego por goteo	Cinta de goteo						20	0	50	3.5				



LISTA DE MOTORES

PLANTA PRODUCTORA DE DERIVADOS DE
GRANA COCHINILLAREALIZÓ: R.M.B.G.
REVISÓ: F.J.B.R.

FECHA: 5/1/2013

TAG	Descripción	Cantidad	Capacidad	Volts	RPM	Fases	Ciclos (Hz)	Potencia Unitaria (HP)	Equipos en operación	Potencia Total Instalada (HP)	Tiempo en Operación (h)	Potencia en operación (HP)
AGITADORES												
AGM-01	Agitador tanque de desencerado TL-01 con motor reductor de 2 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm factor de servicio 2.3	1		220/440	1750/170	3	60	2	1	2	6.33	0.53
AGM-02	Agitador tanque de extracción de carmín TL-02 con motor reductor de 3 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm.	1		220/440	1750/170	3	60	3	1	3	1.17	0.15
AGM-03	Agitador tanque de laqueado de carmín TL-03 con motor reductor de 3 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm.	1		220/440	1750/170	3	60	3	1	3	1.42	0.18
AGM-04	Agitador tanque de extracto de carmín no. 5 TL-04 con motor reductor de 5 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm. Factor de servicio 2.3	1		220/440	1750/170	3	60	5	1	5	1.83	0.38
AGM-05	Agitador de tanque de mezclado con etanol TL-05 con motor reductor de 5 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm. Factor de servicio 2.3	1		220/440	1750/170	3	60	5	1	5	0.33	0.07
AGM-06	Agitador tanque de preparación nutrientes TL-10 con motor reductor de 15 HP 1750 rpm relación 10:1 velocidad de salida de 170 rpm. Factor de servicio 2.3	1		220/440	1750/170	3	60	15	1	15	1	0.63
BOMBAS												
GAM-01	Bomba de envío de acetona a destilación, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 1750 rpm	1	2.1 m ³ /h		1750	3	60	1	1	1	0.5	0.02
GAM-02	Bomba de envío de lixiviado a filtro prensa (producción carmín) centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	1	5.4 m ³ /h		3500	3	60	15	1	15	0.75	0.47
GAM-03	Bomba de envío de laqueado a filtro prensa, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	1	5.4 m ³ /h		3500	3	60	15	1	15	0.75	0.47
GAM-04	Bomba de alimentación de extracto de cochinilla a filtro prensa, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	1	7.17 m ³ /h		3500	3	60	15	1	15	0.75	0.47
GAM-05	Bomba de envío de extracto de grana cochinilla No. 5 a filtro prensa, centrífuga horizontal magnéticamente acoplada 3500 rpm	1	13.27 m ³ /h		3500	3	60	15	1	15	0.75	0.47
GAM-06	Bomba de riego a tapescos y parcelas	1	22.10 m ³ /h	220/440			60	3	1	3	1	0.13
GAM-07	Bomba de alimentación de agua desionizada a proceso	1	26.57 m ³ /h	220/440			60	1	1	1	0.17	0.01
GAM-08	Bomba de envío de acetona a tanque de desencerado	2	6.10 m ³ /h	220/440			60	1	1	2	0.17	0.01
GAM-09	Bomba de envío de etanol a tanque de reposo extracto de carmín	2	20.27 m ³ /h	220/440			60	1	1	2	0.17	0.01



LISTA DE MOTORES

PLANTA PRODUCTORA DE DERIVADOS DE
GRANA COCHINILLA

REALIZÓ:	R.M.B.G.
REVISÓ:	F.J.B.R.

FECHA:	5/1/2013
--------	----------

TAG	Descripción	Cantidad	Capacidad	Volts	RPM	Fases	Ciclos (Hz)	Potencia Unitaria (HP)	Equipos en operación	Potencia Total Instalada (HP)	Tiempo en Operación (h)	Potencia en operación (HP)
GAM-10	Bomba de alimentación de agua a caldera	1	63.41 m ³ /h	220/440		3	60	10	1	10	2	0.83
GAM-11	Bomba de agua de enfriamiento	1	12.1 m ³ /h	220/440		3	60	7	1	7	1	0.29
GAM-12	Bomba de alimentación a PTAR	1	3 m ³ /h	220/440		3	60	1	1	1	2	0.08
GAM-13	Bomba de Agua de servicios	1	20 m ³ /h	220/440		3	60	3	1	3	4	0.5
GAM-14	Bomba dosificadora de hipoclorito de sodio a efluente de PTAR	1	0.0021	110			60	0.75	1	0.75	8	0.25
GAM-15	Bomba de retrolavado de filtro de grava y arena	1	2.4	220/440			60	0.5	1	0.5	2	0.04
EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR												
TS-01	Tunel de secado											
	Transmisión de moto reductor	1		220		3	60	2	1	2	2	0.17
	Ventilador para navajas de aire	1		220		3	60	2	1	2	2	0.17
MANEJO DE SÓLIDOS												
MM-01	Molino de martillos para cochinilla	1	75 kg	220/240	3750	3	60	3	1	3	2.5	0.31
MM-02	Molino para carmín en pasta	1	50 kg	220/241	3750	3	60	5	1	5	3.44	0.72
CV-01	Criba vibratoria para limpieza y clasificación de cochinilla	1	172 kg	220/440	1750	3	60	2	1	2	3	0.25
LV-01	Lavadora Nopal											
	Transmisión de moto reductor	1		220		3	60	2	1	2	2	0.17
	Bomba centrífuga para recirculación	1		220		3	60	2	1	2	2	0.17
VARIOS												
GB-01	Compresor de aire para cosecha de grana cochinilla portátil, presión máxima 8.78 kg/cm ²	1	0.0492 m ³	120		3	60	3.5	1	3.5	12	1.75
PA-01	Planta de ósmosis inversa para producción de agua desionizada											
	Bomba de alimentación RO	1	1.4 m ³ /h	460		3	60	0.5	1	0.5	24	0.5
	Bomba dosificadora de dispersante	1	1.1 l/h	460		3	60	0.5	1	0.5	24	0.5
	Bomba de distribución	1	1.4 m ³ /h	460		3	60	0.5	1	0.5	24	0.5

9. LITERATURA CITADA

1. Alzate y Ramírez J. (1777). Memoria. En que se trata del insecto grana o grana cochinilla de su naturaleza y serie de su vida, como también del método para propagarla y reducirla al estado en que forma una de los ramos más útiles del comercio. En: La Naturaleza. Soc. Mex. Hist. Nat. 61882-1884: 97-151.
2. Asociación de Exportadores. 2012. Sección estadística <http://www.adexperu.org.pe>, Base de datos adquirida en este sitio por internet, junio 2012.
3. Asociación Latinoamericana de Integración. http://consultaweb.aladi.org/sicoex/jsf/comercio_exterior_grupo_items_layout.seam?cid=23684. Consultado 31 abril 2013.
4. Anchundia, A.M., Andino, P. L., Delgado, P.M. 2002. La explotación de la cochinilla en el Ecuador. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 214 p.
5. Badui, S. 1993. Química de los Alimentos. Pp. 397, Pearson Educación, tercera edición. México.
6. Banco de México. <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-valores/index.html>. Consultado 28 de julio 2013.
7. Castillo, J. 1993. Relación entre algunas características anatómicas del nopal (*Opuntia spp.*) y el establecimiento de la cochinilla (*Dactylopius coccus* C.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
8. Ciceri, H. 2009. Decisiones de Inversión en Plantas Químicas. Modelos y Criterios. Pp. 57-63. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, Segunda Edición. México.
9. Condeña A., F. 1997. Manejo integral de la tuna y grana cochinilla, para los valles interandinos de la sierra peruana. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Programa de Frutales y Elaboración de Licores. Ayacucho, Perú. Pp. 38-41.

10. Cortés, D. 2004. Relación del aparato reproductor femenino de *Dactylopius coccus* COSTA (Hemiptera: *Dactilopiidae*) en la síntesis de ácido carmínico. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 60 p.
11. Cubero N., Monferrer A. y Villalta J. 2002. Aditivos Alimentarios. Grupo Mundi-Prensa Libros S.A. Madrid, España. Pp. 23 y 35.
12. Dirección de Operación y Seguimiento de la Dirección General de Impulso Productivo de la Mujer y Grupos Vulnerables. 2012. Estudio para el desarrollo del modelo de negocio replicable producción intensiva de grana cochinilla en condiciones de invernadero. México. 108 p.
13. FDA. 2012. Code of Federal Regulations. Title 2, Volume 1. Part 73.100
14. Fernández, S. Ofensiva para recuperar el valor de la cochinilla. Canarias 7. 15 de julio 2012. Canarias, España. Edición Domingo: pp. 6-7.
15. Flores V. 1995. Crianza de la grana cochinilla en Sudamérica. En: Memorias del Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. 6to. Congreso Nacional y 4to. Internacional. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México Pp. 48-55.
16. Flores V. 1997. La producción de grana cochinilla en las Islas Canarias, España. En: Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, Nuevo León, México. Pp. 187-188.
17. Gareca E. 1993. Experiencias del PERTT en tuna-grana cochinilla. En: Memoria del III Seminario Regional de Tuna y Grana cochinilla. Tarija, Bolivia. Pp. 36-40.
18. Geankopolis, C. 1985. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Pp. 599-639. Compañía Editorial Continental. México, D.F.
19. Gibaja, S. 1988. Tecnología Pp. 191-240 En: Gibaja, S. 1988. Pigmentos Naturales Quinónicos. Fondo Editorial Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
20. H. Ayuntamiento Municipal San Bartolo Coyotepec, Centro, Oaxaca. 2011. Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013. Coyotepec, Centro, Oaxaca. 139 p.

-
21. INTITEC, 1987. Dirección de Servicios Tecnológicos División de extensión Industrial. Área de Estudios Técnico-Económicas. Documento Técnico 011-205. Lima, Perú 15 p.
 22. Llanderal C., C. y R. Nieto. 2001. Características biológicas de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa. En: Producción de grana cochinilla (C. Llanderal y R. Nieto, editores). Colegio de Postgraduados, México pp. 23-30.
 23. López M., Vanegas S. Venta de grana cochinilla, un negocio que carece de apoyo. Imagen. Zacatecas, México. 26 de Octubre de 2008. P.
 24. Kern, D. 1981. Procesos de Transferencia de Calor. Pp. 713, 714, 813-818. Compañía Editorial Continental, S.A., Décima quinta impresión. México.
 25. Marín, L. R. y F. Cisneros. 1977. Biología y morfología de la grana cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: *Dactylopiidae*). Revista Peruana de Entomología (20): 115-120.
 26. Mora, A. 1996. Extracto rojo de cochinilla: Estudio de las condiciones de extracción y su importancia como colorante natural. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM. D.F., México. 82 p.
 27. Movimiento Antorchista. Productores mixtecos arrancan proceso de producción de grana cochinilla. Movimiento Antorchista Nacional. 17 de noviembre de 2010. San Juan Ixcaquixtla, Oaxaca.
 28. NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. México, D.F. 6 p.
 29. NOM-119-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Materias Primas para Alimentos, Productos de Perfumería y Belleza. Colorantes Orgánicos Naturales. Especificaciones Sanitarias. México, D.F. 40 p.
 30. Peters, M., Timmerhaus K. y West, R. Plant and Economics for Chemical Engineers. Pp. 226- 352. Mc Graw Hill. Nueva York, E.U.

-
31. Primo, E. 1995. Química Orgánica Básica y aplicada. Pp. 864 y 921, De la Molécula a la Industria, tomo II. Universidad Politécnica de Valencia. España. Editorial Reverté.
 32. Portillo M., L., A. L. Viguera G. y A. D. Zamarripa F. 1992. El método Ricci: Una nueva técnica de infestación para la coccidocultura. En: Resúmenes del V Congreso Nacional y III Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México, México. Pp. 77-78
 33. Portillo, L. 2009. Biogeography of Dactylopiidae: Human Interference. En: VI International Congress on cactus Pear and Cochineal.
 34. Sáenz, C. 2006. Cap. 7 Producción industrial de productos no alimentarios. Pp. 99-112. En: Utilización Agroindustrial del Nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
 35. Sing de U., O.L. 1997. Colorantes Naturales. Pp. 4. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial, 1997.
 36. Solid Perú. 2008. Conociendo la cadena productiva de Tuna y Cochinilla en Ayacucho. Pp. 93 y 94. Ayacucho, Perú.
 37. Rojas, D. 2008. Evaluación de Proyectos para Ingenieros. Ecoe Ediciones. Bogotá, Colombia.
 38. Tekelenburg, A. 1995. Calidad de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en relación con el manejo postcosecha. En: Memorias del sexto Congreso Nacional y cuarto Internacional sobre el Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad de Guadalajara, Jalisco. México pp. 56-61.
 39. Trachtenberg, S. and A.M. Mayer. 1981. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Phytochemistry*. 20(12): 2628-2665.
 40. Viguera, A. L. 1992. Influencia de los macro y microelementos en el desarrollo, crecimiento y producción de la grana o cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae). Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 86 p.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Abasto, E. 1993. Introducción al cultivo de tuna-grana cochinilla y el manejo técnico. En: Memoria del III Seminario Regional de Tuna y grana cochinilla. Tarija, Bolivia. Pp. 15-17.
2. Agreda, M. A. 2009. Evaluación de seis métodos para la extracción de ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) según condiciones de laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 56 p.
3. Aldama-Aguilera, C., C. Llanderal-Cázares, M. Soto-Hernández y L. Castillo-Márquez. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. *Agrociencia* 39: 161-171.
4. Almaraz, I., Hernández D. y Banda H. 2012. Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Aspectos Económicos y Financieros. Probooks, S.A de C.V. México, D.F.
5. Aquino, G. Producción de grana cochinilla. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 8 p.
6. Barahona C., S.T. 2011. Exportación de cochinilla deshidratada producida en Ecuador hacia el mercado francés. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de las Américas. Ecuador. 49 p.
7. Briseño, A. 2001. Contenido de ácido carmínico en la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en relación con su edad y fecundación e influencia de la clasificación y secado. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 80 p.
8. Campos-Figueroa M. y C. Llanderal-Cázares. 2003. Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: *Dactylopiidae*) en invernadero. *Agrociencia* 37: 149-155.

9. Contreras A. M., Fuentes G., Martínez F., Meza A., Mora S., Peña H., Quezada N. 1996. Producción de carmín a partir de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. D.F. México. 218 p.
10. Díaz, J.A., Ávila, L. M. 2002. Sondeo del mercado mundial de cochinilla (*Coccus cacti*). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 27 p.
11. Flores- Hernández, A., R. Trejo-Calzada, J. Arreola-Ávila, I. Orona-Castillo, B. Murrilo-Amador, M. Rivera-González, J. Martínez-Rodríguez y E. García-Gallegos. Producción estacional de nopal verdura (*Opuntia spp.*) bajo riego por goteo en una región agrícola de México. J. PACD 84(7): 84-96
12. García, J.L., Méndez, E. 2002. Estado Actual y proyección de la comercialización de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en México. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 74 p.
13. Holland, C. 1981. Fundamentos y modelos de procesos de separación. Editorial Prentice/Hall Internacional, Colombia. 446 p.
14. IBCE. 2009. Perfil del mercado colorantes naturales cochinilla. Bolivia. 14 p.
15. ILPES. 2009. Guía para la Presentación de Proyectos. Siglo XXI Editores. México. 230 p.
16. ITAM, Aplicación de un estudio social de costo-beneficio: al caso de la grana cochinilla en Oaxaca. Instituto Tecnológico Autónomo de México. México. 141 p.
17. Loera M. 2005. Manual de Operaciones para el cultivo de la grana cochinilla fina. Tlapanochestli. Oaxaca, México. 19 p.
18. Méndez, S. J. 1992. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: *Dactylopiidae*) a diferentes temperaturas. Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 70 p.

-
19. Pérez, J.A. 1992. Anteproyecto de una planta procesadora de grana cochinilla para la obtención de sus principales derivados: Extracto de cochinilla, carmín de cochinilla y ácido carmínico. Tesis de Licenciatura. Universidad La Salle. D.F. México. 137 p.
 20. Pérez Sandi y Cuen, M. y R. Becerra. 2001. Nocheztli: El insecto del rojo carmín. CONABIO. Biodiversitas. 36:1-8.
 21. Sapag, N. y Sapag R. 2003. Preparación y Evaluación de Proyectos. Mc Graw-Hill. Cuarta Edición. Chile.
 22. Sánchez, J.A. 2009. Diseño y construcción de un secador solar para cochinilla de 300 kg/mes de capacidad de producción. Tesis Licenciatura. Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 72 p.
 23. Tovar, A. 2000. Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: *Dactylopiidae*) en dos localidades del sur del estado de Nuevo León. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 69 p.
 24. Viguera, A.L. 1998. Producción de Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) y condiciones de extracción del pigmento. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 86 p.