



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

LA INGENIERÍA BÁSICA Y SU IMPORTANCIA
EN EL DISEÑO DE PLANTAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A N :
NORMA ANGÉLICA GONZÁLEZ DELGADO
JORGE ALEJANDRO VÁZQUEZ ALCÁNTARA

ASESOR: M. en C. EDILTRUDIS ESTRADA LUCAS

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

2006



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.

DEDICATORIAS

A mis padres Esteban González García y Micaela Delgado Franco, porque me enseñaron a no claudicar en los momentos difíciles y que mediante su apoyo y estímulo me permitieron concluir con este logro que también es suyo!

A mi hermano Beto que aunque no estés físicamente conmigo fuiste un ejemplo de lucha a seguir para continuar con mi superación

A mis hermanas Mica y Lupita que en todo momento estuvieron apoyándome y por las que estoy muy orgullosa.

Los Amo!!

A Brigis y Bety que han compartido conmigo grandes momentos

Las Quiero Mucho

A Jorge porque me hiciste partícipe en la realización de esta tesis, y por haber amenizado este tiempo con tu alegría, compañerismo y amistad que me has demostrado con actos

Te Quiero Mucho

A los compañeros de las gen 22 y 23 de I en A que tuve la oportunidad de conocer y convivir en mi estancia en la FESC, ustedes saben quienes son, los aprecio mucho!

N. Angélica.

A mi mamá Gloria Vázquez Alcántara por ser un gran estímulo en mi vida y en mi formación profesional, te agradezco tu gran apoyo, paciencia y comprensión

A mis abuelos Manuel Romero Valadéz† y Ma. Guadalupe Alcántara Paredes† que me guiaron durante el tiempo que los tuve conmigo, de quienes guardo recuerdos muy emotivos y siempre van a ser un ejemplo para mí

A mi abuela Ma. de Lourdes Alcántara Paredes† por el cariño que me diste y a mi abuelo Juan Antonio Vázquez Ramos quien me apoya en todo momento

A mis tíos, tías y primos que siempre se preocuparon por mí y me apoyaron

A Angie por convivir conmigo todo este tiempo y por ser una persona muy especial a quien quiero mucho

A la familia González a quienes les tengo un cariño y respeto muy especial, gracias por ofrecerme su apoyo y confianza incondicional.

A Pancho, Gerardo, Benito, Indra, Adriana, Yanet, Nacho, Javier, Ernesto, Esther, Laura M., Juan J., Guicha, Mary, Angélica, José Luis, Carlos, Brenda, Clara, Alma, Leonel, Javier, Fernando, Elizabeth, Adolfo, Juan, por los momentos gratos compartidos en la Facultad

Jorge Vázquez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos consumir otra meta más

A nuestra asesora de tesis M en C. Ediltrudis Estrada Lucas por el invaluable desempeño docente que nos brindo y por la disposición y calidad de su dirección.

Al Ing. Víctor Jesús Perusquía Montoya y al Ing. Enrique Castañeda García por compartir con nosotros el conocimiento, por sus consejos y por el valioso aporte a este trabajo.

Al Taller de Lácteos, Ing. en Alimentos Jaime Islas Díaz, a la MVZ Ma. de Lourdes Pérez Mendoza y a la Ing. en Alimentos Ma. de Lourdes Rodríguez por la ayuda proporcionada.

A los académicos de la FESC que mediante su trabajo docente nos formaron profesionalmente, pero en particular a nuestros sinodales:

Dr. José Luis Ruiz Guzmán

IQ José Fernando Maya Servín

IQ María Elena Quiroz Macías y

M en C María Guadalupe López Palacios.

Que mediante las sugerencias aportadas hicieron posible mejorar este trabajo.

Al Taller de Carnes en donde adquirimos grandes enseñanzas y amistades en especial al MVZ. Andrés Cardona Leija y a la MVZ Maribel Domínguez Olivares.

Al MVZ. Alejandro Valdéz Santamaría y al Sr. Víctor Escalante por la ayuda proporcionada.

A las empresas de derivados lácteos que nos apoyaron abriéndonos sus puertas y por la atención brindada.

- *De Cremería Covadonga al Ing. Daniel Ponce*
- *De Grupo Qualtia Alimentos a la Lic. Dulce Yunuén Botello López, al Ing. Juan Manuel Salas Trejo, y al Lic. Quím. en Alimentos Sergio Lara González.*
- *De Productos alimenticios Santander al Tecnólogo de Lácteos Alfredo Osorio González*

A las empresas proveedoras de equipos quienes son un pilar importante para la industria de alimentos; en especial a los expertos que nos manifestaron su apoyo y tiempo para completar la información requerida.

- *De MAPISA a la Ing. Angeles Benítez Muñoz*
- *De TEISSA al Ing. Gabriel Pérez Fonseca*
- *De TETRAPAK al Ing. Antonio A. Cruz Sánchez*
- *Y De WESTFALIA al Ing. Julián Murillo*

*Norma Angélica González Delgado y
Jorge Alejandro Vázquez Alcántara*

MUCHAS GRACIAS!!!

*Hay hombres que luchan un día y son buenos
Hay otros que luchan un año y son mejores
Hay quienes luchan muchos años y son muy buenos
Pero hay quienes luchan toda la vida, esos son los
imprescindibles.*

Bretón Bresch.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de Cuadros.	iv
Índice de Figuras.	vi
Resumen.	ix
Introducción.	xi
Justificación.	xiv
Objetivos.	xvii

CAPÍTULO 1. La Ingeniería Básica y su importancia.

1.1 Sobre el concepto de Ingeniería Básica.	2
1.1.1 La Ingeniería Básica y sus aportes.	6
1.2 Aspectos que integran la Ingeniería Básica.	7

CAPÍTULO 2. Aspectos relevantes que deben considerarse en el diseño de una planta productiva.

2.1 Estudio de mercado y comercialización.	20
2.2 Estudio de mercado de abastecimiento.	21
2.3 Estudio de localización y determinación del tamaño de la planta.	22
2.3.1 Localización de la planta.	22
2.3.2 Determinación del tamaño de la planta.	23
2.4 El desarrollo de la Ingeniería Básica.	27
2.4.1 Sobre el proceso de producción.	27
2.4.2 Balance de materia y energía.	30
2.4.3 Dimensionamiento de áreas.	31
2.4.4 Distribución de áreas de la planta.	31

2.5 Administración de la ejecución de la planta.	35
2.5.1 Diagrama de Gantt.	37
2.5.2 Método de la Ruta Crítica.	37

CAPÍTULO 3. Aplicación de la Ingeniería Básica para una planta productora de quesos.

3.1 Antecedentes.	40
3.2 Los diferentes tipos de quesos.	43
3.3 Definición de materia prima insumos y producto terminado.	44
3.3.1 Leche de vaca.	44
3.3.2 Insumos.	46
3.3.2.1 Cloruro de calcio.	46
3.3.2.2 Nitrato de potasio.	46
3.3.2.3 Colorante.	47
3.3.2.4 Cultivos lácticos.	47
3.3.2.5 Cuajo.	48
3.3.3 Productos terminados.	49
3.3.3.1 Queso tipo Manchego.	49
3.3.3.2 Queso tipo Chihuahua.	49
3.3.3.3 Queso Oaxaca.	50
3.3.3.4 Queso Panela.	50
3.3.3.5 Queso Asadero.	50
3.4 Determinación del tamaño de la planta.	50
3.5 Selección del proceso.	51
3.6 Rendimiento quesero.	52
3.7 Planeación del programa de producción.	53
3.8 Representación del proceso en diagramas de bloques.	56
3.9 Descripción del diagrama de proceso.	62
3.10 Balance de materia y energía.	70
3.11 Diagrama de flujo del proceso.	82

3.12 Maquinaria y equipo.	84
3.12.1 Funcionamiento de los equipos.	88
3.12.2 Limpieza después de terminado el proceso.	91
3.12.3 Consideraciones higiénicas en locales, equipos y utensilios.	92
3.13 Servicios auxiliares para la planta.	93
3.13.1 Balance de vapor para la selección de la caldera.	93
3.13.2 Cuantificación de energía eléctrica.	96
3.14 Sobre el Layout y plano de distribución general de la planta.	111
3.15 Plan de ejecución general de la planta.	115
Discusiones.	125
Conclusiones.	130
Observaciones.	133
Recomendaciones.	135
Bibliografía consultada.	137

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición porcentual de los conceptos de inversión para plantas de proceso.	5
Cuadro 2. Ubicación de la ingeniería básica en la etapa de preinversión de un proyecto.	6
Cuadro 3. Composición media de quesos elaborados en México.	41
Cuadro 4. Composición de la leche de vaca (g/100ml).	44
Cuadro 5. Leche pasteurizada (g/100 ml).	45
Cuadro 6. Cultivos lácticos utilizados.	48
Cuadro 7. Rendimiento de los diferentes quesos.	53
Cuadro 8. Temporadas de producción.	54
Cuadro 9. Capacidad de producción mensual para cada tipo de queso.	55
Cuadro 10. Porcentaje de grasa requerido para cada proceso.	63
Cuadro 11. Condiciones de coagulación.	64
Cuadro 12. Condiciones de agitación.	66
Cuadro 13. Tipo de salado y condiciones.	68
Cuadro 14. Temperaturas de refrigeración.	69
Cuadro 15 Resultados de las cantidades de materias primas, subproductos y productos por lote.	74
Cuadro 16. Días de elaboración, producción por lote (en litros) y número de lotes.	74
Cuadro 17. Composición de la cuajada.	80
Cuadro 18. Calor requerido en los equipos.	81
Cuadro 19. Requerimientos de agua caliente y vapor.	81
Cuadro 20. Características de los equipos.	85
Cuadro 21. HP de los equipos.	98
Cuadro 22. Consumos y costos en sistema trifásico para uso industrial.	100
Cuadro 23. Niveles de iluminación en la industria láctea.	102
Cuadro 24. Coeficientes de utilización.	104
Cuadro 25. LLD lámpara aditivos metálicos.	105

Cuadro 26. Determinación de las condiciones de suciedad en las luminarias.	106
Cuadro 27. Potencia requerida en las áreas de la planta.	108
Cuadro 28. Costo aproximado de energía eléctrica en el área de proceso y demás áreas de la planta.	109
Cuadro 29. Cuadrillas utilizadas en la construcción.	117
Cuadro 30. Costo de la construcción.	117
Cuadro 31. Actividades a realizar, cantidades de obra, duración, costo de mano de obra y materiales para ejecución de obra civil.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Relación de los aspectos que conforman la ingeniería básica.	4
Figura 2. Orden lógico en que se elabora un estudio de mercado.	20
Figura 3. Función del uso de la leche.	40
Figura 4. Producción de quesos a nivel nacional.	42
Figura 5. Distribución de los componentes de la leche en la fabricación del queso.	53
Figura 6. Diagrama de bloques para el queso tipo Manchego.	57
Figura 7. Diagrama de bloques para el queso tipo Chihuahua.	58
Figura 8. Diagrama de bloques para el queso Oaxaca.	59
Figura 9. Diagrama de bloques para el queso Panela.	60
Figura 10 Diagrama de bloques para el queso Asadero.	61
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso para el queso tipo Manchego y resumen de los balances de materia y energía.	83
Figura 12. Enfriador de placas.	86
Figura 13. Tanque de almacenamiento.	86
Figura 14. Pasteurizador y tanque de balance.	86
Figura 15. Descremadora.	86
Figura 16. Tina de coagulación.	87
Figura 17. Liras para corte de cuajada.	87
Figura 18. Mesa de trabajo.	87
Figura 19. Malaxadora.	87
Figura 20. Prensa neumática.	87
Figura 21. Envasadora al vacío.	87
Figura 22. Programa de funcionamiento del pasteurizador, cubas de cuajado y prensas.	89
Figura 23. Bomba del pasteurizador con potencia de 1 HP.	98
Figura 24. Carga total de equipos durante el día.	99

Figura 25. Lámpara de aditivos metálicos.	103
Figura 26. Categoría de luminaria.	105
Figura 27. Curvas de degradación por suciedad en el luminario (LDD).	106
Figura 28. Triángulo de potencias.	110
Figura 29. Distribución de los equipos.	113
Figura 30. Distribución de las áreas de la planta.	114
Figura 31. Actividades que conforman la construcción de la planta.	115
Figura 32. Diagrama de Gantt para la construcción del área de proceso.	122
Figura 33. Ruta crítica para la construcción del área de proceso.	123

Resumen

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



RESUMEN

Este estudio se realizó para proporcionar al ingeniero en alimentos las herramientas y el conocimiento necesario sobre la ingeniería básica en el diseño de plantas, destacando su importancia y las actividades involucradas durante su elaboración. Los aspectos revisados se integraron en tres capítulos. El primero denominado “La ingeniería básica y su importancia”, expone los aspectos técnicos que la comprenden, así como la importancia de ésta dentro de la ingeniería de proyectos y el diseño de plantas.

En el segundo “Aspectos relevantes que se deben considerar en el diseño de plantas”, se describe el contenido del estudio de mercado de abastecimiento y de consumo, determinación de la capacidad y la localización, destacando que la información proporcionada requiere de una administración, coordinación y control de las actividades muy rigurosos, para evitar en lo posible repercusiones en la ingeniería básica. Además se presentan la selección del proceso, diagramas de bloques y de flujo, balance de materia y energía, y especificación de maquinaria y equipo con el aporte que proporcionarán a dicha ingeniería.

El tercero y último “Aplicación de la ingeniería básica para una planta productora de quesos”, versa sobre la aplicación del conocimiento adquirido en la investigación de campo integrándolo a la ingeniería básica de una planta quesera, desde la selección del proceso, el diagrama de bloques y de flujo, el balance de materia y energía, la selección de maquinaria y equipo, la especificación y cálculo de servicios auxiliares, los planos correspondientes al “layout” y distribución de áreas, así como el plan de ejecución de la planta.

Introducción

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



INTRODUCCIÓN

En esta tesis se presenta la investigación sobre la ingeniería básica la cual forma solo una parte de la ingeniería de proyectos, donde intervienen aspectos técnicos empleados en el diseño apropiado de una planta procesadora.

El diseño de plantas requiere de conocimientos de ingeniería, la cual es una profesión creativa, que usa el método científico para transformar, de una manera económica y óptima, los recursos naturales en formas útiles para el uso del hombre.¹ La persona encargada de ejercer esta disciplina es el ingeniero, que es un profesional que por medio de sus conocimientos científicos, su habilidad creadora y su experiencia, desarrolla los planes, métodos y procedimientos para transformar los recursos naturales en formas útiles para el hombre.² Además, durante su vida profesional, necesitará recoger y analizar datos, resolver problemas y tomar decisiones manteniéndose atento en los últimos avances en su disciplina.

Dentro de la ingeniería como disciplina, existen varias ramas, entre las cuales se encuentra la ingeniería en alimentos, donde éste profesional debe estar capacitado para poder laborar en los diversos campos de trabajo como supervisor de la producción, en el desarrollo de nuevos productos, el control de calidad, planeación de actividades, gestión de recursos, capacitación de personal, además en docencia. El campo de trabajo del ingeniero en alimentos es amplio, y dentro de él se encuentra el diseño de plantas procesadoras, donde se requiere de conocimientos de ingeniería en alimentos y de tecnologías de procesos, indispensables en el desarrollo de la ingeniería básica.

La que proporciona las herramientas básicas para concebir y diseñar de forma integral un proceso y la planta de proceso correspondiente, capaz de producir a un costo óptimo los productos deseados.³ La ingeniería básica forma parte de la formulación y evaluación de proyectos en el diseño de nuevas empresas o ampliación de las que ya operan y desean aumentar su producción. Entendiendo como empresa a una unidad conceptual de análisis a

¹ Corzo, Miguel Ángel, (1982), *Introducción a la ingeniería de proyectos*, Limusa, México, p. 15.

² *Ibidem.*, p. 21.

³ López Gómez, Antonio, (1990), *Diseño de industrias agroalimentarias*, Madrid, España, p. 25.

la que se supone capaz de transformar un conjunto de insumos (consistentes en materia prima, mano de obra, capital e información sobre mercados y tecnología) en un conjunto de productos que toman formas de bienes y servicios determinados al consumo, ya sean de otras empresas o individuos, dentro de la sociedad de la que existen.⁴

En la elaboración de la ingeniería básica para el diseño de plantas procesadoras se requiere de la existencia de una tecnología dada consiguiendo aplicarse desde un proceso artesanal hasta un tecnificado siempre y cuando se elija la mejor opción técnica, económica y social variando de acuerdo a la naturaleza y ubicación de un proyecto a otro. Para aplicar los diferentes conceptos revisados en la ingeniería básica se seleccionó una planta procesadora de quesos, donde se llevó a cabo la investigación teórica y de campo, que incluyó visitas a distintas empresas del ramo, entrevistas a personas expertas en la industria quesera, y se solicitaron cotizaciones de equipo. En lo que se refiere a servicios auxiliares estos son indispensables en el funcionamiento de una planta, por lo cual se realizó el balance de energía calculando el consumo de vapor y la selección de la caldera correspondiente, así como el de energía eléctrica, donde se determinó el costo aproximado de ésta, además de la selección del transformador y la subestación. Finalmente se presenta el plan de ejecución de la construcción de la planta, donde se realizaron una serie de actividades que permitieron conocer los materiales de construcción, el tiempo y el costo estimado en la realización de la obra civil correspondiente.

⁴ Méndez Morales, José Silvestre, (1989), *Economía y la empresa*, McGraw-Hill, México, p. 6, 7.

Justificación

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



JUSTIFICACIÓN

Esta tesis surge de la necesidad de conocer más sobre la ingeniería básica de un proyecto, tema necesario en el diseño de plantas procesadoras y es conveniente profundizar en los aspectos técnicos necesarios, los cuales permiten tomar decisiones importantes para la ejecución y operación de la planta. Al realizar la investigación documental se observó que se cuenta con escasa bibliografía e investigaciones orientadas al tema referidas al contexto de la industria de alimentos.

El proceso de investigación documental permitió conocer los pocos trabajos abordados sobre la temática, vistos desde otro enfoque disciplinar y que no cubrían las expectativas en la solución de la problemática antes planteada. Razón por la cual se consideró necesario llevar a cabo la investigación de campo; incluyendo visitas a distintas industrias procesadoras de queso para obtener información necesaria en la realización del diseño de una planta productiva, entrevistar a personas expertas del tema con años de experiencia laboral en producción quesera, y solicitar cotizaciones de equipo a proveedores relacionados con dicho ramo industrial. Y de tal manera cumplir con el objetivo de la investigación que es determinar los parámetros a tomar en cuenta en la aplicación de la ingeniería básica a una planta productora de quesos y con ello proporcionar herramientas básicas al ingeniero en alimentos sobre el tema.

La preocupación principal de este trabajo se centró en enlazar un enfoque teórico-práctico permitiendo la elaboración de explicaciones teóricas cercanas a lo que se hace en la práctica profesional, siendo riguroso y objetivo el trabajo realizado en dicha investigación. Desde el inicio de la tarea investigativa se percibió la importancia de construir el conocimiento alrededor de lo antes expuesto y resolver la problemática enfrentada de ampliar el panorama sobre los aspectos constituyentes del diseño de una planta, cubriendo aquellos que tienen relación estrecha con ingeniería de procesos, ingeniería de proyectos, ingeniería civil, ingeniería mecánica y eléctrica y de este modo complementar la información obtenida encontrando los vínculos entre la teoría y su aplicación.

Se realizaron cálculos sobre algunos parámetros los cuales requirieron de un análisis riguroso en este estudio, partiendo de la información obtenida de las entrevistas a las personas que laboran en las plantas queseras; pues de ellas se obtuvieron datos necesarios para la propuesta del programa de producción, y la capacidad de producción teórica, solicitando las cotizaciones necesarias de los equipos. Finalmente ésta investigación y su aporte modifica el panorama de cómo aprender, hacer y pensar sobre el diseño de plantas puesto que la formación escolar nos proporciona ventajas teóricas para ejercerla, y por medio de éste análisis se relacionó con profundidad la vinculación existente.



Objetivos

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros o variables que se deben tomar en cuenta al realizar la ingeniería básica de una planta procesadora de quesos y proporcionar las herramientas básicas para que el ingeniero en alimentos tenga un conocimiento más preciso sobre el tema.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Investigar los variables que intervienen en la ubicación y la determinación del tamaño de una planta procesadora.
2. Determinar las diferentes variables que intervienen en el desarrollo de la ingeniería básica como: proceso productivo, selección de la maquinaria y equipo necesarios para su implementación, etc.
3. Aplicar la información contenida en la ingeniería básica al diseño de una planta procesadora de quesos, en este caso específico para el queso tipo manchego.

La Ingeniería Básica y su importancia

CAPÍTULO 1

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas

LA INGENIERÍA BÁSICA Y SU IMPORTANCIA

1.1. SOBRE EL CONCEPTO DE INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica juega un papel muy importante en la formulación de proyectos de factibilidad técnica-económica y financiera, ya que proporciona la información necesaria que contribuye a establecer los aspectos técnicos por medio de los cuales se va a diseñar la planta productiva, proporciona datos confiables que serán útiles a la ingeniería de detalle cuando se lleve a cabo su ejecución. Para comprender que es ingeniería básica es necesario definir el concepto y conocer los aspectos que la conforman. Por lo que a continuación se presentan las definiciones de algunos autores:

La ingeniería básica es una de las etapas de la ingeniería de un proyecto, comprende lo que se denomina como el know-how (conocimiento tecnológico, literalmente “el saber cómo”, o sea la información de cómo llevar a cabo el proceso, el tamaño de los equipos, los controles necesarios, la maquinaria requerida y las variables de operación) del proceso donde se preparan los diagramas de flujo, balances de materia y energía, lista de maquinaria y equipo, especificaciones básicas del equipo, plano de arreglo general, requerimientos de servicios auxiliares, materias primas, catalizadores, instructivos de operación, etc.,^{5, 6} permitiendo definir con precisión los lineamientos generales e ideas básicas del proyecto, que forman los pilares base en que se realizará la propuesta de la ingeniería de detalle, (elaboración de los planos constructivos), cuando éste se ejecute y se convierta en una planta productiva.

Es considerada también como el conjunto de documentos que definen inequívocamente el proyecto, su alcance y su costo más favorable, en un entorno dado.⁷ Está encargada de definir el conjunto de actividades encaminadas al diseño de las etapas, secuencia óptima de las mismas y definir la maquinaria y equipo necesarios para el proceso así como las

⁵ Valiente Barderas, Antonio, (1990), *Diccionario de ingeniería química*, Alhambra Mexicana, México, p. 102.

⁶ *Ibidem.* p. 102.

⁷ De Cos Castillo, Manuel, (2000), *Teoría general del proyecto*, Síntesis, España, p. 97.

principales condiciones de operación, para la transformación de la materia prima en productos finales.⁸

La ingeniería básica, se puede entender como la información tecnológica que se requiere para el diseño de una planta. Sin embargo, es importante mencionar que el concepto de ingeniería básica no está definido o reglamentado por alguna asociación, y que su contenido es variable dependiendo de quien la desarrolle y para que se desarrolle. Las definiciones presentadas parten de las mismas ideas, el cómo y con qué elaborar un producto a nivel industrial. Así pues, la ingeniería básica es una de las fases de un proyecto industrial, que consiste en la elaboración de una serie de documentos a partir de una tecnología dada, los cuales son necesarios para el diseño de las instalaciones, selección de maquinaria y equipos, la construcción, pruebas de arranque y operación de la planta. A continuación se presentan los aspectos principales que integran la ingeniería básica:

Bases de diseño, diagrama de flujo de proceso, descripción del proceso, balance de materia y energía, balance de servicios auxiliares, lista de equipo, especificación de equipo, filosofías básicas de operación y plano de localización general (Lay-out).⁹

No es fácil establecer una secuencia única con la que estos documentos sean elaborados durante el desarrollo de la ingeniería básica, ya que depende del tipo de planta industrial, y, la información que de ellos se obtiene sirve para retroalimentar, actualizar, complementar y relacionar otros ya elaborados anteriormente.¹⁰

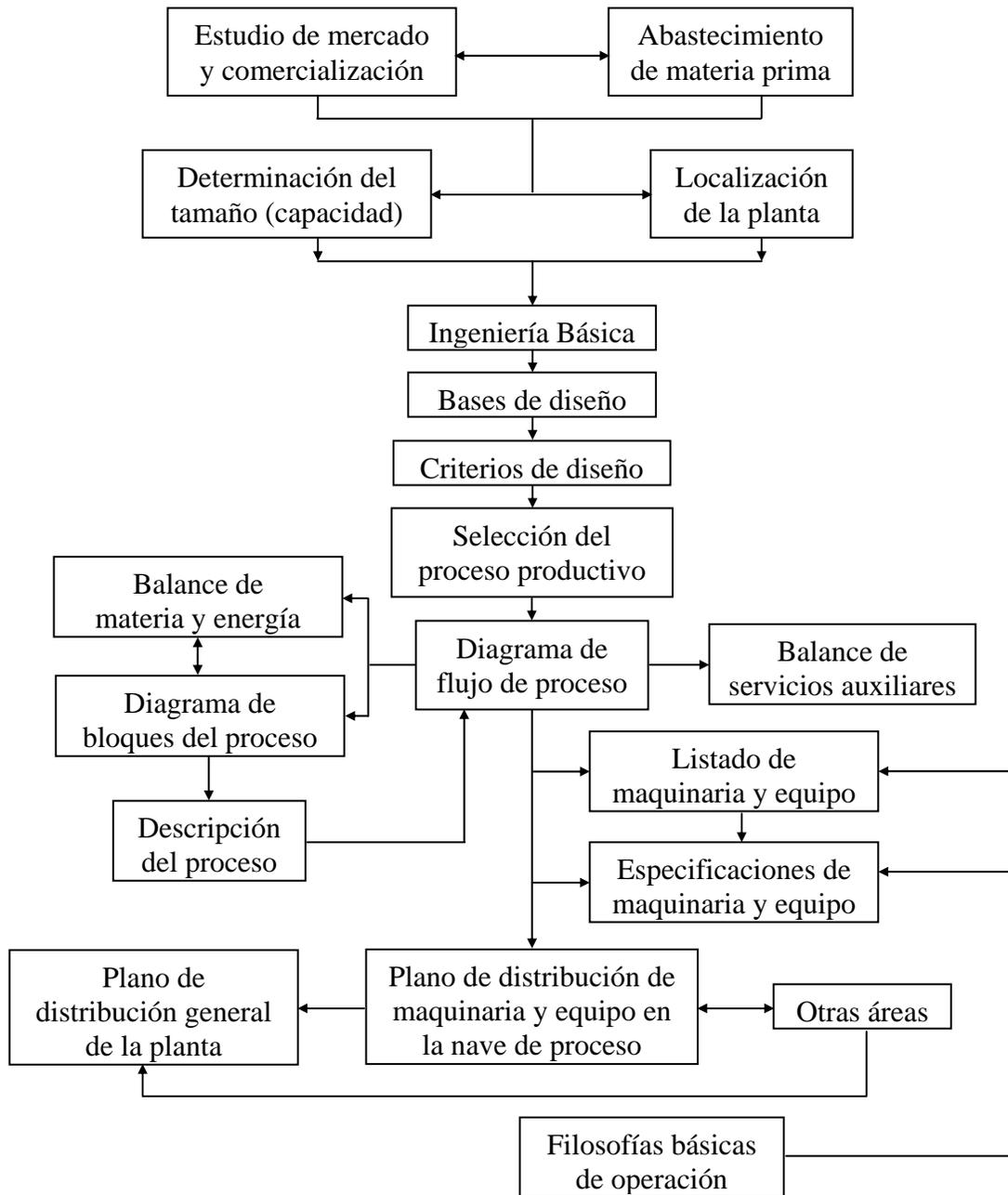
En la figura 1 se aprecia la relación existente entre los aspectos mencionados con anterioridad, considerando importantes también los estudios de mercado, determinación del tamaño y localización, ya que de ellos se desprende información importante que se requiere para sentar bases de la ingeniería básica.

⁸ Jiménez León, Leobardo, (1994), *Ingeniería de proyectos para plantas de proceso*, UNAM, México, p. 72.

⁹ *Ibidem.* p. 74.

¹⁰ *Ibid.* p. 74.

Figura 1. Relación de los aspectos que conforman la ingeniería básica.



Fuente: Elaborado con base en la información que presentan fuentes diversas.

De modo que, la ingeniería básica es fundamental al aportar los elementos técnicos de un estudio de factibilidad (preinversión), y permite la toma de decisiones para la inversión. Es importante mencionar que el estudio de mercado aporta indicadores necesarios que contribuyen en la determinación de la capacidad de la planta, que al relacionarla con la que

se desprende del estudio de abastecimiento de materias primas se puede tomar la decisión de determinar con precisión el tamaño de la planta. La composición porcentual de los conceptos de inversión de una planta de proceso, se indica en el cuadro 1, donde se incluye la ingeniería básica y de detalle, el costo de los equipos y la construcción, siendo estos dos últimos los que con 34 y 22% respectivamente forman en 56% del 100% de la inversión en plantas de proceso.

Cuadro 1. Composición porcentual de los conceptos de inversión para plantas de proceso.

Concepto	Porcentaje con respecto a la inversión	Porcentaje con respecto al costo del equipo
Equipo	34.00	100.00
Materiales	26.00	76.47
Partes de repuesto	2.50	7.35
Fletes	3.00	8.82
Construcción	22.00	64.71
Ingeniería	6.50	19.12
Pruebas y arranque	0.70	2.06
Entrenamiento	0.30	0.88
Administración	5.00	14.71
Total	100.00	294.12

Fuente: Anaya Durand, (2004).¹¹

En el cuadro 2 se exponen las etapas en que se encuentra ubicada la ingeniería del proyecto dejando entrever la importancia sobre el contenido de la misma que lo integra el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle, los resultados que se obtienen (memorias de cálculo, diseño, especificaciones y planos), dan paso al proyecto definitivo de ingeniería, que será la base para la construcción de la nave de proceso y otras áreas, así como la instalación de maquinaria y equipo, pruebas de arranque y operación de la planta cuando se procede a la ejecución.

¹¹ Anaya Durand, Alejandro, (2004), *Apuntes de la clase de ingeniería de proyectos impartido en la Facultad de Química*, UNAM, México.

Cuadro 2. Ubicación de la ingeniería básica en la etapa de preinversión de un proyecto.

Etapa	Fases de desarrollo	Finalidad	Contenido	Resultado	Nivel de estudios	Tipo de estudios
PREINVERSIÓN	Identificación	Detectar necesidades y recursos para buscar su satisfacción y aprovechamiento eficiente.	Diagnóstico, pronóstico e imagen objetivo.	Las estrategias y lineamientos de acción.	Gran visión.	Regional. Sectorial. Programa de inversión. Plan maestro.
	Formulación y evaluación	Generar y seleccionar opciones y determinar la más eficiente para satisfacer una necesidad específica o aprovechar un recurso.	Análisis y evaluación de opciones.	La opción óptima y su viabilidad técnica, económica y financiera	Perfil. Prefactibilidad. Factibilidad.	Mercado. Técnico. Tecnológico. Financiero. Evaluación. Organización.
	Ingeniería del proyecto	Contar con los elementos de diseño, construcción y especificaciones necesarios.	Desarrollo de la ingeniería básica y de detalle.	Memorias de cálculo, diseño, especificaciones y planos.	Proyecto definitivo de ingeniería.	Ingeniería básica. Ingeniería de detalle.

Fuente: Nacional Financiera, (2000).¹²

1.1.1 La ingeniería básica y sus aportes

- La ingeniería básica permite: definir con precisión los criterios tecnológicos de diseño; proveer el lay-out y diagramas de flujo del proceso; revisar las especificaciones técnicas de los equipos principales para fines de cotización y fabricación / compra de los mismos; afinar los presupuestos de los costos directos del proyecto y mejorar la estimación de tiempos de la programación cualitativa o Plan Maestro.¹³
- Aporta las bases para desarrollar la ingeniería de detalle que se encarga de preparar las especificaciones y planos detallados de las diferentes especialidades necesarias para la adquisición de los equipos y materiales y la correcta construcción de las instalaciones.¹⁴

¹² Nacional Financiera, (2000), *Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión*, México, p. 9.

¹³ Briceño, L. Pedro, (1996), *Administración y dirección de proyectos*, McGraw-Hill, Chile, p. 165.

¹⁴ Valiente Barderas, Antonio, *Op. Cit.*, p. 102.

-
- Toma en cuenta de manera integral aspectos, como: estudio de mercado de consumo, estudio de mercado de abastecimiento de materias primas, localización y tamaño de la planta. Para proponer las bases técnicas para el desarrollo de la ingeniería de detalle.
 - Debe garantizar la selección adecuada de los equipos y tecnología para que presten un servicio largo y confiable.
 - Considera la seguridad, la disposición física en el diseño para proveer la máxima seguridad para el personal de operación.
 - Tener flexibilidad, que permita enfrentar las condiciones de emergencia, las que exigen una operación que aproveche al máximo la capacidad de los equipos.
 - Simplicidad, que brinde protección, pero facilite el desarrollo de las actividades de los trabajadores.
 - Tomar en cuenta las normas oficiales de acuerdo a la actividad que se realice.
 - La ingeniería básica abarca desde que se evalúan las materias primas, se realiza el programa de producción, se selecciona el proceso productivo, la maquinaria y equipo, se distribuyen las áreas, se calculan las necesidades de servicios y se programa la construcción e instalación de maquinaria y equipo realizando un plan de ejecución. Información que permite cuantificar la inversión a realizar.

1.2 ASPECTOS QUE INTEGRAN LA INGENIERÍA BÁSICA

La formulación de la ingeniería básica va encaminada a demostrar la viabilidad técnica del proyecto, y justificar cual es la alternativa técnica que mejor se ajusta a los criterios de optimización que corresponde aplicar. Las decisiones que se adopten como resultado del estudio técnico determinarán las necesidades de capital y de mano de obra que tendrá que atenderse para ejecutar el proyecto y para ponerlo en operación.¹⁵ Razón por la cual es necesario hablar sobre cada uno de los aspectos que integran la ingeniería básica y así conocer los parámetros básicos, su influencia y aporte. A continuación se enlistan los aspectos de acuerdo al orden que llevan y se describen para dar explicación de cada uno de ellos.

¹⁵ Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, (1983), *Guía para la presentación de proyectos*, Siglo XXI, México, p. 91, 92.

-
- A. Características y evaluación de las materias primas.
 - B. Obtención de información técnica sobre productos, procesos y patentes.
 - C. Selección del proceso o sistema de producción.
 - D. Confirmación o adaptación técnica del proceso.
 - E. Elaboración de los diagramas de bloques y de flujo.
 - F. Elaboración de balances de materia y energía.
 - G. Diseño de los sistemas de manejo y transporte de materiales.
 - H. Selección y especificación de maquinaria y equipo.
 - I. Selección y especificación de los servicios auxiliares.
 - J. Distribución de los equipos.
 - K. Planos de distribución de la planta.
 - L. Especificación de la obra civil.
 - M. Programación de la construcción, instalación y puesta en marcha de la planta.¹⁶

A. Características y evaluación de las materias primas

Es necesario presentar un conjunto de alternativas de las materias primas posibles a utilizar, especificando sus características, experiencias anteriores en su uso; además, ventajas y desventajas comparativas en cuanto a la calidad alcanzada, tecnología que se utiliza para el procesamiento de cada una de ellas, disponibilidad, etc. Es importante que la materia prima que se proponga como la adecuada para procesar, permita abatir los costos de producción. La conveniente selección de la materia prima es el primer paso para lograr un producto de buena calidad.¹⁷ Además, es importante considerar las especificaciones de compra de las diferentes materias primas que se utilizarán en la elaboración del producto conociendo su descripción exacta, y así seleccionar la que permita alcanzar la calidad del producto, así como utilizar la tecnología que se adapte.

La evaluación de las materias primas es indispensable y se hace a través de muestras representativas de las mismas y efectuar las pruebas técnicas necesarias para determinar sus características. Entre los datos que suelen ser importantes se encuentran su composición

¹⁶ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., (1984), *La formulación y evaluación técnica económica de proyectos industriales*, Centro de Enseñanza Técnica Industrial, México, p. 120, 121.

¹⁷ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, (1979), *Metodología para la presentación, formulación y evaluación de proyectos industriales*, Subsecretaría de Fomento Industrial, México, p. 99, 100.

química, su estabilidad frente a agentes térmicos y biológicos, su forma, tamaño, ángulo de reposo, resistencia mecánica, humedad de equilibrio, densidad, características dimensionales, etc.¹⁸

B. Obtención de información técnica sobre productos, procesos y patentes

Es necesario investigar cuales son las tecnologías utilizadas a nivel nacional e internacional para la fabricación del producto, sus ventajas y desventajas comparativas, considerando la eficiencia en la operación de los equipos que la integran y su incidencia en los costos de producción y calidad de los productos. Este análisis de la tecnología tiene una relación directa con la selección de las materias primas que se usan para la elaboración del producto.¹⁹ Esta selección tomará en cuenta también la información que se obtenga del estudio de patentes, el cual señalará que procesos o productos están amparados por patentes todavía vigentes en el País donde se proyecta la planta, lo que permitirá, en su caso, ponerse en contacto con los propietarios o concesionarios de dichas patentes y obtener información sobre las condiciones bajo las cuales se pueda obtener licencia para el uso del proceso o para fabricar el producto.²⁰

C. Selección del proceso o sistema de producción

La elección de un tipo de proceso u otro, supone fijar definitivamente parámetros importantes para su rentabilidad futura como son: capacidad de producción, calidad del producto y costos de producción.²¹ Siempre es necesario comparar los diversos procesos que puedan ser utilizados en la elaboración de un determinado producto, a fin de seleccionar aquél que permita obtener ventajas técnicas, sociales y económicas aprovechando al máximo los recursos disponibles dentro de las limitaciones que impongan las condiciones existentes en la región donde se planea llevar a cabo su realización. Esta selección implica un estudio técnico profundo que permita visualizar cual de las alternativas de proceso puede dar los mejores resultados y cumplir con las especificaciones siguientes:

¹⁸ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 121.

¹⁹ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Op. Cit.*, p. 101.

²⁰ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 122.

²¹ Gómez-Senent Martínez, Eliseo; Gómez-Senent Martínez, Domingo; Aragonés Beltrán, Pablo; Sánchez Romero, Miguel Ángel y López Gómez-Senent, Domingo, (1997), *Cuadernos de ingeniería de proyectos I*, Universidad Politécnica de Valencia, España, p. 75.

-
- Ajustarse a los volúmenes de producción previstos.
 - Dar origen a productos que reúnan las especificaciones que demanda el mercado.
 - Ser factible de llevarse a cabo en los equipos que pueden ser obtenidos.²²

Desglosando los tres factores anteriores se toman en cuenta para la selección del proceso los aspectos siguientes: Disponibilidad de la tecnología, calidad de los productos obtenidos, costos de producción (incluyendo regalías), inversión requerida, rendimientos comerciales, balance de mano de obra, materias primas involucradas, facilidad y flexibilidad de operación, complejidad de la tecnología, posibilidad de desarrollo futuro, subproductos y residuos del proceso, riesgos involucrados en la operación del proceso, grado de dependencia de técnicos especializados y requerimientos y disponibilidad de los insumos.²³

Para el diseño adecuado de un proceso se puede emplear tecnología moderna y eficiente, evitando la elección de una obsoleta, pues puede provocar que el proyecto tienda a ser un fracaso económico sin solución.

Por otro lado, cabe señalar que la tecnología disponible en los Países en desarrollo para la industrialización de un gran número de productos proviene de Países desarrollados y en la mayoría de los casos requiere de una adaptación a las materias primas locales y a las limitaciones que imponen las condiciones existentes en cada región.²⁴

D. Confirmación o adaptación técnica del proceso

Generalmente en el estudio completo de ingeniería de un proyecto se requiere de algunas investigaciones de tipo experimental sobre el proceso, que pueden tener diversos grados de profundidad y que determinen en cierta medida las decisiones que es necesario adoptar. Estas investigaciones pueden efectuarse a nivel de laboratorio o de planta piloto, y pueden tener como objeto evaluar la calidad de las materias primas, ensayar nuevos procesos, revisar las condiciones de operación del proceso seleccionado buscando mejorar la calidad de los productos o los rendimientos, o bien establecer estos últimos para las materias

²² Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 123, 124.

²³ *Ibidem* p. 124.

²⁴ *Ibid.* p. 124.

primas disponibles.²⁵ Toda esta información permitirá obtener un proceso de producción optimizado.

E. Elaboración de los diagramas de bloques y de flujo

El objetivo de cualquier diagrama de flujo es presentar pictórica o semipictóricamente algunos aspectos de un proceso, de su tecnología, de su ingeniería, o de ambos. La representación pictórica es útil para: 1) ayudar al diseño y a la disposición (lay-out) de los equipos del sistema de proceso y de los sistemas auxiliares, mostrando con claridad la interrelación entre los distintos equipos; 2) proporcionar un esquema claro del proceso y de la planta; 3) ayudar a preparar una relación de los equipos necesarios y los sistemas auxiliares, que sirve para hacer una estimación preliminar del costo de la planta de proceso; 4) proporcionar una base para estimar el tamaño del equipo necesario; 5) instruir al personal en el sistema de proceso y sistemas auxiliares en la fase de puesta en marcha de la instalación. Los diagramas de flujo son útiles tanto para el estudio de problemas en plantas existentes como para el diseño de plantas de proceso nuevas.²⁶

El diagrama de bloques presenta la tecnología concreta de una alternativa de proceso, especificando cada uno de los pasos del mismo y las condiciones en las que se ha de desarrollar cada uno de esos pasos, como temperatura, tiempo, concentraciones, calidad de las materias primas que han de intervenir, etc. El diagrama de flujo (del equipo) representa la ingeniería del proceso mostrando cada uno de los equipos que intervendrán en el sistema de proceso. Este diagrama puede tener dibujados esquemáticamente los equipos (como un esquema sinóptico), a escala, dispuestos de forma vertical u horizontal. Para los diagramas de flujo en la ingeniería en alimentos se utilizan distintos tipos de símbolos.²⁷

F. Elaboración de balances de materia y energía

Se deben especificar los insumos que intervienen en cada etapa o proceso, sus cantidades, características y estado, y los productos y residuos resultantes. Es decir, todos los insumos directos y las transformaciones que sufren a través de las diferentes operaciones de la elaboración. Debe incluir las relaciones técnicas de transformación de materias primas e

²⁵ *Ibíd.* p. 124.

²⁶ López Gómez, Antonio, *Op. Cit.* p. 35.

²⁷ *Ibídem.* p. 44.

insumos secundarios en productos finales e intermedios, subproductos y residuos, con objeto de establecer un balance de materia y energía con miras a la estimación de los presupuestos de costos y gastos.²⁸ Con el fin de permitir que el costo de producción sea determinado de manera precisa en cuanto a materia prima, insumos y servicios mejorando el aprovechamiento de la capacidad de producción y en la eficiencia de la tecnología seleccionada

G. Diseño de los sistemas de manejo y transporte de materiales

En la fabricación de cualquier producto es necesario que los materiales que están siendo elaborados se desplacen de una operación a la siguiente hasta completar su procesamiento. Este movimiento de materiales, de un lugar a otro del sistema de producción, requiere ser revisado ampliamente para hacer un buen diseño del sistema de manejo y transporte de materiales, ya que puede ser el origen de un gran consumo de mano de obra o energía. La situación varía considerablemente de una planta industrial a otra, pues en el diseño de los sistemas de manejo de materiales debe buscarse flexibilidad, tanto en la trayectoria de flujo como en la capacidad de las unidades de carga, descarga y transporte.²⁹ En su sentido más general puede decirse que el manejo de materiales es el arte de mover, empacar y almacenar productos en cualquier estado físico. Entre los objetivos que deben perseguirse en el manejo y transporte de materiales en una planta industrial se encuentran los siguientes:

1. Reducir al mínimo los costos de movimiento de materiales.
2. Disminuir el tiempo de producción.
3. Contribuir a un buen control del flujo de productos.
4. Lograr un flujo de materiales con riesgos mínimos.
5. Reducir a un mínimo las mermas de materias primas y productos por manejo y movimiento.
6. Aprovechar al máximo la capacidad de almacenamiento.³⁰

²⁸ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Op. Cit.*, p. 103, 104.

²⁹ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 126, 127.

³⁰ *Ibidem.* p. 126, 127.

Para alcanzar estos objetivos es conveniente observar entre otros los siguientes principios.

1. Reducir a un mínimo el número de movimiento de material.
2. Disminuir a un mínimo la trayectoria de transporte de materiales.
3. Coordinar el transporte de materiales a través de toda la planta.
4. Diseñar adecuadamente las facilidades de recepción, almacenaje y embarque.
5. Utilizar la gravedad como fuerza de movimiento siempre que sea posible.
6. Seleccionar equipo que sea flexible en su uso.
7. Proveer facilidades alternativas de transporte de materiales en las zonas críticas del sistema de producción.³¹

H. Selección y especificación de maquinaria y equipo

Es necesario obtener la mayor información posible que será de utilidad al comparar varios equipos, ya que de ello depende la realización de cálculos y determinaciones posteriores. A continuación se presenta la información que se debe recabar y la utilidad que ésta tendrá en etapas posteriores:

- Proveedor.
- Precio.
- Dimensiones.
- Capacidad.
- Flexibilidad.
- Mano de obra necesaria.
- Costo de mantenimiento.
- Consumo de energía eléctrica.
- Infraestructura necesaria.
- Equipos auxiliares.
- Costo de fletes y seguros.
- Costo de instalación y puesta en marcha.
- Existencia de refacciones en el país.³²
- El proceso de elaboración adoptado.

³¹ *Ibíd.* p. 126, 127.

³² Baca Urbina, Gabriel, (1995), *Evaluación de proyectos*, McGraw-Hill, México, p. 97.

-
- El costo de operación.
 - Gastos por depreciación, importación y seguros.
 - El nivel de riesgos involucrados en su operación.
 - Obsolescencia previsible.
 - El grado de automatización deseado.
 - Las condiciones de compra.
 - La factibilidad de ampliación de su capacidad.³³

En realidad, la selección de la maquinaria y equipo se efectúa en dos etapas, en la primera se elige el tipo de equipo, con base en el diagrama de proceso y se le especifica con base en el mismo y en los balances de materia y energía para solicitar cotizaciones a los fabricantes. En la segunda etapa se selecciona en función a un análisis comparativo de los costos presentados por los proveedores. La automatización se puede introducir no solo en las operaciones del proceso, sino también en el manejo y transporte de materias primas y productos, y es precisamente en estas últimas donde hay más flexibilidad en cuanto al grado de automatización que es posible introducir. La selección de maquinaria y equipo es una actividad compleja, ya que no solo se trata de elegir, de entre las unidades industriales que resultan más convenientes desde el punto de vista técnico, económico, financiero y social, sino que también donde se desea adquirir,³⁴ aquella que se adapte a las necesidades.

I. Selección y especificación de los servicios auxiliares

Con base en los diagramas de bloques y de flujo, así como de los balances de materia y energía se determinan los requerimientos de servicios para la planta industrial dividiéndose en servicios primarios: agua, (abastecimiento y tratamiento), combustible, vapor de fuerza y de proceso y almacenamiento y movimiento de materias primas y productos; y servicios secundarios: constituidos por servicios de mantenimiento, servicios a edificios y calzadas, servicios a vías férreas, protección contra incendios, sistemas de drenaje y de eliminación de desechos de la planta, aire para la planta, y seguridad. Es importante analizar las necesidades y características de cada uno de los servicios para realizar el diseño del área a la cual serán destinados.

³³ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 128.

³⁴ *Ibidem.* p. 128, 129.

Una vez conocidas las características y volúmenes requeridos de los servicios auxiliares será posible especificar los equipos que deberán instalarse en la planta para suministrar, generar o transformar estos servicios. Las especificaciones así obtenidas permitirán gestionar las cotizaciones correspondientes, para posteriormente seleccionar las unidades industriales que resultan más convenientes, de acuerdo con un análisis técnico y económico similar al descrito para la maquinaria y equipo de proceso.³⁵

J. Distribución de los equipos

Al determinar la distribución de la maquinaria y equipo dentro y fuera de las instalaciones, es necesario diseñar un plano para colocar las máquinas y demás equipos, de manera que permita a los materiales avanzar con mayor facilidad, al costo más bajo y con el mínimo de manipulación, desde que se reciben las materias primas, hasta que se distribuyen los productos terminados.

El área de proceso deberá distribuirse conforme a los diagramas de bloques y de flujo, y en función del mejor flujo físico de los materiales por la planta, siendo el patrón de flujo más simple y directo el más eficiente, existiendo líneas de producción semejante a los patrones en forma de “I”, “U”, “L” y “S”.³⁶ Durante la distribución de maquinaria y equipo se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- El tipo, el tamaño y el número de máquinas y equipos que comprende el sistema de producción.
- Los requerimientos de espacio libre alrededor de los equipos para su operación y mantenimiento.
- El número de operarios en cada estación de trabajo.
- Los espacios requeridos para almacenamiento y manejo de materiales en proceso.
- Los requerimientos de espacio para las instalaciones auxiliares.
- Las necesidades de espacio por razones de proceso o calidad del producto.
- Los espacios requeridos por razones de seguridad industrial.
- Las previsiones del espacio requerido para ampliaciones futuras en la capacidad de producción.

³⁵ *Ibíd.* p. 129.

³⁶ Decelis Contreras, Rafael, (1994), *Evaluación de proyectos*, Costa-Amic, México, p. 42.

-
- La posibilidad de incorporación de innovaciones técnicas.³⁷

Para realizar los planos de distribución de equipos se deben considerar los factores mencionados que servirán para diseñar el área de proceso.

K. Distribución de la planta

La distribución en planta implica la ordenación de los espacios e instalaciones que la componen, así como su tamaño, forma y número de cada departamento, basándose en criterios como el número de empleados, de operaciones que se realizarán, espacios para almacenes diversos, seguridad y mantenimiento para asegurar la realización óptima de las actividades.

Esta distribución es necesaria cuando: a) se diseña una nueva planta, b) cuando funciona deficientemente una existente o c) cuando se aumenta o disminuye la producción. En estos dos últimos casos se trata más bien de una redistribución, lo que en general será más dificultoso que la distribución de una nueva planta, por tener que utilizar elementos que muchas veces no serán totalmente adecuados y tener que adaptarse a un espacio determinado.³⁸

L. Especificación de la obra civil

La obra civil se especifica de tal manera que satisfaga los requerimientos de la planta industrial, con base en los planos de distribución de los equipos y de la planta, las características de los equipos y los requerimientos para su instalación, las características y requerimientos del proceso, las disposiciones oficiales, las características del terreno, las características de los sistemas de manejo y transporte de materiales, los materiales de construcción disponibles en la zona, el uso que se dé a cada uno de los edificios, las necesidades de seguridad industrial, etc.³⁹ La construcción deberá cumplir con los siguientes aspectos:

- Dimensiones de la planta.
- Resistencia del piso.

³⁷ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 130.

³⁸ Velázquez Mastretta, Gustavo, (1973), *Administración de los sistemas de producción*, Limusa, México, p. 94.

³⁹ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 132, 133.

-
- Especificaciones de materiales para el piso.
 - Resistencias y otras características funcionales para muros y columnas, tipos de cubierta.
 - Niveles de iluminación natural y artificial.
 - Necesidades de puertas y otros accesos.
 - Requerimientos de instalaciones especiales como clima artificial, loseta antiderrapante o resistente al ácido, andenes y mezanines, instalaciones subterráneas.
 - Características de las instalaciones exteriores, etc.⁴⁰

M. Programación de la construcción, instalación y puesta en marcha de la planta

La programación de la construcción, instalación y puesta en marcha de la planta tiene como objetivos básicos los siguientes:

- Sincronizar hasta donde sea posible las actividades correspondientes, de tal manera que se aprovechen al máximo el tiempo y los recursos humanos y económicos, previendo las actividades que se pueden efectuar simultáneamente y las que por ser consecutivas requieren la terminación de la inmediata anterior.
- Establecer el programa de inversiones que servirá de base para financiar oportunamente las diversas fases de la realización del proyecto.
- Estimar el tiempo requerido para construir, instalar y poner en marcha la planta y sincronizar el inicio de la operación industrial con el abastecimiento de materia prima.
- Prever los problemas que pudieran surgir durante la realización del proyecto y tomar las medidas necesarias para resolverlos oportunamente.
- Permitir que se obtenga la mayor continuidad posible entre la etapa de instalación y la de operación normal de la planta.⁴¹

Entre las actividades fundamentales para la ejecución del proyecto se tiene:

- Obtención de recursos económicos.

⁴⁰ Nacional Financiera, *Op. Cit.*, p. 72.

⁴¹ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 133-135.

-
- Obtención de permisos y concesiones gubernamentales para instalar y operar la planta.
 - Preparación del terreno.
 - Construcción de vías de acceso de materiales.
 - Construcción de la obra civil.
 - Transporte de maquinaria y equipo.
 - Instalación de maquinaria y equipo.
 - Selección y adiestramiento de personal.
 - Arranque y período de pruebas de la planta.
 - Establecimiento de convenios comerciales.⁴²

Para la planeación y determinación de los tiempos de ejecución de la planta pueden emplearse técnicas de planeación y control de actividades tales como el Método de la Ruta Crítica (CPM), la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT), el Sistema de Balance de Líneas (LOB) y el Procedimiento de Asignación Múltiple de Recursos (MAP).⁴³ Todos los aspectos comentados de la A a la M se interrelacionan de tal manera que cualquier desviación en alguno de ellos afecta a los otros, es decir que cada aspecto debe cuidarse de manera que aporte información objetiva a las necesidades reales que se presenten.

⁴² *Ibidem.* p. 133-135.

⁴³ *Ibid.* p. 133-135.

Aspectos relevantes que deben considerarse en el diseño de una planta

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas

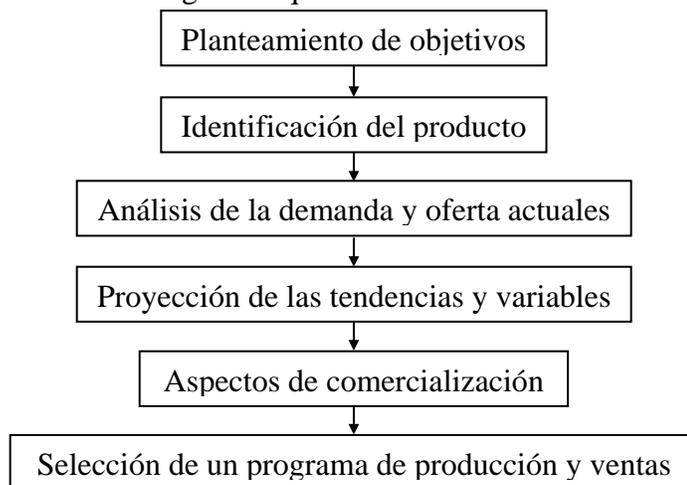
CAPÍTULO 2

ASPECTOS RELEVANTES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA

2.1 ESTUDIO DE MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

El estudio de mercado permite conocer la cantidad de producto que se puede vender, el precio que los consumidores están dispuestos a pagar y las especificaciones que el producto debe presentar.⁴⁴ Es el factor más influyente para determinar cuantitativamente la demanda insatisfecha y de ésta manera se convierte en un parámetro que permita determinar el tamaño de la planta productora, aunque también permite diseñar los productos que en ella se pueden fabricar. La figura 2 contiene el orden lógico para elaborar un estudio de mercado factor influyente para elaborar el programa de producción acorde a las necesidades que se demanden.

Figura 2. Orden lógico en que se elabora un estudio de mercado.



Fuente: Nacional Financiera, (2000).⁴⁵

El estudio de mercado nos lleva a datos cuantitativos de:

- La cantidad de consumidores que habrán de adquirir el bien o servicio que se piensa vender, dentro de un espacio definido, durante un periodo de mediano plazo y largo plazo.

⁴⁴ Valiente Barderas, Antonio, *Op. Cit.* p. 75.

⁴⁵ Nacional Financiera, *Op. Cit.*, p. 18.

-
- Indica si las características y especificaciones del servicio o producto corresponden a las que desea comprar el cliente.
 - Qué tipo de clientes son los interesados en los bienes, lo cual servirá para orientar la producción del negocio.
 - Dará la información acerca del precio apropiado para colocar nuestro bien o servicio y competir en el mercado, o bien imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.⁴⁶
 - La forma en como se comercializará el bien o servicio.

Una vez cuantificados los factores anteriores, la Ingeniería Básica se basará en la información obtenida para establecer así las condiciones que intervendrán en la determinación del tamaño de la planta y en la selección de maquinaria y equipo.

2.2 ESTUDIO DE MERCADO DE ABASTECIMIENTO

La disponibilidad de las materias primas es de suma importancia ya que influye en la determinación del tamaño y localización de la planta, además de la selección del proceso y de los equipos a instalar. Para este estudio, se debe hacer una recopilación de información y de datos estadísticos sobre las materias primas básicas a utilizar para obtener el producto deseado y así poder determinar los lugares posibles donde se pueda instalar la planta productiva. Sin embargo, cabe mencionar que la importancia de los mismos varía de acuerdo con el proyecto industrial de que se trate.

El estudio comprende los siguientes rubros:

- Materias primas básicas.
- Localización de zonas productoras.
- Volúmenes de producción.
- Importaciones.
- Precios de adquisición.
- Destino de las materias primas.⁴⁷

⁴⁶ www.siem.gob.mx; 15, VI, 04.

⁴⁷ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.*, p. 61-66.

El garantizar el abasto de materia prima disponible permite asegurar el futuro económico y social de la planta, además de que la cantidad de materia prima disponible se relaciona con la demanda insatisfecha para determinar así con más precisión la capacidad productiva de la planta.

2.3 EL ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA PLANTA

2.3.1. Localización de la planta

El estudio de localización es un aspecto que se tiene que analizar cuidadosamente, debido a que existen factores que van a permitir la selección del sitio que reúna las características más apropiadas al proyecto y de ésta manera lograr el mínimo de costos unitarios.

De manera genérica se dice que la localización de un proyecto o de una planta industrial se orienta en dos sentidos: hacia el mercado de consumo o hacia el mercado de insumos (materias primas).⁴⁸ Uno de los aspectos más importantes de un proyecto y que con mayor cuidado debe analizarse, es precisamente el de localización. El impacto económico que la localización de la planta puede tener sobre un proyecto es definitivo y de un alto significado.⁴⁹ Pues una vez seleccionado el lugar, la planta permanecerá allí durante todo su tiempo de vida útil, y en caso de que existieran desviaciones sobre algún factor, este afectaría de igual manera todo el tiempo que la planta permanezca en el lugar, con las implicaciones económicas, técnicas y sociales, correspondientes. Razón por la cual es conveniente realizar un estudio detallado donde se evalúan todos los factores de la macro (regional) y micro (local) localización, considerando un análisis preciso sobre las diferentes alternativas existentes, sus ventajas y limitaciones, además de relacionar la información obtenida en el estudio de mercado de consumo y abastecimiento para elegir el sitio adecuado.

⁴⁸ Gallardo Cervantes, Juan, (2000), *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Nacional Financiera, México, p. 51.

⁴⁹ García G. y Moreno, C., (1972), Algunas consideraciones sobre la localización de plantas industriales, *Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, Vol. 13, No. 12, p. 46.

Los factores que se toman en cuenta para la localización son:

- Mercado de consumo.
- Mercado de abastecimiento.
- Aspectos fiscales.
- Condiciones climáticas.
- Servicios
- Control ambiental.
- Infraestructura.
- Mano de obra.⁵⁰

Otro aspecto importante que no se debe pasar por alto es el efecto que tendría la planta en caso de ser construida sobre su entorno y medio ambiente, realizando los estudios necesarios que deben incluir las exigencias que los reglamentos solicitan, es decir el marco legal correspondiente deberá contemplarse desde que la planta se diseña; considerando no afectar en la medida de lo posible la flora, la fauna, el aire o el agua del lugar y entorno de localización.

2.3.2. Determinación del tamaño de la planta

El tamaño está íntimamente ligado con las variables de oferta y demanda del producto y con todos los demás aspectos del proyecto. En términos óptimos, el tamaño no debería ser mayor que la demanda actual y esperada del mercado, ni la cantidad demandada menor que el tamaño mínimo económico del proyecto.⁵¹ Se puede decir que el tamaño de la planta mide la relación de la capacidad productiva durante un periodo de tiempo. Cabe mencionar que existen diferentes conceptos sobre capacidad tales como:

- Capacidad de diseño o teórica instalada: es el monto de producción de artículos estandarizados en condiciones ideales de producción, por unidad de tiempo.

⁵⁰ Lasheras, José María y Abancens, Aurelio, (1985), *Tecnología de la organización industrial*, Cedel, México, p. 53-57.

⁵¹ Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo, (1985), *Fundamentos de preparación y evaluación de proyectos*, McGraw-Hill, Chile, p. 141, 142.

-
- Capacidad del sistema: es la producción máxima de un artículo específico o una combinación de productos que el sistema de trabajadores y máquinas puede generar trabajando en forma integrada y en condiciones singulares, por unidad de tiempo.
 - Capacidad real: es el promedio por unidad de tiempo que alcanza una empresa en un lapso determinado, teniendo en cuenta todas las posibles contingencias que se presentan en la producción de un artículo; esto es, la producción alcanzable en condiciones normales de operación.
 - Capacidad empleada o utilizada: es la producción lograda conforme a las condiciones que dicta el mercado y que puede ubicarse como máximo en los límites técnicos o por debajo de la capacidad real.
 - Capacidad ociosa: es la diferencia hacia abajo entre la capacidad empleada y la real.⁵²

Otra forma de definir el tamaño de la planta es la capacidad expresada como la cantidad producida por unidad de tiempo, es decir, volumen, peso, valor o número de unidades de producto elaboradas por año, ciclo de operación, mes, día, turno, hora, etc.,⁵³ y que para éste estudio se estableció como tal. Los factores que permiten determinar con precisión el tamaño de una planta industrial son:

- Demanda insatisfecha.
- Materia prima disponible.
- Economías de escala.
- Tecnología de producción y maquinaria y equipo disponible.
- Política económica.⁵⁴

A continuación se describen estos factores:

1. Demanda insatisfecha

La demanda insatisfecha como su nombre lo indica es aquella necesidad que ha sido cuantificada pero que no es cubierta por ningún oferente y ésta se convierte en la parte del mercado que una empresa nueva debe abarcar para poder vender sus productos terminados.

⁵² Nacional Financiera, *Op. Cit.*, p. 56.

⁵³ Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F., *Op. Cit.* p. 77.

⁵⁴ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Op. Cit.*, p. 55-58.

2. Materia prima disponible

Los volúmenes disponibles de materias primas pueden condicionar el tamaño de la planta, dependiendo del tipo de proyecto del cual se trate. La estacionalidad y perecibilidad de la materia prima, para algunos proyectos, tiene una estrecha relación con los volúmenes de materias primas que puedan obtenerse.

Por ejemplo en un proyecto para el aprovechamiento de un recurso pesquero, que dado su alto grado de perecibilidad es recomendable establecer la planta industrial cerca del centro de captura, el tamaño puede estar condicionado por dos factores: el volumen de captura y su perecibilidad, ya que este tipo de producto no es recomendable transportarlo a grandes distancias ni almacenarlo por largos periodos aún en refrigeración, por lo tanto la planta deberá tener capacidad suficiente para procesar la cantidad que se capture, el mismo día.⁵⁵

3. Economías de escala

Cuando la empresa crece, es decir, aumenta su escala de producción, se producen ciertos ahorros que permiten disminuir en costo por unidad de producción. El crecimiento de la planta o del volumen de producción que origina ahorros o costos bajos se denomina economía de escala. Las economías de escala pueden ser internas cuando los ahorros son ocasionados por factores internos al funcionamiento de la empresa.⁵⁶ Las economías de escala internas ocurren cuando:

- Aumenta el tamaño de la planta, lo que permite incrementar la división y especialización del trabajo; esto provoca aumentos en la productividad y, por lo tanto, disminución de costos.
- Hay un avance tecnológico que permite adquirir máquinas más grandes y mejores, es decir, con mayor nivel de especialización. La adquisición y el mantenimiento de maquinaria y equipo grande resultan más baratos, requieren de menos fuerza de trabajo y permiten el ahorro de materias primas.
- Existe una utilización más completa de la capacidad instalada, lo que ocurre si la producción se compone de varios procesos y se adecua la capacidad productiva de un

⁵⁵ *Ibidem.* p. 57, 58.

⁵⁶ Méndez Morales, José Silvestre, *Op. Cit.*, p. 99-101.

proceso con el que le sigue y así sucesivamente, de tal manera que no haya retrasos y cada línea de producción aumente su productividad.

- La existencia de reservas acumuladas y materias primas está acorde con la escala de producción, de tal manera que siempre se cuente con los insumos necesarios para la producción, y el proceso no sufra retrasos por esta causa.

Las economías de escala externas ocurren cuando:

- Disminuye el número de empresas existentes en el mercado, lo que provoca que las empresas que quedan se vuelvan más eficientes para absorber este segmento del mercado.
- Aumentan y mejoran los servicios públicos que se proporcionan a la localidad donde está ubicada la empresa, y se traducen en ahorros para ésta.
- Existe cercanía con las fuentes de aprovisionamiento de materias primas y con el mercado.
- Es posible absorber mano de obra, sobre todo si es calificada y no les costó a la empresa su formación.
- Disminuye el precio de maquinaria, equipo y materias primas que la empresa puede adquirir en condiciones ventajosas.
- En general existen todos aquellos factores externos a la empresa que le permiten aumentar la productividad, disminuir costos e incrementar ganancias.⁵⁷

4. Tecnología de producción, maquinaria y equipo disponible

En general, la búsqueda de procesos disponibles se deberá restringir a los ya conocidos y experimentados a escala industrial. En caso de ser uno nuevo se buscare en las otras alternativas, pero su posibilidad dependerá de los elementos económicos, ya que la investigación que se debe hacer al respecto eleva su costo.

La adquisición de una tecnología automatizada puede originar una capacidad ociosa muy grande. Esta podrá ser superada en el tiempo, si el crecimiento del mercado lo permite, o mantenerse en ese nivel durante la vida útil del proyecto, si ello se justifica desde un punto

⁵⁷ *Ibidem.* p. 99-101.

de vista técnico y económico,⁵⁸ la selección de maquinaria y equipo importado deberá realizarse de manera cuidadosa, ya que muchas veces la asesoría técnica correspondiente para la adaptación de ésta maquinaria se convierte en una carga económica.

5. Política económica

La política económica vigente en una región puede influir sustancialmente en el tamaño de la planta a instalar, a través del establecimiento de diversos incentivos. Estos pueden estar encaminados a sustituir importaciones, fomentar exportaciones, etc. En otras ocasiones la política económica puede reducir el tamaño del proyecto, ya sea limitando la importación de equipos o los créditos a ciertas industrias, como consecuencia de los programas de desarrollo.⁵⁹ Por otro lado existe otro factor que es relevante (y que en ocasiones no se le da la importancia que merece) en la determinación del tamaño de una planta industrial, el cuál es el aspecto ecológico, ya que si la ecología de un lugar se encuentra afectada, o puede afectarse al instalar una planta industrial por la cantidad de efluentes o de polución ambiental que genera, el tamaño estará en función de su operación eficiente con los dispositivos descontaminantes que existan.

2.4 EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA

Aunque en el capítulo uno se han mencionado y explicado ya estos aspectos, es conveniente puntualizar otros factores que se deben tocar con la profundidad necesaria.

2.4.1. Sobre el proceso de producción

El proceso de transformación es la descripción sintética de las fases necesarias para pasar del estado inicial de materia prima e insumos auxiliares a su estado final, es decir al producto terminado.⁶⁰ La tecnología de un determinado proceso está en constante cambio debido al adelanto técnico y el nivel de tecnología está establecido por el conocimiento de los distintos procesos de producción.

En la determinación del proceso de producción se distinguen tres clases básicas de tecnología y algunos aspectos que las caracterizan, tales como:

⁵⁸ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Op. Cit.*, p. 58-60, 66-68.

⁵⁹ *Ibidem.* p. 67, 68.

⁶⁰ *Ibid.* p. 97.

-
- a) Proceso de mano de obra intensiva.
- Disponibilidad de mano de obra barata.
 - Cantidades pequeñas de producción.
 - Disponibilidad de poco capital.
 - Producción sobre pedidos.
 - Producción sin necesidad de tener inventarios.
 - Necesidad de mano de obra calificada.
- b) Proceso mecanizado.
- Costo relativamente alto de mano de obra.
 - Escasez de mano de obra calificada.
 - Requerimientos de series grandes de producción.
 - Necesidad de cumplir normas de calidad.
 - Necesidad de calidad uniforme de los productos.
 - Incremento rápido de la demanda.
 - Mayor requerimiento de capital para inversión.
 - Disponibilidad de servicios auxiliares.
- c) Proceso altamente mecanizado, uso de tecnologías avanzadas.
- Producción en series grandes.
 - Demanda muy amplia.
 - Necesidad de reducir elevados costos de mano de obra.
 - El costo de la mano de obra es mayor.
 - Necesidad de supervisores calificados.
 - Necesidad de un departamento de ingeniería.
 - Necesidad de inversiones considerables.
 - Recuperación en corto plazo de la inversión.
 - Amortización.
 - Dependencia técnica externa.
 - Poca flexibilidad en selección de ampliaciones futuras.”⁶¹

⁶¹ Erossa Martín, Victoria E., (1999), *Proyectos de inversión en ingeniería (su metodología)*, Limusa, México, p. 100, 101.

Entre los factores que intervienen en la selección de un proceso se encuentran los siguientes:

- Objetivos perseguidos al formular y evaluar el proyecto.
- Recursos financieros disponibles.
- Costos.
- Capacidad de la planta.
- Adaptación del producto al proceso a seleccionar.

La selección de un determinado proceso tecnológico significa conseguir una determinada calidad en el producto obtenido, de acuerdo a unos determinados estándares de diseño, y además conseguir, en mejores o peores condiciones, una determinada capacidad de producción acorde con el tamaño decidido para el proyecto en las etapas previas. También hay que tener en cuenta que los costos importantes a la hora de considerar y elegir el proceso de producción no son sólo los costos de la inversión inicial, sino también a los costos de producción, tanto en lo referente a materias primas, como a los de transformación (energía, servicios, mano de obra, etc.). Además de todas estas consideraciones, el estudio del proceso es necesario por cuanto a partir de él se ha de realizar la distribución en planta de los componentes del sistema. Por tanto, se analizan esos componentes estableciendo los enlaces entre ellos, los flujos de materiales, los consumos, etc., de tal forma que todo quede lo más claro posible para el que tenga que tomar la decisión final sobre el lay-out del proyecto. En otro sentido el conocimiento de los procesos es de vital importancia para cualquier ingeniero, incluso para los ingenieros dedicados a la creación de productos. Sin un conocimiento suficiente de cómo son los procesos de fabricación de los distintos componentes del producto difícilmente se puede resolver su diseño adecuadamente. El proyectista debe saber como condicionan los procesos conocidos a su producto y como este afectará a la fabricación ya que, en muchos casos, el nuevo diseño exigirá modificaciones en el proceso y en el sistema de fabricación.⁶²

Al seleccionar el proceso se puede realizar un programa de producción que plantea las metas de producción del proyecto, considerando el espacio de tiempo en que se realizará.

⁶² Gómez-Senent Martínez, Eliseo; Gómez-Senent Martínez, Domingo; Aragonés Beltrán, Pablo; Sánchez Romero, Miguel Ángel y López Gómez-Senent, Domingo, *Op. Cit.*, p. 74-76.

El objetivo inmediato del programa de la producción es especificar cuándo debe producirse una determinada cantidad del producto. Tomando como base las predicciones de ventas durante el año y conociendo la capacidad financiera y productiva, maquinaria y mano de obra, es necesario elaborar un programa maestro de producción que cumpla con los requisitos de la demanda en una forma económica. Éste plan maestro se deberá revisar o corregir conforme el tiempo transcurra, adaptándolo a las nuevas necesidades. Los volúmenes de producción especificados en el plan maestro para cada periodo, semana, mes, trimestre, etc., serán utilizados para el programa de la producción en dicho plazo.⁶³

Es así, como el programa de producción debe ser muy bien diseñado, eligiendo la mejor alternativa económica puesto que es un parámetro importante del cual se depende para definir el tamaño óptimo de la planta, y la cantidad de abasto de materias primas e insumos que serán requeridos.

2.4.2. El balance de materia y energía

Los balances de materia y energía son una contabilidad de entradas y salidas de materia y energía de un proceso o de una parte de éste. Estos balances son importantes para el diseño del tamaño de equipos que se emplean y para calcular su costo. Si la planta trabaja, los balances proporcionan información sobre la eficiencia de los procesos.⁶⁴

Se hace con el objeto de incluir datos sobre las relaciones técnicas de transformación de las materias primas e insumos diversos tales como productos finales, intermediarios, subproductos y residuos. También, se realizan para incluir datos sobre el consumo de energía utilizable durante todo el proceso productivo, además de que ésta información aportará los coeficientes unitarios destinados a la cuantificación física y económica de los insumos en el proceso de producción. Para elaborar éstos balances, se requiere aplicar los coeficientes técnicos para cada una de las etapas del proceso y para el proceso en su conjunto. En estas etapas se van mostrando las cantidades que entran y salen de cada uno de los insumos, así como las condiciones de presión, humedad y temperatura. El principio técnico que fundamenta éste balance es el primer principio de la termodinámica o de la

⁶³ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Op. Cit.*, p. 75.

⁶⁴ Valiente Barderas, Antonio, (1999), *Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria*, Limusa, México, p. 19.

conservación de la energía. Esto es que la cantidad total de entradas (masa y energía) es igual a la cantidad de salidas ya sea desechos, subproductos, mermas, cambios en la forma de la energía, productos finales, etc.⁶⁵ Los balances de materia y energía suelen proporcionarse en forma de tablas resumiendo los cálculos o incluirse en el diagrama de flujo del proceso.

2.4.3. El dimensionamiento de áreas

El dimensionamiento de áreas en una industria de cualquier tipo es de suma importancia, y debe ser realizado de acuerdo a las especificaciones que establezcan los reglamentos de construcción vigentes, debido a que se toman en cuenta varios aspectos como por ejemplo las áreas requeridas y sus dimensiones de acuerdo al proceso de producción, al número de personal que laborará, a los equipos y maquinaria a instalar, a la seguridad en la planta, etc., los cuales van a proporcionar información fundamental para elegir las más apropiadas. La seguridad es indispensable en una planta industrial por lo que es conveniente considerar las condiciones climatológicas del lugar en donde los vientos dominantes y reinantes juegan un papel importante de tal manera, que se pueda elegir la mejor ubicación de las áreas que conformarán la planta, además de que permitirá la adecuada realización de las actividades; como ejemplo, se puede decir que en el área de proceso se toman en consideración las dimensiones de la maquinaria y equipos, su arreglo, así como los espacios requeridos para la operación y el mantenimiento de los mismos; sin olvidar el espacio requerido para futuras ampliaciones. Por lo tanto, el dimensionamiento debe realizarse de acuerdo a las necesidades que se requieran, para ofrecer seguridad y optimizar el sistema de fabricación y se puedan obtener los mejores resultados tanto operativos como económicos.

2.4.4. Distribución de áreas de la planta

Para mejorar los métodos de trabajo, es necesario planear una adecuada distribución de áreas, con el fin de lograr una circulación racional, más corta y sin retrocesos y en suma, más económica; obteniéndose con esto en la mayoría de los casos una notable mejora en el funcionamiento de la planta. Las medidas de las áreas que conformarán la planta deberán ser justificadas de acuerdo a lo que se encuentre dentro de ellas, además como se mencionó

⁶⁵ Nacional Financiera, *Op. Cit.*, p. 66.

anteriormente de tomar criterios que estipulan los reglamentos de construcción y normas diversas, con la finalidad de tener un diseño adecuado a las necesidades requeridas. La distribución en planta es el orden de los espacios e instalaciones de la misma, con el fin de conseguir que los procesos de fabricación o la prestación de los servicios se lleven a cabo de la forma más racional y económica posible.

Con una buena distribución en planta se consiguen los siguientes beneficios:

- Se facilita el proceso de fabricación, ya que la distribución se acomoda a la mejor circulación de las piezas más importantes.
- Se aumenta la capacidad de producción, al mejorar la distribución, evitando los cuellos de botella, se aumenta la saturación de todos los elementos de fabricación.
- Se reduce al mínimo el movimiento de materiales. Es una consecuencia de la reducción de distancias, y del número de transportes, y de la combinación de operaciones con transportes, etc.
- Disminuye el material en curso de fabricación, puesto que se acorta el tiempo que dura la fabricación.
- Proporciona seguridad y confort al personal. La distribución no solo atiende la mejor circulación de la fabricación, sino también se ocupa de procurar la instalación óptima de todos los puestos de trabajo, tanto en situación como en seguridad, iluminación, ventilación, etc.⁶⁶

Una buena distribución en planta debe satisfacer los siguientes principios:

- Integración total. Siendo los elementos básicos de la producción los hombres, las máquinas y los materiales, se debe basar en primer lugar la distribución en su mejor coordinación e integración en un todo perfectamente conjuntado.
- Recorrido mínimo y continuo. Teniendo en cuenta que los desplazamientos de los materiales y semifabricados no añaden valor al producto, pero si aumentan su costo, se ha de procurar que el recorrido no solo sea el mínimo, sino también sin demoras, retrocesos o cambios de dirección, con objeto de disminuir el tiempo de fabricación, su costo y el volumen de materiales en proceso.

⁶⁶ Velázquez Mastretta, Gustavo, *Op. Cit.*, p. 93-95.

-
- Aprovechamiento del espacio. En la distribución se debe buscar el máximo aprovechamiento del espacio, en sus tres dimensiones, utilizando los espacios superiores de las naves para la instalación de grúas, de canalizaciones eléctricas, conductos de aire de ventilación o acondicionamiento de aire, etc.
 - Seguridad y satisfacción en el trabajo. Deben disponerse los puestos de trabajo teniendo en cuenta la máxima seguridad y satisfacción para los operarios que los ocupen.
 - Flexibilidad. Debe darse a la mayor cantidad posible de instalaciones la máxima flexibilidad en cuanto a su instalación, colocando las máquinas, a ser posible, sobre el suelo sin anclarlas, para poder variar su posición o situación en caso necesario, Las instalaciones eléctricas y canalizaciones de agua y aire estarán preparadas para tomar derivaciones en cualquier punto.
 - Posibilidad de ampliaciones. Debe planearse la distribución contando con la posibilidad de ampliaciones.⁶⁷

Acerca de la distribución de áreas por lo general, las naves industriales se construyen en forma de rectángulo de manera que se comuniquen entre sí reduciendo a un mínimo las interferencias mutuas en lo que toca a luz y ventilación.

Cuando se planea su distribución inicial se tienen en cuenta las necesidades de las ampliaciones futuras, para que puedan efectuarse dentro de la distribución original.⁶⁸ Por lo que se refiere a las áreas que conformarán la planta hay que establecer y definir las distintas áreas que van a constituir la planta productiva.

Las tres áreas principales de cualquier instalación industrial son:

- a) Área de producción y almacenamiento
 - Almacenes de materias primas, principales y auxiliares.
 - Almacenes de materiales en curso de fabricación.
 - Almacenes de productos terminados.
 - Áreas de fabricación.
 - Áreas de control.

⁶⁷ *Ibidem.* p. 93-95.

⁶⁸ Erossa Martín, Victoria E., *Op. Cit.*, p. 110.

b) Áreas de servicios generales y auxiliares.

Zona de servicios generales:

- Oficinas generales y de fábrica.
- Laboratorios.
- Talleres de mantenimiento.
- Almacenes de piezas de recambio y herramientas.
- Garajes y aparcamientos.

Zona de servicios auxiliares:

- Centros o parques exteriores de transformación.
- Parques de combustibles.
- Tratamiento de agua y efluentes.
- Agua de refrigeración.
- Calderas.
- Compresores de aire.

c) Área social:

- Comedores.
- Cocinas.
- Vestuarios y aseos centralizados.
- Aseos localizados.

Servicios médicos y asistenciales.

- Consultorio, guardería infantil.

Servicios culturales:

- Aulas, salas de reuniones o conferencias, biblioteca.

Servicios deportivos:

- Campos de deportes, piscina.

Servicios recreativos:

- Bar, salas de juego.⁶⁹

Hay que aclarar que los tres últimos servicios, no son de carácter obligatorio, aunque si opcional, debido a que implican una erogación adicional.

⁶⁹ De Cos Castillo, Manuel, *Op. Cit.*, p. 97-99.

También deben especificarse los conceptos siguientes:

- Medios de producción. Deberán quedar materializados en una lista de máquinas y equipos con sus especificaciones, que definan la calidad de sus materiales de construcción y sus características de funcionamiento, así como en un organigrama del personal necesario con sus calificaciones técnicas.
- Organización de sus medios de producción. No basta con determinar los medios necesarios para producir, sino que hay que organizarlos adecuadamente, partiendo de la definición de cada puesto de trabajo hasta la distribución en planta de todas las máquinas y de todos los medios de trabajo.
- Organización de los ciclos de fabricación. Después de organizar cada puesto de trabajo, hay que estudiar el ciclo completo de fabricación, de forma que se disminuyan los transportes internos y los tiempos muertos, se optimicen las alimentaciones a máquinas y los procesos tengan la adecuada cadencia y fluidez, evitando recorridos y paradas innecesarias, y de esta manera conseguir los menores costos reales. En determinados casos, se llegará a la conclusión de que la disposición mejor será “por líneas de producto” y en otros se adoptará la disposición “por secciones” o incluso soluciones mixtas e intermedias.
- Organización del control de la producción. Implantadas las máquinas y equipos y definida la forma de manipular y almacenar los materiales (materias primas, productos semielaborados y productos terminados), se determinará la forma de controlar la producción para comprobar el cumplimiento de las especificaciones de calidad establecidas.⁷⁰

2.5 ADMINISTRACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA PLANTA

La buena administración de proyectos sin importar el tamaño, requiere la planeación, programación y coordinación cuidadosa de numerosas actividades interrelacionadas mediante distintas técnicas de planeación. La finalidad de éstas técnicas de planeación consiste en que el administrador del proyecto que las utilice, tome las decisiones más adecuadas para organizar el trabajo y no tome ni más tiempo ni más dinero de lo estrictamente necesario. Ésta fase se refiere a las actividades relacionadas con la gestión del

⁷⁰ *Ibidem.* p. 97-99.

financiamiento y su aplicación presupuestal ordenada y controlada utilizándose diversas técnicas de planeación tales como:

- Diagrama de Gantt.
- PERT.
- Camino Crítico o Método de la Ruta Crítica (CPM).

Las actividades a realizar y administrar, van desde la constitución jurídica de la nueva entidad económica; la adquisición y adecuación del terreno; la construcción de las instalaciones (obra civil); la adquisición, montaje y prueba de los equipos y maquinaria requeridos por el proceso productivo; hasta la capacitación del personal para “echar a andar” la nueva organización.⁷¹

El cronograma de instalación del proyecto, guarda estrecha relación con los estudios financieros económicos y con los resultados alcanzados en el estudio de mercado. En éste cronograma se estiman las fechas, plazos de negociación con las entidades financieras y de las autoridades de cuya aprobación dependen, de los estudios finales de ingeniería, de la atención de obras: incluyendo adquisición, transporte y montaje de equipos y de máquinas y de la puesta en marcha e iniciación de las operaciones. Éste cronograma puede representarse en forma gráfica por medio de un simple diagrama de barras (Diagrama de Gantt) o un conjunto de redes (Redes Pert): en cualquier caso tiene por objeto asegurar que el montaje del proyecto se haga en forma más eficiente y rápida posible. Sobre la base de éste cronograma se establecerá un “plan de ejecución” que muestre en forma detallada y lógica la secuencia de actividades que corresponden a la fase de ejecución del proyecto. En esta fase se concentra la inversión y también por lo general los desembolsos del financiamiento. Por ésta razón es útil disponer con el mayor detalle posible de las previsiones de la cronología estimada, a fin de coordinar mejor la adquisición de materiales, equipo, la prestación de servicios por terceros y la realización directa de montaje y construcción, hasta la puesta en marcha del proyecto. Se trata de proponer según un esquema visible y coherente el desarrollo en función del tiempo, de la movilización de

⁷¹ Gallardo Cervantes, Juan, *Op. Cit.*, p. 9.

todos los requisitos del proyecto físico, materiales, humanos, institucionales, técnicos, financieros, en la medida en que se haga necesario.⁷²

2.5.1. Diagrama de Gantt

Hasta antes de 1957 la programación y el control de un proceso productivo solo era posible llevarse a cabo, a base de “Diagrama de barras” o “Diagrama de Gantt”, el cual consistía en predeterminar cuales eran las actividades principales, cual su duración y representarlas a cierta escala de manera que, a cada actividad le correspondía un renglón de la lista, que generalmente establecía también el orden de ejecución de las actividades, situándose la barra representativa de cada actividad a lo largo de una escala de tiempos efectivos. Si después de emplear el criterio personal se obtenía una fecha de terminación igual a la propuesta, se aceptaba dicho diagrama, en caso contrario y basados únicamente en la experiencia y la intuición del programador se reducía la dimensión de las barras hasta obtener la fecha de terminación deseada.⁷³ Es importante realizarlo porque tiene por objeto controlar la ejecución simultánea de varias actividades que se realizan de manera coordinada.⁷⁴

2.5.2. Método de la Ruta Crítica

A principios de 1957 el ingeniero Morgan R. Walker y el ingeniero James I. Killey Jr., pusieron a prueba el método de la ruta crítica (Critical Path Method) en la construcción de una planta química para la compañía Dupont; desde entonces y debido a las bondades de dicho método su difusión ha sido mundial y su aplicación a problemas de muy diversa naturaleza. En México el “Critical Path Method” ha sido usado desde 1961 por la Secretaría de Obras Públicas para la construcción de edificios, con inmejorables resultados y desde 1962 por la Comisión Federal de Electricidad para controlar las grandes obras de electrificación que se realizan en el país.⁷⁵

⁷² Velázquez Sánchez, Rubén, (2000), *Manual para la formulación y evaluación de proyectos ambientales*, IPN, México, p. 77.

⁷³ Suárez Salazar, Carlos, (1990), *Costo y tiempo de edificación*, Limusa, México, p. 333.

⁷⁴ Reyes Ponce, Agustín, (1997), *Administración moderna*, Limusa, México, p. 259, 260.

⁷⁵ Suárez Salazar, Carlos, *Op. Cit.*, p. 333.

El método de la Ruta Crítica es una técnica nueva y eficaz en la planeación y administración de todo tipo de proyectos. En esencia es la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red que describe la secuencia e interrelación de todas las componentes del proyecto, así como el análisis lógico y la manipulación de ésta red para la completa determinación del mejor programa de operación, además de que sólo “utiliza una única estimativa de tiempo.”⁷⁶ El CPM puede ser empleado no sólo en la planeación y control de trabajos de construcción sino también en programas de investigación, problemas de mantenimiento, promoción de ventas, y operaciones relacionadas con otras industrias,⁷⁷ estudios económicos, planeación de carreras universitarias, censos de población, proyectos industriales, etc.

Un beneficio primordial que nos brinda el método de camino crítico es que resume en un solo documento la imagen general de todo el proyecto, lo cual nos ayuda a evitar omisiones, identificar rápidamente contradicciones en la planeación de las actividades, facilitando abastecimientos ordenados y oportunos; en general, logrando que el proyecto sea llevado a cabo con un mínimo de tropiezos.⁷⁸

⁷⁶ Banco Interamericano de Desarrollo, (1985), *Proyectos de desarrollo: Planificación, implementación y control*, Limusa, México, p. 181.

⁷⁷ Antill, James M. y Woodhead, Ronald W., (1975), *Método de la ruta crítica y su aplicación a la construcción*, Limusa, México, p. 13.

⁷⁸ Catalytic Construction Company, (1986), *Método del camino crítico*, Diana, México, p. 14.

Aplicación de la ingeniería básica para una planta productora de quesos

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas

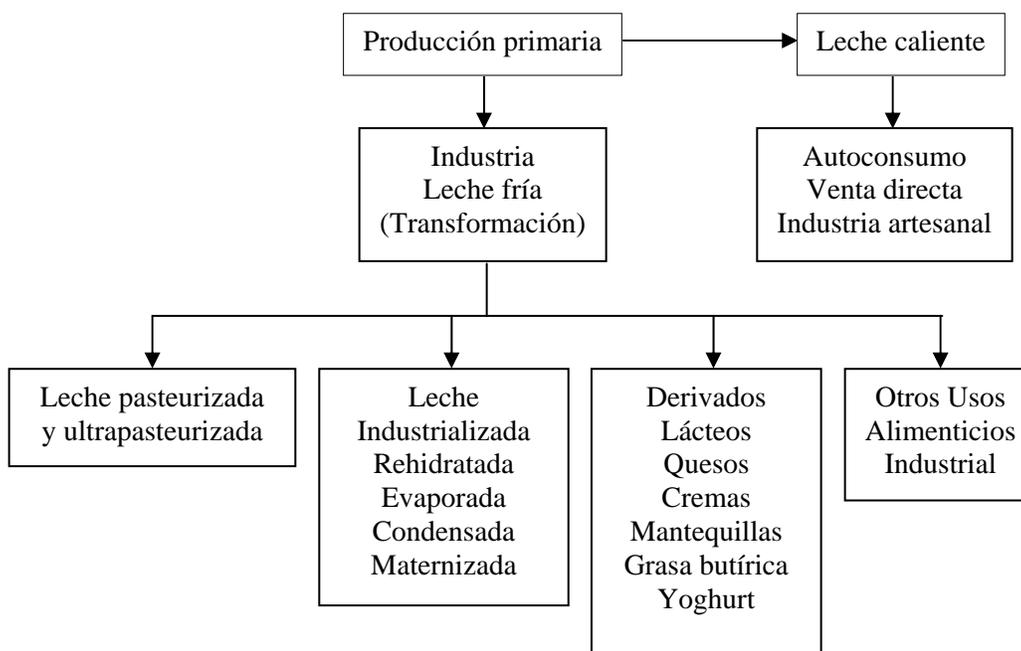
CAPÍTULO 3

APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE QUESOS

3.1 ANTECEDENTES

La producción de quesos es una rama industrial importante a nivel nacional ya que ofrece productos con un contenido nutricional importante y que la población consume con frecuencia. Los derivados lácteos tienen un mercado establecido y son preferidos por personas de diferentes edades. El queso es uno de los productos terminados con alta preferencia debido a la versatilidad de uso. En lo referente a la materia prima principal, la leche puede ser utilizada para diferentes usos obsérvese la figura 3, que puede ser procesada para la elaboración de diferentes productos entre ellos el queso.

Figura 3. Función del uso de la leche.



Fuente: www.siap-sagarpa.gob.mx⁷⁹

Actualmente, la actividad industrial permite diseñar nuevos métodos para el tratamiento de la materia prima que permitan obtener los máximos beneficios. En la elaboración de derivados lácteos en particular la industria quesera, utiliza una materia prima, la leche,

⁷⁹ www.siap-sagarpa.gob.mx: 04, IV, 2005.

(alimento muy perecedero) para convertirla en un producto, el queso que, de acuerdo con la variedad elaborada y el tipo de almacenamiento, tiene una vida útil de 4-5 días, meses o incluso hasta 5-10 años. Por tanto ésta industria presta un servicio a la sociedad al prolongar la vida útil de un alimento tan valioso para el hombre.⁸⁰

El queso es considerado uno de los acompañantes más empleados en la cocina mexicana, además de que es un alimento muy nutritivo, el cual cuenta con un sabor, aroma, textura, y aspecto característico. Además de que puede utilizarse en la preparación de diversos platillos y aumenta el valor nutritivo de los mismos. El queso tiene mucha importancia en la dieta, como fuente concentrada de proteínas en las que están presentes todos los aminoácidos esenciales. También es una importante fuente de vitaminas y de minerales, como calcio y fósforo. En general, el contenido en lactosa del queso es bajo, lo que lo hace adecuado para ser consumido por personas intolerantes a la lactosa. Esto se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Composición media de quesos elaborados en México.

Componente	Duro	Queso semiduro	Blando
Humedad	36.0	43.0	78.0
Grasas	34.0	31.0	1.2
Proteínas	24.0	21.1	18.0
Lactosa	1.0	0.8	0.2
Cenizas	4.7	3.7	1.5
Calcio	0.75	0.73	0.09
Fósforo	0.48	0.46	0.15

Fuente: Coronado Herrera, M., (1993).⁸¹

Los diferentes tipos de queso son productos comunes para la población, además de que favorece el desarrollo de una gran variedad de combinaciones alimenticias de amplia aprobación para el consumidor y cuentan con una gran diversidad composicional y organoléptica que satisfacen las necesidades gustativas de todo tipo de consumidores.

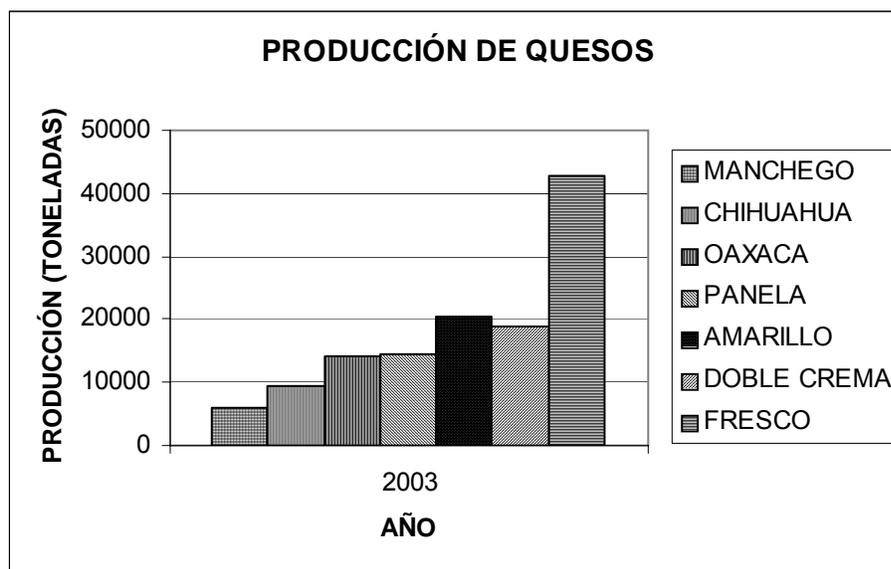
⁸⁰ Scott, R., Robinson, R. K. y Wilbey, R. A., (1988), *Fabricación de queso*, Acribia, España, p. 17.

⁸¹ Coronado Herrera, Martha y Vega y León, S., (1993), *Conservación de alimentos: un texto de métodos y técnicas*, UAM Xochimilco, México, p. 98.

Como se indicó el queso es un producto que tiene gran aceptación por la población mexicana, considerando que, en el mercado nacional los quesos más consumidos son: Fresco, Panela, Oaxaca, Chihuahua, Serrano, Asadero, Manchego, Doble Crema, Cottage y Amarillo⁸²; debido a esto una planta productora de quesos obtendría suficiente demanda para mantenerse vigente en el mercado. Cabe mencionar que en el País los quesos madurados (la mayoría de ellos importados) no son muy aceptados por los consumidores en comparación con los frescos.

Si bien el queso tipo Manchego es un queso madurado, en México no se le da un período de maduración prolongado siendo éste de una semana a un mes, debido a que el sabor tiende a ser más fuerte y esto no es agradable para algunos consumidores.⁸³ En la figura 4 se presenta la producción de los quesos más consumidos en el País, donde los frescos son los que se producen en mayor proporción con respecto al tipo Manchego, sin embargo éste se encuentra entre los más consumidos de los quesos madurados.

Figura 4. Producción de quesos a nivel nacional.



Fuente: www.siap-sagarpa.gob.mx.⁸⁴

⁸² *Ibidem*. p. 135.

⁸³ Cremería Covadonga, (2004). Visita guiada en el área de proceso.

⁸⁴ www.siap-sagarpa.gob.mx: 04, IV, 2005.

3.2 LOS DIFERENTES TIPOS DE QUESOS

Los quesos son productos elaborados con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos que por su proceso se clasifican como: frescos y madurados. Los quesos frescos se caracterizan por ser productos de alto contenido de humedad, sabor suave y no tener corteza, pudiendo o no adicionarle ingredientes opcionales y tener un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo condiciones de refrigeración. Los quesos madurados se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto de que se trate, lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir condiciones de refrigeración.⁸⁵ Dentro de los quesos frescos se tienen tres grupos los cuales son:

- Frescales: Panela, Canasto, Sierra, Ranchero, Fresco, Blanco, Enchilado, Adobado.
- De pasta cocida: Oaxaca, Asadero, Mozzarella, del Morral, Adobera.
- Acidificados: Cottage, Crema, Doble crema, Petit Suisse, Nuefchatel.⁸⁶

Los quesos madurados se clasifican en tres grupos y son:

- Madurados prensados de pasta dura: Añejo, Parmesano, Cotija, Reggianito.
- Madurados prensados: Cheddar, Chester, Chihuahua, Manchego, Brick, Edam, Gouda, Gruyere, Emmental, Cheshire, Holandés, Amsterdam, Butterkase, Coulomiers, Dambo, Erom, Friese, Fynbo, Havarti, Harzer-Kase, Herrgardsost, Huskallsost, Leidse, Maribo, Norvergia, Provolone, Port Salut, Romadur, Saint Paulin, Samsøe, Svecia, Tilsiter, Bola, Jack.

⁸⁵ Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994. Quesos frescos, madurados y procesados.

⁸⁶ *Ibidem*.

- De maduración con mohos: Azul, Cabrales, Camembert, Roquefort, Danablu, Limburgo, Brie.⁸⁷

Para estudio de este caso se revisará el proceso de queso tipo Manchego por ser un proceso más complejo con respecto al de los frescos, ya que conlleva etapas que requieren de mayor control como son: el prensado, el salado y la maduración. Pero también se presentarán otros tipos de quesos que son los que las empresas queseras producen para aprovechar su capacidad instalada con objeto de asentar que la diversificación de la producción es necesaria para la rentabilidad técnico-económica y financiera de la planta.

3.3 DEFINICIÓN DE MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PRODUCTO TERMINADO

3.3.1. Leche de vaca

Es el producto proveniente de la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas. Se excluye el producto obtenido 15 días antes del parto y 5 días después de éste o cuando tenga calostro.⁸⁸ La composición de la leche que a continuación se presenta, corresponde a los rangos máximos y mínimos permitidos de cada grupo de nutrientes.

Cuadro 4. Composición de la leche de vaca (g/100ml).

Componente	Mínimo	Máximo
Agua	84.0	89.0
Sólidos	10.6	17.9
Grasas	2.6	8.4
Proteínas	2.4	6.5
Lactosa	2.4	6.1
Cenizas	0.6	0.9

Fuente: www.sagarpa.gob.mx⁸⁹

⁸⁷ *Ibíd.*

⁸⁸ Norma Oficial Mexicana. NOM-091-SSA1-1994. Leche pasteurizada de vaca.

⁸⁹ www.sagarpa.gob.mx: 04, IV, 2005.

En el cuadro 5 se indica la composición promedio de la leche de vaca pasteurizada en México. Es conveniente indicar que la composición varía, de acuerdo a la estandarización que recibe la leche (materia prima) antes de su utilización, ya que se requiere un cierto porcentaje de grasa para cada tipo de proceso.

Cuadro 5. Leche pasteurizada (g/100 ml).

Componente	% Promedio
Grasas	3.2
Proteínas	3.0
Lactosa	4.7

Fuente: www.sagarpa.gob.mx⁹⁰

La leche es la principal materia prima que influye directamente en el precio del producto, siendo un 90% del costo total del mismo y el restante es representado por los servicios que intervienen durante el proceso.⁹¹ En lo referente al precio de la leche en el país, se puede decir que los precios de ésta pagados al productor presentan una gran variabilidad, ya que cambian de una zona a otra e inclusive dentro de un mismo estado, como resultado de la calidad de la misma, la forma en que se entrega (fría o caliente), la afiliación o no del productor a alguna industria lechera e inclusive el mercado al que se destine.⁹² La leche pagada al productor se encuentra de dos a cinco pesos por litro, de acuerdo con las especificaciones de calidad con que cuente.⁹³

Los siguientes factores pueden servir como parámetros para establecer su calidad, ya sea en su composición (materia grasa y proteínas), e higiene (presencia de antibióticos, microorganismos, materias extrañas, residuos químicos, entre otros). También para los fines de pago, cada industria puede o no recurrir a ciertos elementos a considerar tales como: refrigeración de la leche, ordeño mecánico, asistencia médico veterinaria, vacunación del ganado, etc., y, obviamente, porcentaje de materia grasa y volumen. Por lo tanto, el precio estará definido de acuerdo a lo mencionado. Por lo que se refiere al ingreso en la venta del kilogramo de queso, varía según el tipo, debido a las necesidades de materia

⁹⁰ *Ibidem.*

⁹¹ Cremería Covadonga (2004) Visita guiada al área de proceso.

⁹² www.siap.sagarpa.gob.mx: 05, IV, 2005.

⁹³ *Ibidem.*

prima requerida para los mismos, los servicios requeridos en su elaboración, transporte y el grado de automatización del proceso, por lo que, la ganancia que llega a obtener una planta de este tipo es variable.

3.3.2 Insumos

3.3.2.1 Cloruro de calcio

Con objeto de mejorar las propiedades de la leche para su conversión en queso, se adiciona a ésta cloruro de calcio en pequeñas cantidades (unos 5 a 20 gramos por cada 100 litros de leche), produciendo los siguientes efectos:

- Acidificación de la leche lo cual es beneficioso para la posterior actuación del cuajo.
- Aumento del calcio que también favorece la coagulación.
- Disminución del tiempo necesario para la coagulación, con lo que se acelera el proceso de fabricación.⁹⁴

La adición excesiva de cloruro de calcio puede dar como resultado una cuajada dura y difícil de cortar.

3.3.2.2 Nitrato de potasio

En la leche destinada a la fabricación de queso pueden ir presentes bacterias del tipo *Clostridium butyricum* que producen fermentaciones indeseables con desprendimiento de gases que pueden estropear totalmente el producto. Con objeto de evitar problemas causados por esta bacteria y otras (*Coli aerogenes*) se añaden pequeñas cantidades de nitrato de potasio (máximo 20 gramos por cada 100 litros de leche) que tiene la propiedad de inhibir el desarrollo de las bacterias antes citadas. Hay que tener cuidado y no pasarse en la dosis necesaria ya que inhibiríamos también el crecimiento de bacterias lácticas necesarias para acidificar la leche antes de la adición del cuajo.⁹⁵ Las soluciones antes mencionadas se deben diluir en agua antes de añadirlos a la leche.

⁹⁴ Cenzano, I., (1992), *Los quesos*, Mundi-Prensa, España, p. 206.

⁹⁵ *Ibidem.* p. 216.

3.3.2.3 Colorante

Para el caso del queso tipo Manchego se utiliza un colorante vegetal hecho a base de semillas de achiote (2 a 8 ml/100 l) o azafrán para darle el color amarillo y la cantidad puede variar dependiendo de la tonalidad deseada.

3.3.2.4 Cultivos lácticos

Los microorganismos iniciadores se usan para transformar la lactosa de la leche en ácido láctico, con lo cual se reducirá el pH, facilitándose todas las reacciones químicas que sucederán durante la elaboración del queso, como son la proteólisis o degradación de proteínas y la lipólisis o hidrólisis de ácidos grasos, algunos de cuyos derivados son los responsables del sabor y aroma de los quesos madurados.⁹⁶ La acidificación láctica se realiza principalmente en la masa y cuajada y luego en el queso crudo durante la maduración.⁹⁷

La premaduración comprende el tiempo que transcurre entre la siembra con los fermentos lácticos y la adición de las enzimas coagulantes a la leche en la cuba. También se caracteriza por el inicio de la acidificación que provoca la siembra de los fermentos acidificantes típicos. Esta acidificación prosigue durante los procesos posteriores y continúa en el queso fresco hasta el salado.

La premaduración de la leche de quesería viene determinada fundamentalmente por tres factores: la regulación de la temperatura, la adición de los fermentos de cultivos acidificantes y la adición de sustancias adicionales (complementos) y de cultivos especiales.⁹⁸ En el cuadro 6 se pueden observar los cultivos lácticos y su porcentaje de acuerdo al tipo de queso.

⁹⁶ Coronado Herrera, Martha y Vega y León, S., *Op. Cit.*, p. 143.

⁹⁷ Manuales para Educación Agropecuaria, (1983), *Elaboración de productos lácteos*, Trillas, México, p. 65.

⁹⁸ Spreer, Edgar, (1991), *Lactología industrial*, Acribia, España, p. 311.

Cuadro 6. Cultivos lácticos utilizados.

Queso	Cultivos lácticos	Cantidad (%)
Tipo Manchego	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i>	2.0
Tipo Chihuahua	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i>	2.0
Oaxaca	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>	0.1 0.1 – 0.5
Panela	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i>	0.5
Asadero	<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>	0.1 0.1 – 0.5

Fuente: Villegas, A., (1993)⁹⁹ y Caro Canales, I., (2000).¹⁰⁰

3.3.2.5 Cuajo

En el comercio existe cuajo líquido, en pastillas o en polvo, y con diferente fuerza o poder de cuajado. La cantidad de cuajo agregado debe ser exacta según las recomendaciones del fabricante¹⁰¹ Debido a que en el mercado el cuajo tiene distintos orígenes que pueden ser: cuajo de ternero, cabrito y pepsina de cerdo. Cuajo microbiano (*Mucor pusillus*, *Mucor miehei*, *Endotia parasítica* o bien cuajo 100% quimosina obtenido por fermentación.¹⁰² La coagulación para los diferentes procesos es de tipo enzimática y cuenta con distintos factores que pueden afectar el tiempo de coagulación tales como: fuerza del cuajo, temperatura de la leche, acidez, concentración de iones calcio y cantidad de proteínas.¹⁰³

⁹⁹ Villegas, Abraham, (1993), *Los quesos mexicanos*, Universidad Autónoma de Chapingo, México, p. 94, 103, 117, 123.

¹⁰⁰ Caro Canales, Irma, (2000), Composición química y microorganismos de interés sanitario en el queso tipo Oaxaca elaborado en el Estado de Hidalgo, *Lácteos y cárnicos mexicanos*, Vol. 15, p. 7-12.

¹⁰¹ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, (1997), *Taller de productos lácteos*, UNAM, México, p. 28.

¹⁰² Pérez Gutiérrez, José Luís, (2000), Aditivos para elaborar quesos, *Lácteos y cárnicos mexicanos*, Vol. 15. No. 3, p. 21.

¹⁰³ *Ibidem*. p. 21, 22.

3.3.3 Productos terminados

3.3.3.1 Queso tipo Manchego

El queso tipo Manchego mexicano tiene (por el tipo de leche que emplea) poco que ver con el Manchego original español que se elabora con leche de oveja en la región de la Mancha (Toledo, Albacete y Cuenca), España. En México el tipo Manchego es un queso elaborado con leche entera (frecuentemente, estandarizada en grasa) de vaca, pasteurizada y adicionada con fermentos lácticos mesófilos tales como *Streptococcus lactis* y *Streptococcus cremoris*.¹⁰⁴ Se obtiene a partir de leche pasteurizada entera de vaca, sometida a procesos de coagulación, cortado, desuerado, fermentado, salado, prensado y madurado, durante un periodo mínimo de siete días a temperatura y humedad controladas; sin que se hayan empleado en su elaboración grasas o proteínas no provenientes de la leche,¹⁰⁵ El tipo Manchego mexicano comparte con el español semejanzas en la forma cilíndrico-plana, el peso entre 2 y 5 kg y el tipo de pasta. No obstante, difiere en el período de maduración, pues mientras el mexicano sufre una maduración ligera que no va más allá de 2-3 semanas, comercialmente, el español se afina durante varios meses (hasta seis). Este hecho se traduce en un gusto más pronunciado (agudizado por la grasa de la leche de oveja) y una pasta más rica y suave del auténtico Manchego.¹⁰⁶ La elaboración de este producto consta de una tecnología más que artesanal ya que requiere emplear leche pasteurizada, manejar cultivos lácticos, aditivos (cloruro de calcio y nitrato de potasio), cortar con liras el gel, prensar la pasta homogénea y fuertemente y madurar el producto; por ello es elaborado por empresas que cuenten con la infraestructura y el “saber hacer” adecuados.¹⁰⁷

3.3.3.2 Queso tipo Chihuahua

Es el producto que se obtiene a partir de leche pasteurizada entera de vaca sometida a procesos de coagulación, cortado, desuerado, fermentado, salado, prensado y madurado

¹⁰⁴ Villegas, Abraham, *Op. Cit.*, p. 105.

¹⁰⁵ Norma Mexicana. NMX-F-462-1984. Queso tipo Manchego.

¹⁰⁶ Villegas, Abraham, *Op. Cit.*, p. 105.

¹⁰⁷ *Ibidem.* p. 105, 106.

durante un período mínimo de 7 días a temperatura y humedad controladas; sin que se hayan empleado en su elaboración grasas o proteínas no provenientes de la leche.¹⁰⁸

3.3.3.3 Queso Oaxaca

Es un queso fresco, de pasta blanda e hilada (filata). Se elabora a partir de leche bronca (cruda) de vaca o bien pasteurizada y se presenta típicamente en forma de “bolas” o “madejas” de diferentes tamaños y pesos.¹⁰⁹

3.3.3.4 Queso Panela

Es un queso fresco, de pasta blanda, autoprensado elaborado con leche pasteurizada de vaca, entera o parcialmente descremada.¹¹⁰

3.3.3.5 Queso Asadero

Es un queso típico mexicano de pasta hilada (filata) y es considerado un queso fresco. Se elabora, casi siempre, con leche cruda o bronca de vaca.¹¹¹

3.4 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA PLANTA

En este caso se aprovechó la experiencia de los expertos conocedores del mercado quienes opinaron que la capacidad de producción de una planta quesera para que se sostenga en el mercado debe al menos procesar 30,000 litros de leche / día, ésta capacidad es solo para la materia prima recibida. Para dicha capacidad se optó por tomar dos turnos de ocho horas como jornada laboral. En lo referente a la transformación existe una relación aproximada de 10:1, es decir que para producir 1 kg de queso se requiere procesar 10 litros de leche. Lo anterior permite establecer un programa de producción acorde con la estacionalidad de la demanda y los periodos de venta, en éste caso se optó por tomar el 30% menos de la capacidad propuesta en temporadas bajas, lo que garantizaría que la empresa trabaje con holgura suficiente en lo que se logra establecer en el mercado, esto se muestra con mayor profundidad en el apartado 3.7.

¹⁰⁸ Norma Mexicana. NMX-F-209-1985. Queso tipo Chihuahua.

¹⁰⁹ Villegas, Abraham, *Op. Cit.*, p. 90.

¹¹⁰ *Ibidem.* p. 113.

¹¹¹ *Ibid.* p. 119.

3.5 SELECCIÓN DEL PROCESO

La tecnología que se emplea en los diferentes procesos de producción de quesos, tanto frescos como madurados, puede ser de tres tipos, ya sea: mano de obra intensiva, mecanizado, o altamente mecanizado, por lo cual se puede optar por el más conveniente tomando en cuenta las posibilidades técnicas, económicas y sociales para poder llevarlo a cabo. El tipo de proceso que se seleccionó es parte artesanal y parte tecnificado, debido a que al cotizar los equipos, solo se tuvo acceso a éste tipo de tecnología existente en el país. Se investigaron capacidades de producción y costos de la maquinaria y equipo de tres proveedores y se seleccionó el más conveniente de acuerdo a los factores siguientes: costo, mantenimiento, disponibilidad de refacciones, tiempo de entrega, capacitación a personal, facilidades de pago y garantía, entre otros. En este caso fue de interés el ejemplificar la aplicación de la Ingeniería Básica en el procesamiento de quesos debido a que cuentan con suficiente mercado para su comercialización. Para producir un determinado producto, un determinado queso, es necesario analizar si es posible la realización de otro u otros, esto es, tomando en consideración las temporadas de producción de cada tipo, así como también identificar la existencia de equipo troncal que se pueda utilizar en la producción de otros quesos, como por ejemplo, la tina de coagulación, prensa y malaxadora siendo una alternativa, para la producción de otros quesos.

No obstante, hay que tener en cuenta que una planta debe diversificar su producción para aprovechar al máximo la capacidad de la misma, debido a que no es rentable técnica ni económicamente elaborar un solo producto. Es importante tomar como referencia el mercado vigente de derivados lácteos, puesto que se puede realizar una mejor planeación de la producción y por consiguiente alcanzar los beneficios esperados. Como se mencionó anteriormente la diversificación de la producción, es más conveniente desde el punto de vista económico, puesto que disminuyen los costos de producción. A continuación se enlistan los quesos que cuentan con mayor demanda:

- Queso tipo Manchego.
- Queso tipo Chihuahua.
- Queso Oaxaca.
- Queso Panela.

-
- Queso Asadero.

Del cual se eligió el queso tipo Manchego y los demás procesos se presentarán con objeto de dar importancia a la diversificación de la producción de una planta, la cual es absolutamente necesaria para mantener su vigencia en el mercado y hacer posible su rentabilidad.

3.6 RENDIMIENTO QUESERO

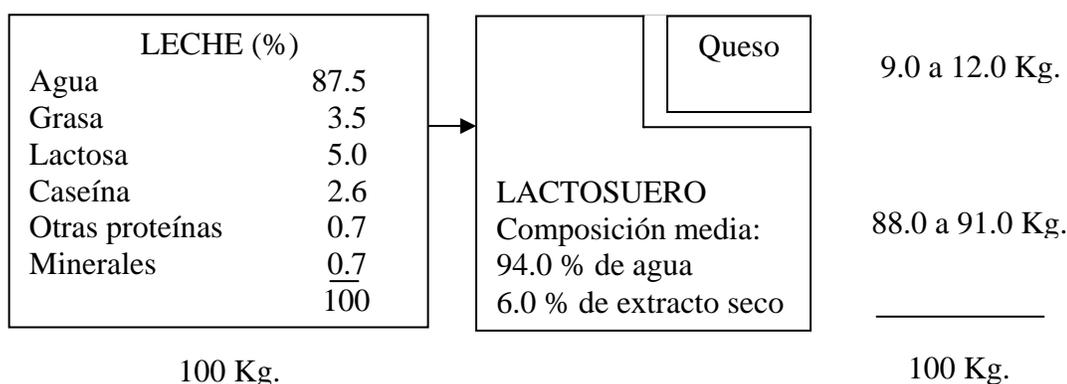
Para toda empresa quesera es importante, que además de producir un producto de buena calidad, que la relación peso de producto obtenido/cantidad de leche empleada sea satisfactoria desde el punto de vista de la rentabilidad del proceso productivo. De modo que se ha de determinar el peso de queso que se ha obtenido partiendo de una determinada cantidad de leche con un determinado contenido de grasa.

El rendimiento expresa los kilogramos de queso listo para la expedición que se han producido con 100 kilogramos de leche. Conociendo el rendimiento de queso se puede deducir el gasto o consumo específico de leche. El gasto específico de leche expresa la cantidad de leche que se ha necesitado para producir 1 kilogramo de queso listo para la expedición.¹¹² Por otra parte, desde un punto de vista económico, es fundamental obtener un buen rendimiento en la fabricación de queso y para ello es imprescindible controlar todo el proceso y conocer los principales datos necesarios para su cálculo, que son: la cantidad de leche recogida y su contenido en materia grasa y caseína; el peso del queso cuando se pone en los moldes, al final del escurrido, a la salida de las prensas y en el momento de la expedición; el contenido en materia grasa del lactosuero y también la humedad y materia grasa del queso.¹¹³ Esto se puede observar en la figura 5, donde de 100 Kg de leche el lactosuero se obtiene en mayor proporción, mientras que el queso solo representa aproximadamente de 9 a 12 kg, dependiendo del tipo de queso, a esto se le conoce como rendimiento.

¹¹² Spreer, Edgar, *Op. Cit.*, p. 364, 365.

¹¹³ Amiot, Jean, (1991), *Ciencia y tecnología de la leche*, Acribia, España, p. 123.

Figura 5. Distribución de los componentes de la leche en la fabricación del queso.



Fuente: Amiot, J., (1991).¹¹⁴

En el cuadro 7, se corrobora que la cantidad de leche a utilizar varía según el tipo de queso.

Cuadro 7. Rendimiento de los diferentes quesos.

Queso	Rendimiento (l/Kg)
Tipo Manchego	8.0
Tipo Chihuahua	8.0
Oaxaca	9.5
Panela	14.0
Asadero	10.0

Fuente: Villegas, A., (1993),¹¹⁵ Cremería Covadonga, (2004),¹¹⁶ Pérez Gutiérrez, J. L., (2000)¹¹⁷ y Taller de Lácteos (2004).¹¹⁸

3.7 PLANEACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

Este programa se diseñó tomando como referencia la capacidad y las temporadas de producción de las industrias visitadas, las cuales arrojaron datos similares. El abastecimiento de la materia prima es un factor fundamental para la realización del mismo, ya que se debe de contar con proveedores que sean cumplidos en la entrega de la leche y que la calidad de la misma sea la exigida por los clientes. En cuanto a las temporadas de

¹¹⁴ *Ibidem.* p. 280.

¹¹⁵ Villegas, Abraham, *Op. Cit.*, p. 94, 103, 117, 123.

¹¹⁶ Cremería Covadonga, (2004). Visita guiada al área de proceso.

¹¹⁷ Pérez Gutiérrez, José Luis, *Op. Cit.*, p. 21-26.

¹¹⁸ Taller de Lácteos (2005).

producción se considera que existe una disminución de ésta durante los períodos vacacionales, por lo cual la recepción de materia prima debe adaptarse solo al recibo de la necesaria. Como se menciono dichas temporadas están en función de los periodos vacacionales, debido a que existen variaciones en la demanda de los productos, lo que provoca a veces una disminución en la producción de los mismos. El cuadro 9 muestra el programa de producción de cada uno de los tipos de quesos de acuerdo a la temporada, indicando que para el queso tipo Manchego los meses de julio, agosto, octubre y diciembre son los de más alta producción y son los meses más generosos durante el año.

Cuadro 8. Temporadas de producción.

Productos	Temporadas de producción	
	Bajas	Altas
Tipo Manchego	Febrero-Abril	Mayo-Enero
Tipo Chihuahua	Febrero-Abril	Mayo-Enero
Oaxaca	Febrero-Abril	Mayo-Enero
Panela	Abril, Junio, Julio y Diciembre	Enero-Marzo, Mayo, Agosto-Noviembre
Asadero	Abril, Junio, Julio y Diciembre	Enero-Marzo, Mayo, Agosto-Noviembre

Fuente: Cremería Covadonga, (2004) y Grupo Qualtia, (2004).¹¹⁹

¹¹⁹ Grupo Qualtia, (2004) y Cremería Covadonga, (2004).

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PROPUESTO

Cuadro 9. Capacidad de producción mensual para cada tipo de queso.

Las cantidades son expresadas en toneladas.

Producto	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tipo Manchego	8.5	5.25	5.6	6.3	8.5	8.5	9.0	9.0	8.0	9.0	8.5	9.0
Tipo Chihuahua	4.0	2.8	3.5	2.8	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5
Oaxaca	25.2	16.38	20.79	18.9	27.0	27.9	27.0	27.9	27.0	27.0	27.9	28.8
Panela	14.285	13.142	14.856	10.399	14.856	10.399	10.399	15.427	14.285	14.856	14.856	10.799
Asadero	19.8	18.0	17.1	13.86	19.8	13.23	13.86	20.7	18.0	19.8	18.9	13.86

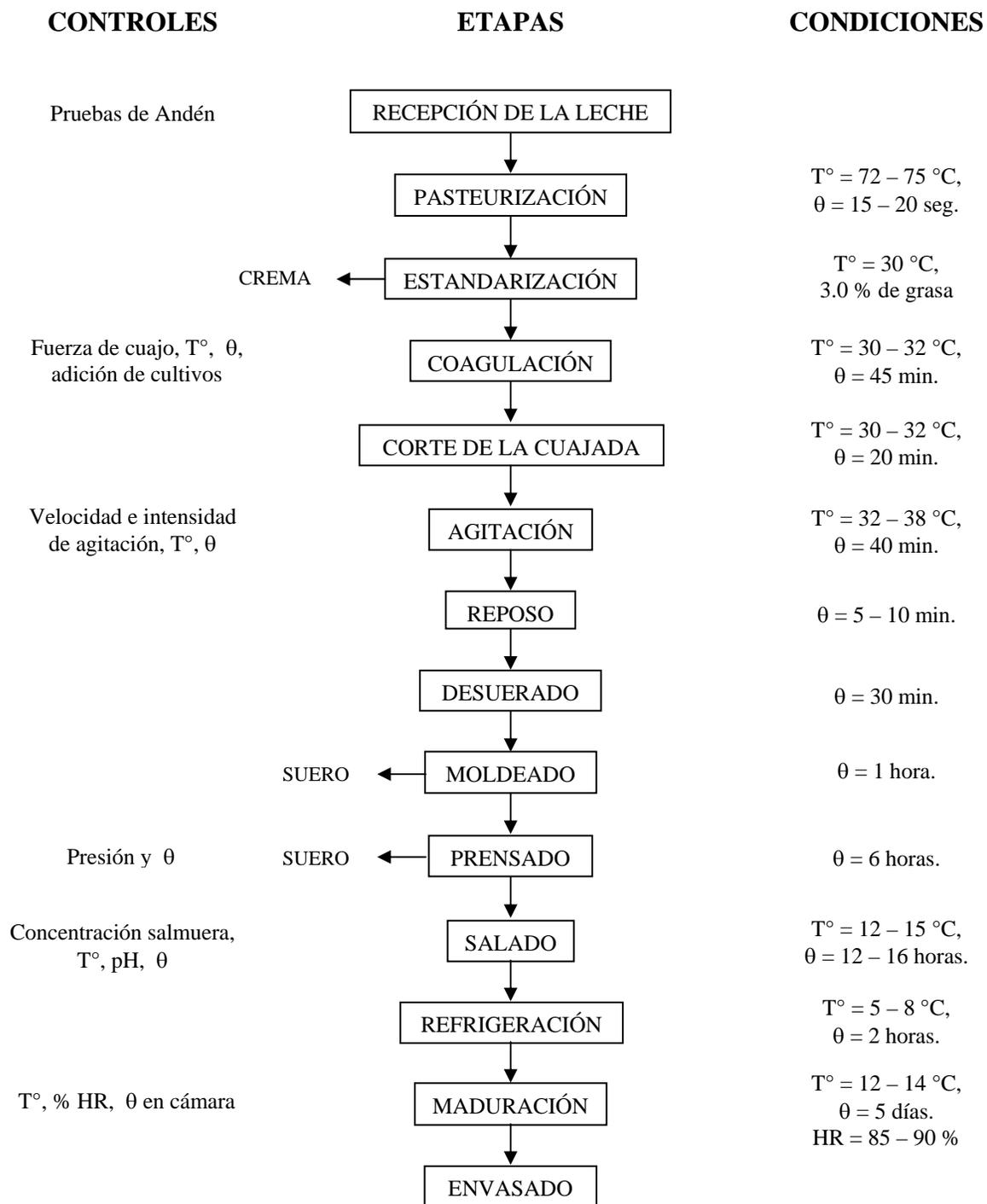
Fuente: Elaborada de acuerdo a las temporadas de producción establecidas.

3.8 REPRESENTACIÓN DEL PROCESO EN DIAGRAMAS DE BLOQUES

El diagrama de bloques permite presentar el proceso de producción de manera simplificada al conjunto de operaciones necesarias para la transformación de materias primas a productos terminados. Esta información es fundamental durante la realización de la ingeniería básica porque permite conocer cada una de las operaciones o etapas que integran el proceso de producción con sus respectivas condiciones de operación. Durante la realización del diagrama de bloques, se compararon datos de diferentes procesos de diversas fuentes tales como libros, revistas y visitas las cuales se encuentran citadas en la bibliografía consultada, de modo que se obtuvo el proceso óptimo correspondiente. Esta herramienta permitió conocer la secuencia de operaciones y da idea de manera tentativa el tipo de maquinaria y equipo necesario, así como las entradas y salidas de materiales de cada operación, además de conocer las condiciones de operación del proceso.

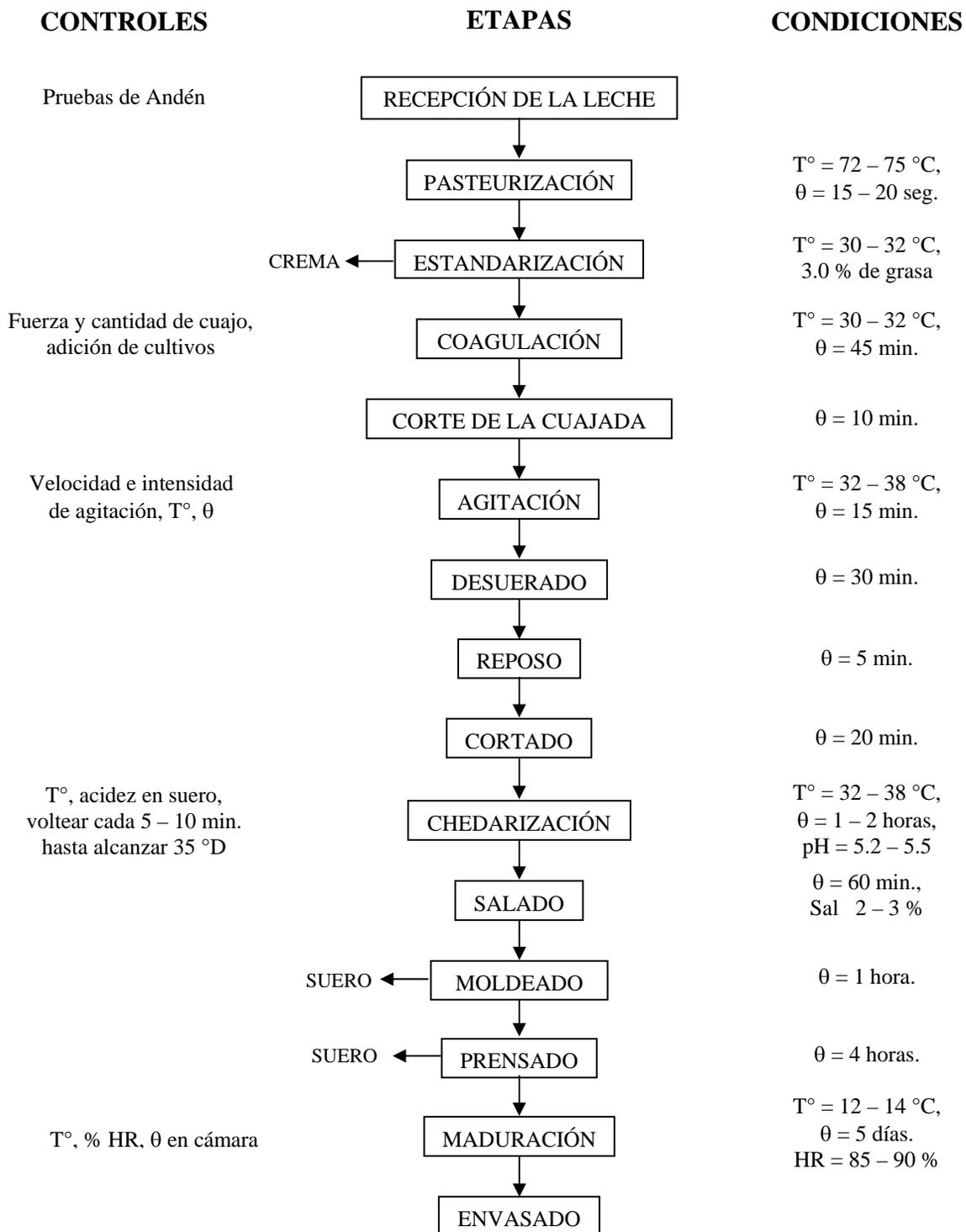
A continuación se muestra el diagrama de bloques para queso tipo Manchego, el cual está integrado por catorce etapas y se especifica sobre qué se debe ejercer control y las condiciones de operación en que cada una de éstas debe llevarse a cabo para obtener un producto de calidad. Proceso que ha sido seleccionado del conjunto de procesos que para este tipo de producto existen, algunos más rústicos, otros tecnificados e incluso otros totalmente automatizados, donde la optimización del proceso permite el uso eficiente de materias primas y bajas mermas en el proceso; en realidad la diferencia básica estriba en el tipo de maquinaria y equipo utilizado y el grado de automatización, ya que las etapas para obtener este tipo de queso son las mismas. Conjuntamente se presentan los diagramas de bloques para los quesos tipo Oaxaca, asadero, Panela y tipo Chihuahua. Es fundamental señalar que en la fabricación de quesos se sigue un patrón o pasos básicos, en donde existe la variación de estos ya sea al adicionar las materias primas o bien el cambio de alguno de ellos.

Figura 6. Diagrama de bloques para el queso tipo manchego.



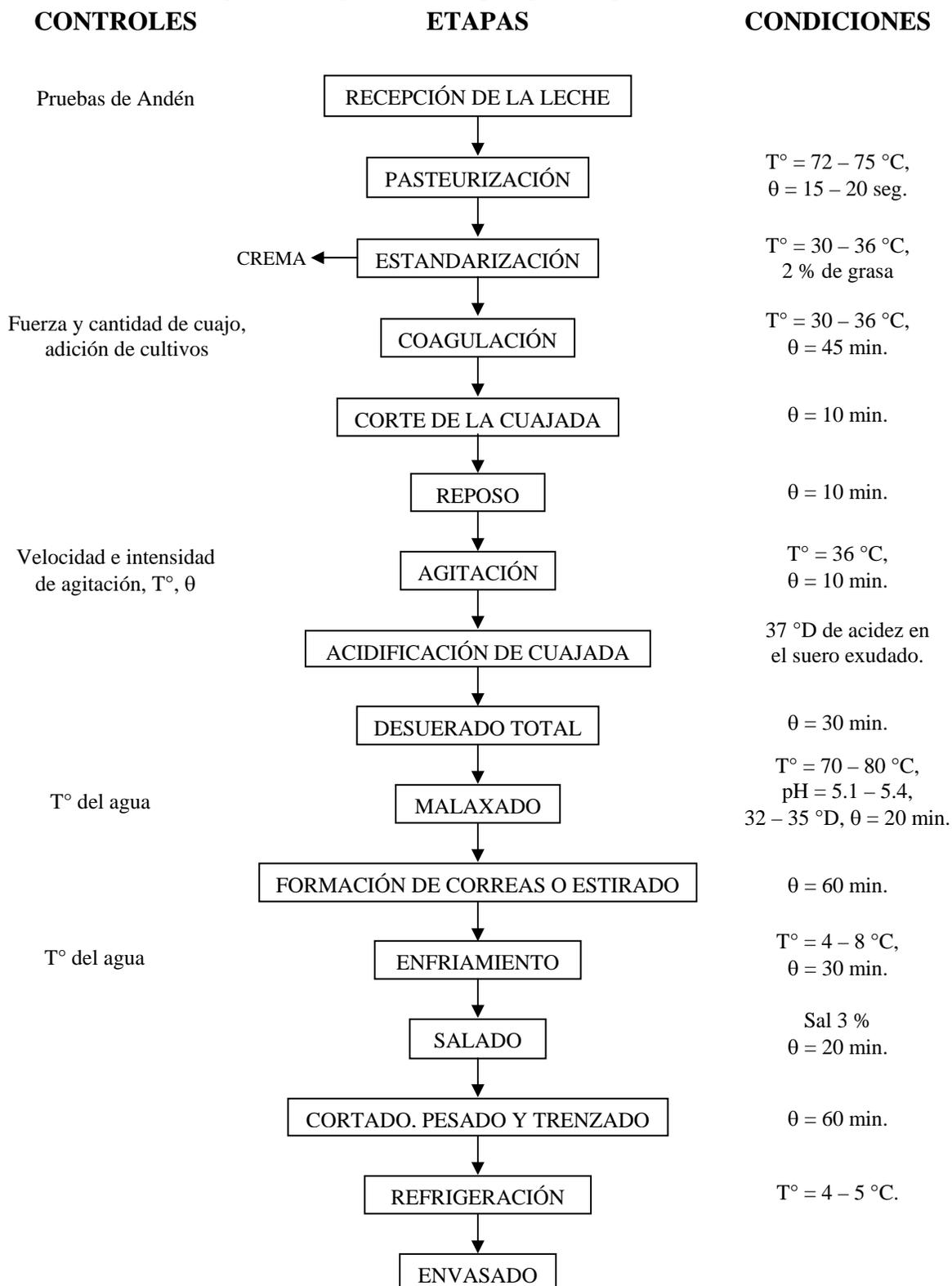
Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes.

Figura 7. Diagrama de bloques para el queso tipo chihuahua.



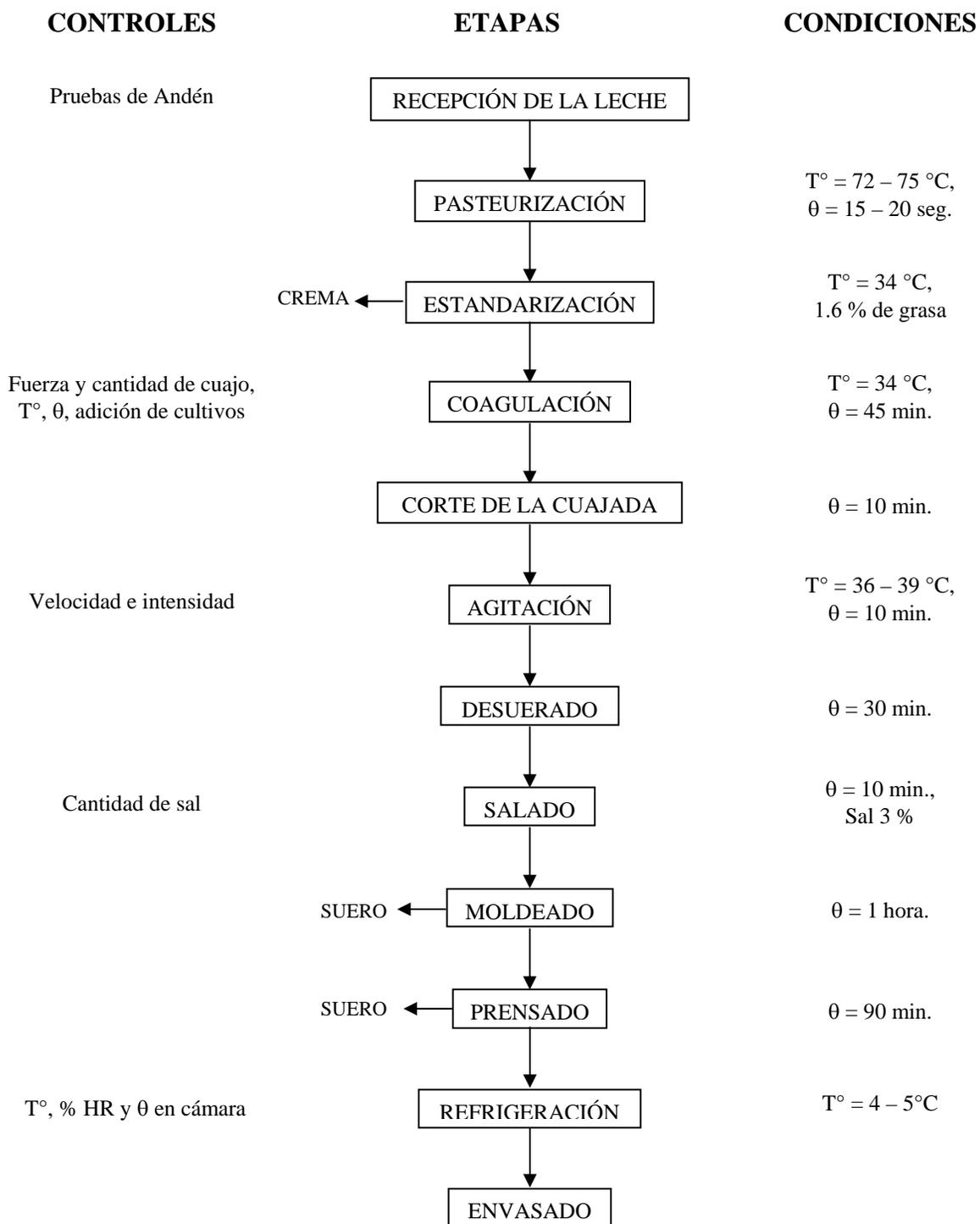
Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes.

Figura 8. Diagrama de bloques para el queso Oaxaca.



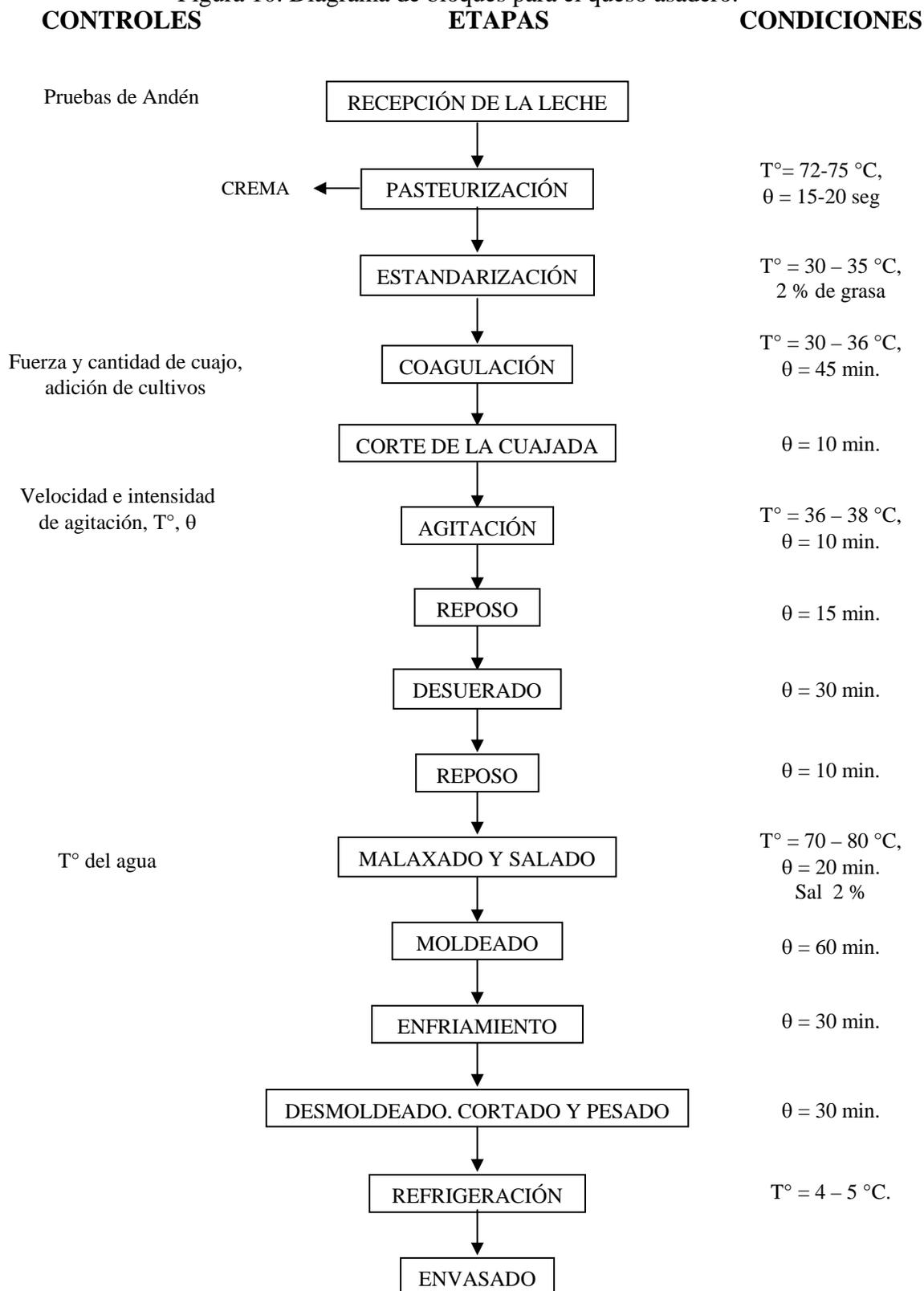
Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes.

Figura 9. Diagrama de bloques para el queso panela.



Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes.

Figura 10. Diagrama de bloques para el queso asadero.



Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes.

3.9 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO

En esta se incluyen todas las etapas que conforman los procesos, especificando por medio de tablas las condiciones de cada uno.

Recepción de la leche

En esta etapa la leche deberá llegar a la planta en camiones cisterna a una temperatura de 4 °C, se determinará el volumen, así como la realización de pruebas de andén siendo las más importantes: grasa, que este libre de antibióticos, acidez, alcohol, proteína, extracto seco, densidad, y lactosa además de las microbiológicas, tales como: cuenta total, coliformes y levaduras. Estas últimas para conocer la calidad microbiológica de la leche.

Es primordial mencionar que la acidez no exceda los 14° Dornic, ya que para un queso panela o de cualquier tipo el producto sería de diferente calidad.¹²⁰ Si la leche cuenta con algunas partículas, debe someterse a una filtración, antes de enviarla al proceso de enfriamiento a un enfriador de placas, el cual debe mantener la temperatura de la leche a 4 °C. Posteriormente se realiza un almacenamiento en tanques isoterms a una temperatura de 4 °C. Se deben adoptar medidas, por ejemplo cuando la leche llega a la planta en estado frío o “caliente” (llámese caliente cuando tiene una temperatura mayor a 4°C), se debe disminuir su temperatura mediante un enfriador de placas y de ésta manera evitar posibles demoras en la realización del proceso o insuficiencias en su calidad que se ve reflejado en el producto final.

Pasteurización

La leche utilizada para la elaboración de los quesos deberá ser pasteurizada, ya que ésta tiene como objetivo destruir los gérmenes patógenos, entre otros. La temperatura de pasteurización HTST (High Temperature Short Time) por sus siglas en inglés, está comprendida entre los 72 y 75 °C durante un tiempo de 15 a 20 segundos. Esta operación nos asegurará un queso de buena calidad microbiológica.

¹²⁰ Cremería Covadonga (2004) Visita guiada al área de proceso.

Estandarización

Para la elaboración de los diferentes productos lácteos, se necesita leche con diferentes contenidos de grasa,¹²¹ por lo que el estandarizar el porcentaje de grasa en la leche para los procesos, va a depender del tipo de queso a elaborar, esto es con la finalidad de tener una producción homogénea en las características del queso, tales como: textura, sabor, olor y color. La estandarización es efectiva cuando se lleva a cabo a una temperatura entre 30 y 36 °C, la cual se manejará de acuerdo a la temperatura de coagulación del queso a elaborar. En esta operación no toda la leche es descremada, ya que parte de ésta se utiliza entera y otra se descrema, para normalizar el contenido de grasa en la tina quesera. El cuadro 10 contiene los porcentajes de grasa establecidos para cada queso. Para conocer la cantidad de leche a descremar, se utilizó el método del cuadrado de Pearson (es utilizado para estandarizar cualquier componente de la leche), el cual consiste en realizar un sencillo cálculo tomando como referencia el contenido de grasa de la leche con que se cuente y el requerido para el tipo de queso a elaborar.

Cuadro 10. Porcentaje de grasa para cada proceso.

Producto	% de grasa
Tipo Manchego	3.0
Tipo Chihuahua	3.0
Oaxaca	2.0
Panela	1.6
Asadero	2.0

Fuente: Taller de Lácteos, (2005)¹²² y Caro

Canales, I., (2000).¹²³

Adición de insumos

Durante el llenado de la tina de coagulación se adicionan los cultivos lácticos para que comience la premaduración de la leche, después el cloruro de calcio y el colorante según sea el queso a elaborar y por último el cuajo.

¹²¹ Centro de estudios agropecuarios, (2001), *Productos lácteos*, Iberoamérica, México, p.28.

¹²² Taller de lácteos, (2005).

¹²³ Caro Canales, Irma, *Op. Cit.* p. 10.

Coagulación

La coagulación es el proceso mediante el cual la leche comienza su transformación en queso.

El coágulo formado determinará el proceso de desuerado y como consecuencia el contenido de humedad de los quesos. Cuando se utiliza leche pasteurizada es necesario adicionar cloruro de calcio para compensar la pérdida de este componente durante el proceso. El calcio perdido disminuye el poder de coagulación, por eso es necesario adicionarlo como cloruro de calcio.¹²⁴ En el cuadro 11 se presentan las temperaturas, tiempos de coagulación y cantidad de cuajo de los quesos antes mencionados:

Cuadro 11. Condiciones de coagulación.

Queso	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Cantidad de cuajo (ml)
Tipo Manchego	30 – 32	45	15
Tipo Chihuahua	30 – 32	45	15
Oaxaca	30 – 36	45	10
Panela	34	45	15
Asadero	30 – 36	45	15

Fuente: Pérez Gutiérrez, J. L., (2000)¹²⁵ y Villegas, A., (1993).¹²⁶

Corte de la cuajada

Transcurrido el tiempo de coagulación se procede al corte, que tiene el objetivo principal de permitir un mayor desuerado. La cuajada se corta en trozos (granos) de diferentes tamaños observando que las paredes al abrir el corte sean uniformes y consistentes.

El tamaño del corte del grano determina el contenido de agua que se desea en el queso. Los granos grandes resultarán en quesos blandos; por el contrario, si se desea un queso duro con poca agua el corte deberá ser muy pequeño. El corte debe ser hecho con delicadeza, pues de

¹²⁴ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, *Op. Cit.* p. 28.

¹²⁵ Pérez Gutiérrez, José Luis, *Op. Cit.* p. 21-26.

¹²⁶ Villegas, Abraham, *Op. Cit.* p. 94, 103, 117, 123.

otra forma habrá pérdidas por rompimiento de los granos, ya que habrá salida de la grasa, así como de caseína. Todo esto disminuirá el rendimiento en la conversión de la leche a queso.¹²⁷ Para determinar que la cuajada está lista, se debe hacer un corte en forma de cruz con un cuchillo y posteriormente levantar el gel de tal forma que el suero exude y no se pegue en el cuchillo. El corte se puede realizar con liras que generalmente son dos (horizontal y vertical), que nos dan un corte más uniforme. Si se desea un queso de consistencia blanda, los granos deben tener entre 1.5 a 2 cm, para quesos semiduros 1 cm y para quesos duros 0.5 cm. Estas son medidas aproximadas de manera que la experiencia es la que mejor indica el tamaño ideal según la consistencia que se desee en el producto final.

Reposo

Después del corte de la cuajada como se encuentra muy frágil, es conveniente dejarla en reposo por cinco minutos, pero en la práctica se suele reposar hasta 3 veces durante el proceso con un tiempo de 5 a 15 minutos, dependiendo del queso a elaborar. Esto es para que adquiera cierta consistencia y permita su agitación sin fragmentarse, lo que ocasionaría que las partículas de cuajada fragmentada se pierdan con el suero.

Agitación

Posterior al corte los granos deben ser agitados para evitar su aglomeración y se unan con lo cual se pierde en parte el efecto del cortado. La agitación debe ser suave en principio evitando que se pierdan proteínas y grasas a través de las superficies recién formadas aumentando su intensidad gradualmente según se desee mayor o menor pérdida de humedad.¹²⁸ En el cuadro 12 se indican las temperaturas y tiempos de agitación para cada queso, donde se observa que tanto la temperatura como el tiempo son variables.

¹²⁷ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, *Op. Cit.* p. 29.

¹²⁸ <http://members.tripod.com.ve>: 04, V, 2005.

Cuadro 12. Condiciones de agitación.

Queso	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Tipo Manchego	32 – 38	40
Tipo Chihuahua	32 – 38	15
Oaxaca	36	10
Panela	36 – 39	10
Asadero	36 – 38	10

Fuente: Madrid Vicente, A., (1998)¹²⁹ y Villegas, A., (1993).¹³⁰

Desuerado

El desuerado es la eliminación del suero obtenido como consecuencia de la coagulación de la leche y los trabajos aplicados a la cuajada. Se puede hacer en diferentes etapas según el tipo de queso.

Los granos de cuajada se van al fondo y es posible entonces sacar el suero. La cantidad de suero extraída puede ser hasta el 50% del total de leche o bien dejando que el suero cubra ligeramente la cuajada.¹³¹

Malaxado

También conocido como fundido, este se realiza en una malaxadora, a una temperatura de 70 – 80 °C del agua mientras la masa es amasada, el tiempo varía hasta alcanzar la acidez requerida. Esta operación se realiza en queso Oaxaca y Asadero y debe realizarse cuidadosamente debido a que se deben controlar ciertas etapas críticas como la acidez adecuada de la leche, la acidificación de la cuajada, la determinación del “punto de hebra” y el amasado de la pasta.

El paso clave para fabricar estos quesos (Oaxaca y Asadero) es lograr un grado de acidificación o chedarización en la pasta (cuyo suero exuda con una acidez de 32 a 35 °D, aproximadamente, o presenta un pH entre 5.1 y 5.4) tal que al ser amasada con agua

¹²⁹ Madrid Vicente, Antonio, (1994), *Nuevo manual de tecnología quesera*, Mundi-Prensa, España, p. 129.

¹³⁰ Villegas, Abraham, *Op. Cit.*, p. 94, 103, 117, 123.

¹³¹ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, *Op. Cit.* p. 30.

caliente o el calor directo plastifique y pueda estirarse y formar bandas (o “hilos” de ahí viene el nombre de “pasta filata”, según los italianos). La acidificación de la cuajada es tan crítica que si no se logra el grado de acidez adecuado (lo cual implica también la pérdida de calcio y fosfatos), entonces no plastificará ni se estirará al aplicarle calor; al contrario, si se pasa de acidez, también se romperá.¹³²

Salado

El salado del queso se puede hacer de diferentes formas:

- Salado en la masa del queso: se desuera y se coloca la sal a granel sobre los granos de cuajada, se amasan para permitir la distribución de la sal. En algunos casos la textura del queso cambia con este método de salar, consiguiéndose una textura granular y desmenuzable.
- Salado sobre la superficie del queso: se realizan uno o varios frotados con sal sobre la superficie de queso. La sal por osmosis va migrando desde la superficie hacia el interior. Se favorece el salado en quesos de menor tamaño, porque la sal llega más rápidamente al centro.
- Salado en salmuera: El queso ya moldeado se sumerge en una solución saturada de sal (18 a 20%) preparada con agua potable la cual debe ser pasteurizada y mantenida a temperaturas de 8 a 10 °C. El tiempo que permanecerán los quesos sumergidos depende de su tamaño y del contenido de sal deseado. Debe tomarse en cuenta que los quesos toman sal a la vez que pierden humedad, por lo cual la salmuera pierde fuerza, y debe ser estandarizada añadiendo más sal. Cada cierto tiempo debe ser filtrada y pasteurizada para asegurar su calidad microbiológica. Además debe ser controlado su pH el cual varía por la liberación de ácido láctico de los quesos.¹³³
- Salado por boleto (a mano): Es realizado principalmente en los quesos tipo Oaxaca y asadero utilizando la cantidad necesaria de sal que se adhiera a las hebras mediante el espolvoreo manual de la misma.

Es importante mencionar que el tipo de salado sea efectuado de acuerdo al tipo de queso y su porcentaje de sal sea el apropiado para que sea uniforme.

¹³² Villegas, Abraham, *Op. Cit.* p. 90, 91.

¹³³ <http://member.tripod.com.ve>: 04, V, 2005.

Cuadro 13. Tipo de salado y condiciones.

Queso	Tipo de salado	Porcentaje de sal
Tipo Manchego	Salmuera	19 – 22
Tipo Chihuahua	Frotación	2 – 3
Oaxaca	Boleo (a mano)	3
Panela	En masa (tina)	3
Asadero	En la malaxadora	2

Fuente: Manuales de Educación Agropecuaria, (1983),¹³⁴ Caro Canales, I., (2000),¹³⁵ y Villegas, A., (1993).¹³⁶

Trenzado

Una vez que las tiras salen de la malaxadora, aproximadamente de 3 a 4 cm de ancho, éstas son enfriadas con agua helada a 4 °C, se extienden en una mesa de trabajo (excepto el Asadero) para esparcirle una fina capa de sal en la superficie. Posteriormente se cortan y pesan las hebras, según la presentación deseada. Finalmente se trenzan las hebras del queso Oaxaca o Asadero para formar bolas cuyo tamaño dependerá de la presentación que se requiera.

Chedarización

Esta operación es crítica en la elaboración del queso tipo Chihuahua, debido a la acidificación en la pasta, o chedarización, la cual debe llevarse hasta alrededor de 35 °D en suero (o un pH en masa entre 5.2 y 5.5) para lograr la textura adecuada e influir correctamente en el proceso de maduración. El tiempo de duración de ésta operación varía, pues depende del lapso en que se alcance la acidez deseada.

Moldeado

Se coloca la cuajada en moldes para darle al queso la forma deseada. Se utilizan moldes de acero inoxidable o plástico, los cuales tienen perforaciones por donde escapará el suero y en su interior retendrá la cuajada.

¹³⁴ Manuales para Educación Agropecuaria, *Op. Cit.*, p. 58.

¹³⁵ Caro Canales, Irma, *Op. Cit.*, p. 92.

¹³⁶ Villegas, Abraham, *Op. Cit.* p. 117.

Prensado

El objeto del prensado es separar un poco más el suero, compactar la masa uniendo el grano e imprimir al queso el formato deseado. Este prensado varía mucho en intensidad y duración con el tipo de queso. La intensidad del prensado depende de la consistencia, la humedad y el tamaño del queso y varía pocos kilogramos.¹³⁷

Refrigeración

Los quesos pasan a la cámara de refrigeración a una temperatura comprendida entre 4 a 8 °C (ver cuadro 14). Para el enfriado de la masa interna del queso y al día siguiente están listos para su distribución. En el caso del queso tipo Manchego y Chihuahua, esta operación es considerada como un oreo, cuya finalidad es eliminar el exceso de humedad de la superficie..

Cuadro 14. Temperaturas de refrigeración.

Queso	Temperatura (°C)
Tipo Manchego	5 – 8
Tipo Chihuahua	5 – 8
Oaxaca	4 – 5
Panela	4 – 5
Asadero	4 – 5

Fuente: Cremería Covadonga, (2004).¹³⁸

Envasado

Los quesos se envasan en envases especiales, para protegerse de la luz que desencadena la oxidación de la materia grasa, así como del oxígeno exterior, pues éste es un elemento necesario para la supervivencia y crecimiento de los microorganismos y si está ausente en el envase estos no podrán desarrollarse, lo cual protege la calidad del queso. También se debe prevenir la evaporación del agua, ya que esto sería un factor que provocaría la variación del aspecto del queso y de su peso.

¹³⁷ Keating, Patrick Francis y Gaona Rodríguez, Homero, (1999), *Introducción a la lactología*, Limusa, México, p. 205.

¹³⁸ Cremería Covadonga, (2004). Visita guiada al área de proceso.

El envasado de los quesos permite su conservación y los hace más fácil de manejar para su transporte y comercialización. El envasado ideal es el realizado al vacío porque conserva las características del queso por mayor tiempo.¹³⁹ Los materiales de los envases que se pueden utilizar son las películas de celulosa, polietileno, polipropileno, cloruro de vinilideno y policloruro de vinilo; las bolsitas a base de complejos de plástico o de películas metalizadas; y los embalajes termoconformados.¹⁴⁰ El embalaje podrá ser de cartón o de plástico para proteger al queso de las agresiones exteriores. Las presentaciones de los quesos son para tipo manchego, panela y chihuahua de 1 y 2 Kg, para Oaxaca y asadero de 500 y 1Kg.

Maduración

La maduración es la transformación de la cuajada, por acción de bacterias en una masa de sabor agradable y aroma característico, propio del queso maduro. Para una buena maduración el queso debe estar a una temperatura de 12 a 14 °C, con una humedad relativa de 85 a 90%. Si la humedad es muy baja los quesos se resecan demasiado y pueden agrietarse.¹⁴¹ El tiempo de maduración es de cinco días. Este proceso es aplicable solo al queso tipo Manchego y tipo Chihuahua.

3.10 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Considerando la capacidad de producción establecida en el punto 3.4, se procede a realizar los balances de materia y energía, y posteriormente seleccionar la maquinaria y equipo que más convenga.

ESTANDARIZACIÓN (CUADRADO DE PEARSON)

En la práctica las industrias realizan el descremado de la leche entera de acuerdo al tipo de queso que se va a producir, pues el contenido de grasa requerido varía, evitando con esto el descremado de toda la leche.

¹³⁹ <http://members.tripod.com.ve:04,V,2005>.

¹⁴⁰ Bureau, G. y Multon, J. L., *Embalaje de los alimentos de gran consumo*, Acrobía, España, p. 656.

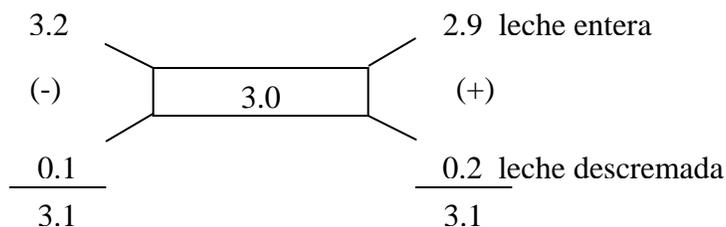
¹⁴¹ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, *Op. Cit.* p. 32.

El método del cuadrado de Pearson es de utilidad para realizar la estandarización de la materia grasa, además puede utilizarse para proteínas y demás componentes de la leche,¹⁴² pero en la práctica se realiza para la grasa, ya que los quesos poseen un determinado porcentaje de ésta que se tiene que cumplir de acuerdo al tipo de queso y normas existentes.

La estandarización es indispensable para conocer la cantidad de leche entera y descremada que se necesita para normalizar el contenido de grasa de la materia prima para cada tipo de queso. Enseguida se presentan los cálculos para conocer las cantidades necesarias de leche entera y descremada para el queso tipo Manchego.

QUESO TIPO MANCHEGO 3% GRASA

Para este queso la leche debe contener 3% de grasa, pero se cuenta con leche entera con 3.2% necesitando disminuirlo al deseado, para ello se mezcla leche entera con 3.2% y leche descremada (cabe mencionar que esta contiene un 0.1%* de grasa)¹⁴³ obteniendo el porcentaje requerido. Para éste cálculo se colocan los números de los elementos conocidos (3.2% y 0.1%) en la parte exterior de los ángulos de un cuadrado y en el centro del cuadrado el elemento deseado (que es 3%). Se realiza una sustracción en diagonal, obteniéndose (2.9 y 0.2, que representan la proporción de leche entera y descremada respectivamente). Ahora bien, para comprobar que el cálculo es correcto los valores del lado izquierdo del cuadrado se restan y los del derecho se suman y si el valor es igual quiere decir que se resolvió bien.



En éste caso, se requiere conocer las cantidades exactas, tanto de leche entera como de la descremada, para esto se realiza una regla de tres simple, donde el 3.1 representa el 100%, considerando el 2.9 para leche entera y 0.2 para la descremada.

¹⁴² Taller de Lácteos, (2005).

¹⁴³ *Ibidem*.

3.1 → 100%	3.1 → 100%
2.9 → x	0.2 → x
$x = 93.6\%$	$x = 6.4\%$

Los valores de 93.6 y 6.4%, representan las proporciones necesarias de leche entera y descremada para realizar la mezcla y obtener la estandarización requerida (3.0% de grasa).

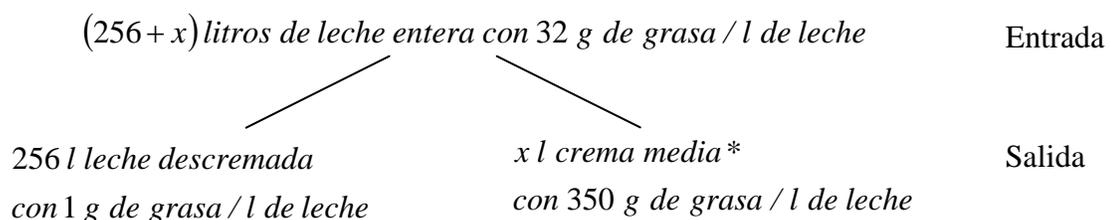
Para una cuba de 4,000 litros de capacidad (ver Cuadro 16) se considera como el 100%, y por medio de reglas de tres se conocen las cantidades en litros de cada una de las porciones de leche necesarias, obteniendo lo siguiente:

100 % → 4000 <i>litros</i>	100 % → 4000 <i>litros</i>
93.6 % → x	6.4 % → x
$x = 3744$ <i>litros de leche entera</i>	$x = 256$ <i>litros de leche descremada</i>

Esto quiere decir que para conseguir una leche de mezcla con 3.0% de grasa, se debe mezclar 3,744 litros de leche entera con 3.2% de grasa, además de 256 litros de leche descremada con 0.1% de grasa. Éste método permite conocer las cantidades de leche a mezclar, pero no se puede conocer la cantidad de crema a obtener como resultado del proceso de descremado, por lo que es necesario realizar el cálculo correspondiente que permitirá conocer tanto la cantidad de crema como de leche a descremar.

BALANCE PARA EL DESCREMADO¹⁴⁴

Si la leche entera contiene 3.2% de grasa o bien 32 g de grasa/l de leche y la leche descremada contiene 0.1% de grasa o 1 g de grasa/l de leche. Sabiendo de que en ésta operación la entrada (leche entera) es igual a la salida (leche descremada y crema), se establece la siguiente ecuación $(256 + x)$ que representa la cantidad de leche entera a descremar que no se conoce. Por lo que se asigna x a la cantidad de crema con un contenido de 350 g de grasa/l de leche.



¹⁴⁴ Lambert, J. C., (1988), *Village milk processing*, FAO, p. 59, 60.

Se realiza lo siguiente para conocer la cantidad de crema:

$$(256 + x)32 = 256(1) + 350 x$$

$$8192 + 32x = 256 + 350 x$$

$$32 x - 350 x = 256 - 8192$$

$$-318 x = -7936$$

$$x = 24.95 \text{ litros de crema}$$

Finalmente, para conocer la cantidad de leche entera a descremar se suman los litros de leche descremada (256) y los litros de crema (24.95), obteniendo así 280.95 litros de leche entera a descremar por lote. La cantidad de crema por día se obtiene de la suma de cada uno de los lotes producidos. Una vez conocida la cantidad de crema por día, se establece la capacidad del tanque de almacenamiento para la misma.

*Se consideró que se va a obtener una crema media con 350 g de grasa/l de leche.¹⁴⁵ En la elaboración de queso los kilogramos a obtener son variables de acuerdo al rendimiento de cada uno, por ejemplo en el queso tipo manchego el rendimiento es de 8 l de leche/kg de queso y la capacidad de la tina es de 4,000 l, por lo tanto se obtienen 500 kg de queso. Para el caso del suero hay que señalar, que no todo se almacena, ya que, para poder venderlo, éste no debe ser ácido, ni salado. Aproximadamente, se obtienen 3,500 l de suero en éste caso.

El queso Oaxaca, parte del panela y asadero, se encuentran en la situación de que el suero es ácido o bien salado, lo que impide su comercialización para elaborar algunos derivados.¹⁴⁶ Mientras que el suero del queso tipo manchego, tipo chihuahua y parte del panela puede ser utilizado para este fin. En el cuadro 15 se resumen las cantidades derivadas de los balances de materia para los diferentes tipos de quesos destacando que es importante la cantidad de leche a procesar.

¹⁴⁵ Alaís, Charles, (1986), *Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera*, Compañía Editorial Continental, México, p. 450.

¹⁴⁶ Cremería Covadonga, (2004). Visita guiada al área de proceso.

Cuadro 15. Resultados de las cantidades de materias primas, subproductos y productos por lote.

Queso	Cantidades				
	Leche entera (litros)	Leche descremada (litros)	Crema (litros)	Queso (Kg)	Suero (litros)
Tipo Manchego	3,744	256	24.95	500	3,500
Tipo Chihuahua	3,744	256	24.95	500	3,500
Oaxaca	1,838.7	1,161.3	113.2	300	2,700
Panela	1,935.48	2,064.52	201.25	285.7	3,714.3
Asadero	1,838.7	1,161.3	113.2	300	2,700

Fuente: Obtenida de los balances de materia.

El número de lotes se componen como se indica en el cuadro 16, para el caso de los quesos tipo Manchego, tipo Chihuahua y Panela de una tina de 4,000 litros y en el caso del Asadero y Oaxaca una de 3,000 litros, dependiendo del día de su elaboración.

Cuadro 16. Días de elaboración, producción por lote (en litros) y número de lotes.

Queso	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Tipo Manchego	(1) 4,000	-	(1) 4,000	-	(1) 4,000	(1) 4,000
Tipo Chihuahua	-	(1) 4,000	-	(1) 4,000	-	-
Oaxaca	-	(6) 2,850	(3) 2,850	(6) 2,850	-	(6) 2,850
Panela	(2) 4,000	(2) 4,000	(2) 4,000	(2) 4,000	(2) 4,000	(2) 4,000
Asadero	(6) 3,000	-	(3) 3,000	-	(6) 3,000	-

Fuente: Elaboración obtenida del programa de producción y del funcionamiento de equipos.

Como se puede observar en el cuadro 16 el día lunes se elaboran tres tipos de quesos, que proporcionan cantidades de crema de acuerdo al cuadro 15, de donde para el queso tipo manchego se obtienen 24.95 litros de crema, del queso asadero son 679.2 litros y panela 402.5 litros, dando un total de 1,106.65 litros, y en los días restantes las cantidades totales fueron menores a la anterior, por lo tanto esta cantidad se toma como base para seleccionar el tanque de almacenamiento de acuerdo a la misma. Este mismo cálculo se realizó para el

suelo de donde se obtuvo la máxima cantidad de 10,300 litros y de igual manera se selecciona el tanque de almacenamiento respectivo. Una vez terminados los balances de materia se procede a seleccionar la maquinaria y equipo convenientes de acuerdo a la capacidad seleccionada y resultados obtenidos.

BALANCE DE ENERGÍA

Estos balances se realizaron para conocer los requerimientos de vapor y agua caliente y fría en los equipos que los requieren, tales como el intercambiador de calor (pasteurizador), tinas de coagulación de 4000 y 3000 litros y malaxadora.

En el intercambiador de calor de placas.

El pasteurizador consta de tres etapas que son las siguientes precalentamiento, calentamiento, y preenfriamiento, donde se realizaron los balances correspondientes.

Precalentamiento



$$M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = 5,150 \text{ Kg/h}$$

$$T_1 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = ?$$

$$T_3 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_p = \text{constante}$$

$$M_1 C_p \Delta T_1 = M_3 C_p \Delta T_2$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

$$T_1 - T_2 = T_4 - T_3$$

$$75 \text{ }^\circ\text{C} - T_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 39 \text{ }^\circ\text{C} \text{ que es la temperatura a la entrada de la etapa de calentamiento}$$

Calentamiento



$$M_1 = M_2 = 5,150 \text{ Kg/h}$$

$$M_3 = M_4 = ?$$

$$T_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 86 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$M_1 Cp \Delta T_1 = M_3 Cp \Delta T_2$$

$$M_3 = \frac{M_1 Cp \Delta T_1}{Cp \Delta T_2}$$

$$M_3 = \frac{\left(5,150 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right) \left(3.894 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}\right) (75^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})}{4.194 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} (86^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C})} = 15,214.23 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ es el agua caliente}$$

requerida

Pre-enfriamiento



$$M_1 = M_2 = 5,150 \text{ Kg/h}$$

$$M_3 = M_4 = ?$$

$$T_1 = 39 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$M_1 Cp \Delta T_1 = M_3 Cp \Delta T_2$$

$$M_3 = \frac{M_1 C_p \Delta T_1}{C_p \Delta T_2}$$

$$M_3 = \frac{M_1 C_p (T_1 - T_2)}{C_p (T_4 - T_3)}$$

$$M_3 = \frac{\left(5,150 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right) \left(3.894 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right) (39^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{\left(4.194 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right) (35^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})} = 4,303.45 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ de agua fría requerida}$$

Y la cantidad de calor se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = m C_p (T_1 - T_0) \tag{1}$$

donde:

Q = Cantidad de calor (J/s).

m = Flujo másico (kg/h).

C_p = Calor específico de la leche (J/Kg°C).

T₁ = Temperatura final de la leche (°C).

T₀ = Temperatura inicial de la leche (°C).

Datos:

C_p de la leche = 3.894 J/Kg°C.

Flujo de leche = 5000 l/h.

Densidad de la leche = 1.030 Kg/l.

T₁ = 75°C.

T₀ = 4°C.

Cálculos:

$$\frac{5000 \text{ l}}{\text{h}} \times \frac{1.030 \text{ kg}}{1 \text{ l}} = \frac{5150 \text{ kg}}{\text{h}}$$

$$Q = \frac{5150 \text{ kg}}{\text{h}} \times \frac{3.894 \text{ J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (75 - 4^\circ\text{C}) = \frac{1423841.1 \text{ J}}{\text{h}}$$

$$\frac{1423841.1 \text{ J}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \frac{395.51 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

En la tina de coagulación de 4000 litros.

Datos:

C_p de la leche = 3.978 J/Kg°C.

m = 4000 litros.

Densidad de la leche = 1.030 Kg/l.

T_0 = 32°C.

T_1 = 36°C.

Cálculos:

$$4000 \text{ l} \times \frac{1.030 \text{ kg}}{1 \text{ l}} = 4120 \text{ kg}$$

$$Q = 4120 \text{ kg} \times \frac{3.978 \text{ J}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \times (36 - 32 \text{ } ^\circ\text{C}) = 65557.44 \text{ J}$$

Después se calculan los requerimientos de vapor necesario para el proceso mediante la siguiente ecuación:

$$M_v = \frac{Q}{\lambda} \tag{2}$$

donde:

M_v = Masa de vapor (Kg)

Q = Calor (BTU)

λ = Calor latente (BTU/lb)

Cálculos:

$$65557.49 \text{ J} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ KJ}} \times \frac{9.481 \times 10^{-4} \text{ BTU}}{1 \text{ J}} = 62155.008 \text{ BTU}$$

$$M_v = \frac{62155.008 \text{ BTU}}{946.8 \text{ BTU / lb}} = 65.64 \text{ lb}$$

$$65.64 \text{ lb} \times \frac{0.4536 \text{ Kg}}{1 \text{ lb}} = 29.77 \text{ Kg}$$

En la tina de coagulación de 3000 litros.

Datos:

C_p de la leche = 3.978 J/Kg°C.

m = 3000 litros.

Densidad de la leche = 1.030 Kg/l.

$T_0 = 32^\circ\text{C}$.

$T_1 = 36^\circ\text{C}$.

Cálculos:

$$3000 \text{ l} \times \frac{1.030 \text{ kg}}{1 \text{ l}} = 3090 \text{ kg}$$

$$Q = 3090 \text{ kg} \times \frac{3.978 \text{ J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (36 - 32^\circ\text{C}) = 49168.08 \text{ J}$$

Se calcula la masa de vapor:

$$M_v = \frac{Q}{\lambda}$$

donde:

M_v = Masa de vapor (Kg)

Q = Calor (BTU)

λ = Calor latente (BTU/lb)

$$49168.08 \text{ J} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ KJ}} \times \frac{9.481 \times 10^{-4} \text{ BTU}}{1 \text{ J}} = 46616.25 \text{ BTU}$$

$$M_v = \frac{46616.25 \text{ BTU}}{946.8 \text{ BTU / lb}} = 49.23 \text{ lb}$$

$$49.23 \text{ lb} \times \frac{0.4536 \text{ Kg}}{1 \text{ lb}} = 22.33 \text{ Kg}$$

En la malaxadora.

Utilizando la siguiente ecuación, se conoce el calor específico de la cuajada.

$$C_p = 1.256 \times \% \text{SNG} + 2.093 \times \% \text{MG} + 4.187 \times \% \text{A} \quad * \quad (3)$$

donde:

C_p = Calor específico (J/Kg°C).

%SNG = % de sólidos no grasos.

%MG = % de materia grasa.

%A = % de humedad.¹⁴⁷

¹⁴⁷ Amiot, Jean, *Op. Cit.*, p. 126.

Cuadro 17. Composición de la cuajada.

Componente	Porcentaje
Proteínas	8
Grasa	9
Carbohidratos	7.5
Humedad	75

Fuente: Cenzano, I., (1992).¹⁴⁸

$$C_p = 1.256(0.155) + 2.093(0.09) + 4.187(0.75) = \frac{3.5231 J}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

$$Q = m C_p (T_1 - T_0)$$

donde:

m = masa (Kg).

C_p = Calor específico (J/Kg°C).

T₁ = Temperatura final (°C).

T₀ = Temperatura inicial (°C).

$$Q = 300 \text{ Kg} \times \frac{3.5231 J}{Kg \text{ } ^\circ C} \times (55 \text{ } ^\circ C - 36 \text{ } ^\circ C) = 20081.67 J$$

Requerimiento de agua caliente en la malaxadora.

$$m_A C_{PA} (T_{1A} - T_{0A}) = m_C C_{PC} (T_{1C} - T_{0C}) \quad (4)$$

m_A = Masa de agua (Kg).

C_{PA} = Calor específico (J/Kg°C).

T_{1A} = Temperatura inicial (°C).

T_{0A} = Temperatura final (°C).

m_C = Masa de cuajada (Kg).

C_{PC} = Calor específico (J/Kg°C).

T_{1C} = Temperatura inicial (°C).

T_{0C} = Temperatura final (°C).¹⁴⁹

De la ecuación (4) se despeja la masa de agua:

¹⁴⁸ Cenzano, I., *Op. Cit.*, p. 207.

¹⁴⁹ Amiot, Jean, *Op. Cit.*, p. 134.

$$m_A = \frac{m_C C_{PC} (T_{1C} - T_{0C})}{C_{PA} (T_{1A} - T_{0A})}$$

$$m_A = \frac{(300 \text{ Kg}) \left(\frac{3.5231 \text{ J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) (55^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C})}{\left(\frac{4.1964 \text{ J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) (80^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C})} = 478.54 \text{ Kg}$$

Por lo que la cantidad de agua caliente necesaria en la malaxadora es de 478.54 Kg, para un lote de 300 Kg de cuajada y las necesidades de calor en los equipos se especifican en el siguiente cuadro:

Cuadro 18. Calor requerido en los equipos.

Calor (J/s)		Calor (J)	
Pasteurizador	395.51	Tina de 4,000 l	65557.44
		Tina de 3,000 l	49168.08
		Malaxadora	20081.67

Fuente: Elaboración de los balances de energía.

Cuadro 19. Requerimientos de agua caliente y vapor.

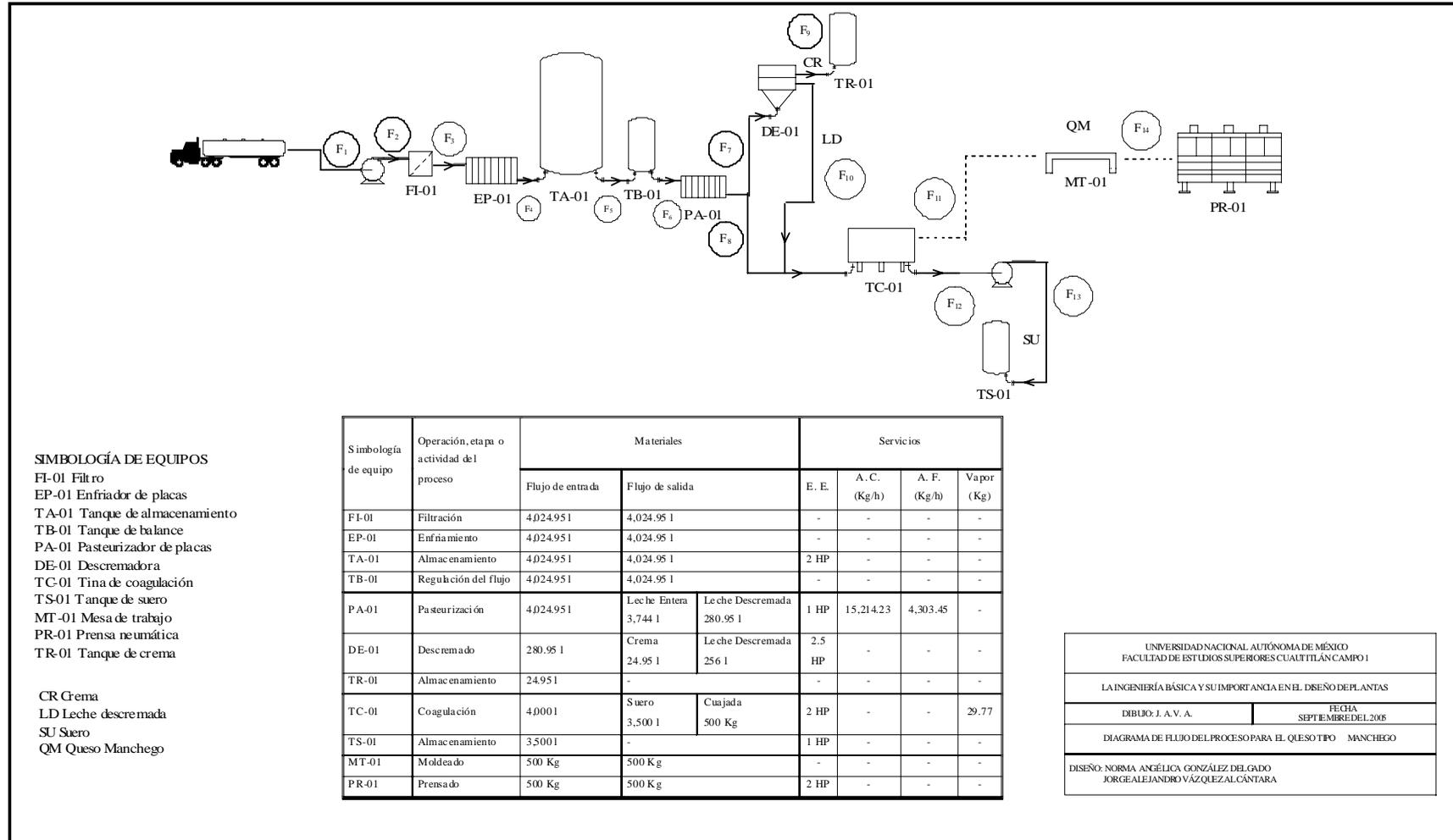
Equipo	M _A caliente (Kg/h)	M _v (Kg)	M _A fría (Kg/h)
Pasteurizador	15,214.23	-	4,303.45
Tina de coagulación 4,000 l	-	29.77	-
Tina de coagulación 3,000 l	-	22.33	-
Malaxadora	478.54	-	-

Fuente: Obtenidos de los balances de energía.

3.11 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El diagrama de flujo es la representación del proceso utilizando la simbología de ingeniería correspondiente a la operación del proceso y basada en la secuencia presentada en el diagrama de bloques del queso tipo manchego, y se utiliza la nomenclatura correspondiente para identificación de equipos por cada etapa, ya que la maquinaria y equipo utilizado representan a la línea de proceso. Conjuntamente se expone el cuadro del resumen del balance de materiales

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso para el queso tipo Manchego y resumen de los balances de materia y energía.



Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes y de los balances de materia y energía.

3.12 MAQUINARIA Y EQUIPO

Al mismo tiempo que la selección de maquinaria y equipo apropiados, se escogerán a los mejores proveedores, teniendo en cuenta su flexibilidad, tradición y experiencia, las garantías sobre el funcionamiento, el abastecimiento de refacciones, la asistencia técnica prestada, precio de venta y facilidades de pago.

En la especificación de la maquinaria y equipo propuestos, se deben hacer consideraciones financieras o de nacionalidad, tales como: facilidades de crédito, tipos de interés y moneda extranjera requerida. Se deberán puntualizar las especificaciones técnicas de los equipos seleccionados, así como también las consideraciones económicas mencionadas.¹⁵⁰ En el cuadro 20 se presentan las características (dimensiones, capacidad, HP del motor y costo) de los equipos seleccionados. El material de construcción de los equipos es acero inoxidable pulido 316 con superficie lisa y características para uso alimenticio, con lo que se evita la proliferación de microorganismos y la corrosión provocada por la acidez del suero.

Todos los equipos cuentan con una garantía de un año a partir de cuando fueron instalados y su vida útil es de 10 años como mínimo si se les da el mantenimiento adecuado.^{151, 152,153}

¹⁵⁰ Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Op. Cit.* p. 106, 107.

¹⁵¹ Mapisa, (2005).

¹⁵² Tanques y Equipos Inoxidables y de Servicios, (2005).

¹⁵³ Tetrapak, (2005).

ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS SELECCIONADOS

Cuadro 20. Características de los equipos.

Equipo	Dimensiones (en metros) (l x a x h)	Cantidad y capacidad	Costo \$	H.P.
Pasteurizador	1 x 0.5 x 0.9	(1) 5,000 L/h	310,000	1
Tanque de almacenamiento	3.8 x 2.5 diámetro	(2) 20,000 L	240,000	2
Tanque de paso	1.2 x 0.95 diámetro	(1) 1000 L	13,000	-
Descremadora	1.3 x 0.7 x 1.3	(1) 5000 L	195,000	2.5
Tanque de suero	1.5 x 1.8 diámetro	(1) 15,000 L	85,000	1
Tinas de cuajado	4.33 x 1.5 x 0.6	(2) 4,000 L	60,000	-
Tinas de cuajado	3 x 1.5 x 0.6	(3) 3,000 L	51,000	-
Prensa	2.5 x 1 x 2	(4) 250 Kg	45,000	2
Malaxadora	2.5 x 1 x 1.3	(1) 300 Kg	48,000	2
Mesas de trabajo	2 x 0.7 x 0.9	(4)	37,950	-
Tina de enfriamiento	1.5 x 1 x 0.6	-	18,500	-
Filtro	-	-	4,500	-
Tanque de crema	1.2 x 0.95 diámetro	(1)	23,500	-
Enfriador de placas	0.5 x 0.3 x 0.9	(1) 20,000 L/h	200,000	-
Agitador	-	(5)	4,500	1
Liras	-	(5)	1,400	-
Bomba recepción	-	(2) 20,000L/h	9,000	3
Bomba desuerado	-	(2) 8,000L/h	5,000	2
Bomba desuerado	-	(3) 6,000L/h	4,500	1.5
Envasadora al vacío	1.7 x 0.9 x 1	(1)	333,650	-

Fuente: Tanques y Equipos Inoxidables y de Servicios, (2005)¹⁵⁴ y Mapisa, (2005).¹⁵⁵

L = Largo, a = Ancho, h = altura. Los precios de los equipos corresponden al mes de Mayo del 2005, y el costo total es de: \$2,386,950.00

¹⁵⁴ Tanques y Equipos Inoxidables y de Servicios, (2005).

¹⁵⁵ Mapisa, (2005).

A continuación se presentan las figuras de la maquinaria y equipo, destacando que son similares a los seleccionados, puesto que no se encontró disponible su representación con los proveedores consultados.

Figura 12. Enfriador de placas



Fuente: www.vigusa.com.mx¹⁵⁶

Figura 13. Tanque de almacenamiento



Fuente: www.solbe.net/tan.htm¹⁵⁷

Figura 14. Pasteurizador y tanque de balance



Fuente: www.etisrl.com.ar/pasteur.htm¹⁵⁸

Figura 15. Descremadora



Fuente: www.vigusa.com.mx¹⁵⁹

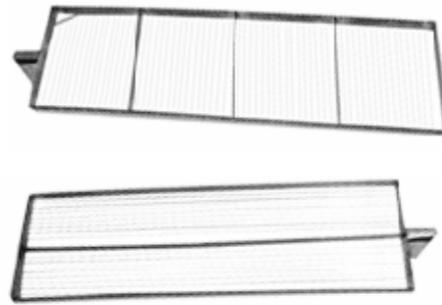
¹⁵⁶ www.vigusa.com.mx: 06, III, 2005.

¹⁵⁷ www.solbe.net/tan.htm: 10, XII, 2005.

¹⁵⁸ www.etisrl.com.ar/pasteur.htm: 10, XII, 2005.

¹⁵⁹ www.vigusa.com.mx: 06, III, 2005.

Figura 16 y 17. Tina de coagulación y liras para corte de cuajada



Fuente: www.vigusa.com.mx¹⁶⁰

Figura 18. Mesa de trabajo



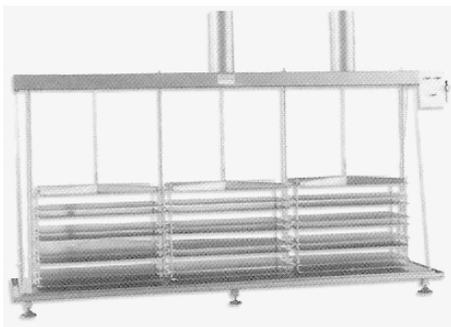
Fuente: www.vigusa.com.mx¹⁶¹

Figura 19. Malaxadora



Fuente: www.vigusa.com.mx¹⁶²

Figura 20. Prensa neumática



Fuente: www.vigusa.com.mx¹⁶³

Figura 21. Envasadora al vacío



Fuente: Mapisa, (2005).¹⁶⁴

¹⁶⁰ *Ibidem.*

¹⁶¹ *Ibid.*

¹⁶² *Ibid.*

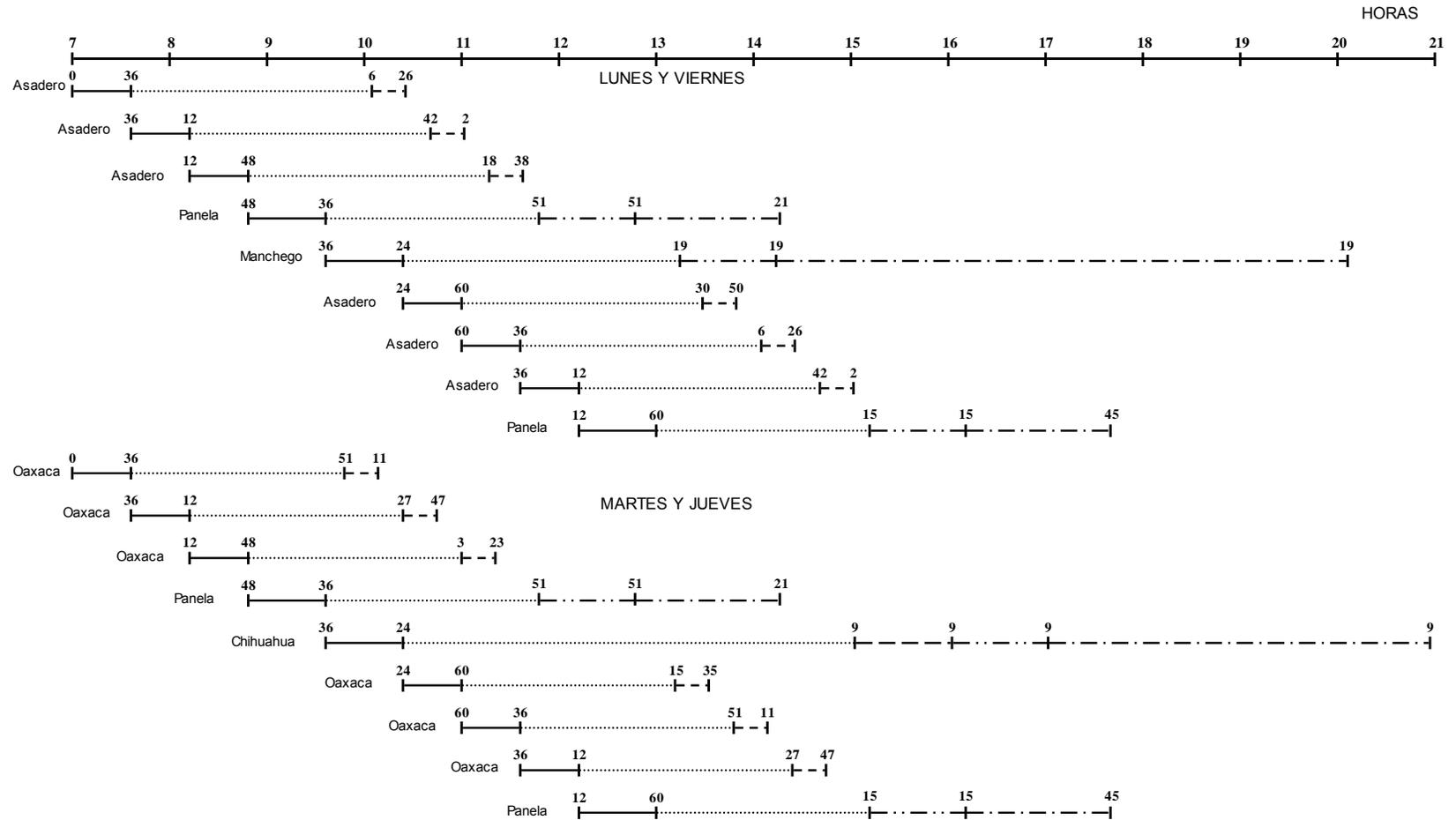
¹⁶³ *Ibid.*

¹⁶⁴ Mapisa, (2005).

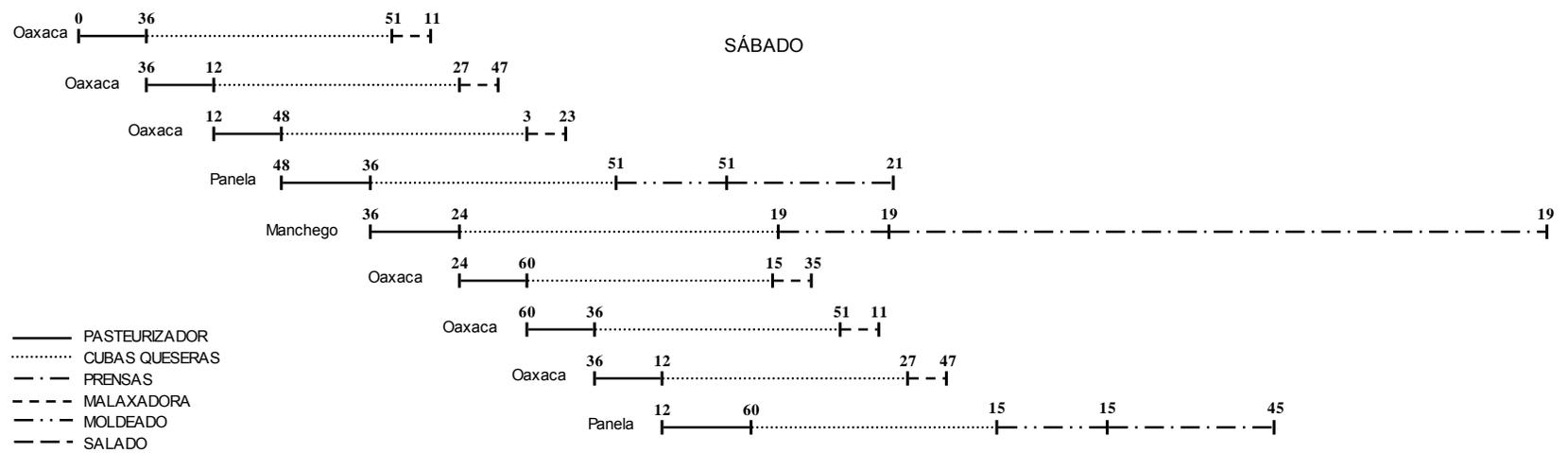
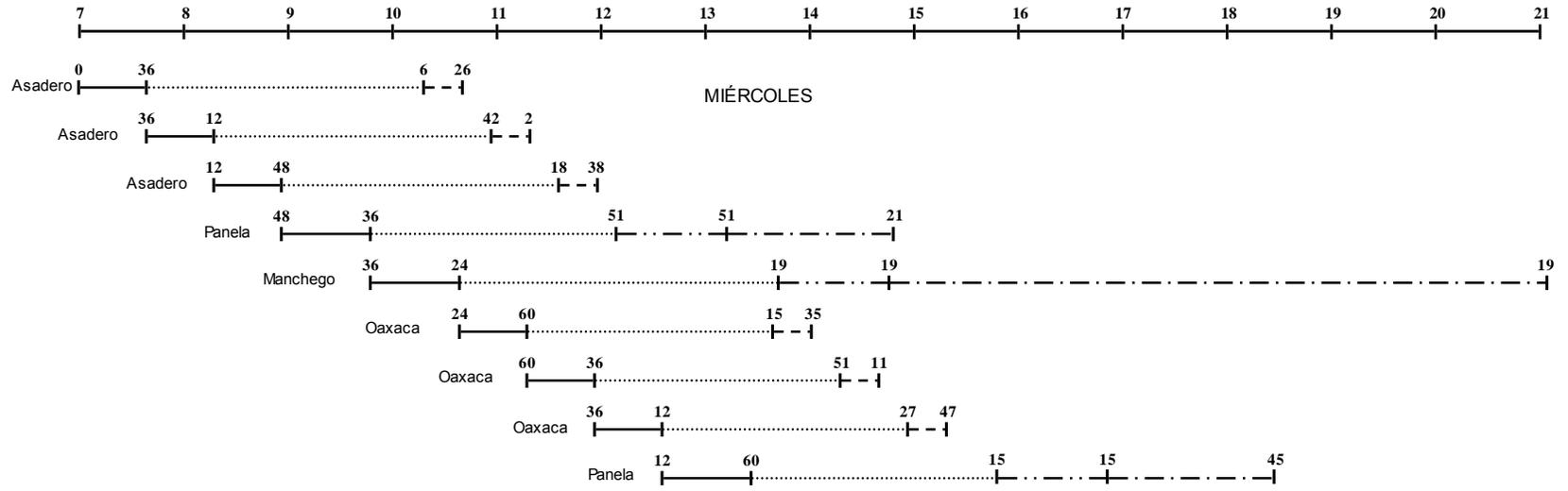
3.12.1 Funcionamiento de los equipos

El programa de la figura 22 fue diseñado de acuerdo a los diagramas de bloques de los procesos, una vez conocido el tiempo que dura cada uno de los mismos. Es importante conocer el funcionamiento de los equipos para establecer los periodos de limpieza, su duración y la hora en que se encuentran disponibles, para de ésta forma evitar retrasos que pudieran afectar los procesos, así como también darles un uso más adecuado. Cabe mencionar que el pasteurizador es un equipo en el que se recomienda que su operación sea continua, ya que el paro del mismo trae consigo elevados costos de operación. Para este caso el tiempo de funcionamiento es de seis horas continuas, mientras que para los equipos restantes es variable y pueden detenerse para su limpieza.

Figura 22. Programa de funcionamiento del pasteurizador, cubas de cuajado y prensas



HORAS



- PASTEURIZADOR
- CUBAS QUESERAS
- - - PRENSAS
- - - MALAXADORA
- . . MOLDEADO
- - - SALADO

06

3.12.2 Limpieza después de terminado el proceso

La limpieza es una parte importante en la producción de alimentos y la efectividad del proceso de limpieza tiene considerables implicaciones sobre la calidad del producto alimenticio final. Todas las superficies de equipos usados en la producción de alimentos se ensuciarán tarde o temprano. Una superficie mal limpiada puede estropear la producción de un día entero. El propósito de la limpieza es limpiar tanto como sea necesario para liberarse de impurezas y para reducir la cantidad de bacterias. Una superficie limpiada eficazmente es más fácil de esterilizar. El resultado del proceso de esterilización depende entre otras cosas, de la cantidad de microorganismos resistentes presentes sobre la superficie al comienzo de dicho proceso. Además, los microorganismos protegidos dentro de impurezas son habitualmente más difíciles de destruir.¹⁶⁵ Se usan en general dos métodos para remover impurezas:

- CIP (Cleaning in place-limpieza in situ o limpieza sin desmontar): Limpieza de partes completas de una planta o de circuitos de tubería, realizada sin desmontar o abrir el equipo y con poca o ninguna intervención manual del operador.
- COP (Cleaning out of place-limpieza fuera de posición): Los artículos a limpiar se colocan en una máquina lavadora, o se dejan “en posición” y se bombean detergentes y agentes de limpieza a través de los mismos.¹⁶⁶

La limpieza de CIP tiene numerosas ventajas:

Costo	Mejor uso del agua, productos químicos y calor.
Mejor uso de la planta	Menos tiempo de parada.
Menos trabajo manual	No es necesario desmantelar la planta, no hay riesgos de error humano.
Mayor seguridad para los operarios	Protección al calor y los productos químicos.
Mayor consistencia y seguridad en los resultados	Capaz de ser monitoreado con rapidez y exactitud.

¹⁶⁵ Birollo, Gustavo, (2003), *Principios de limpieza química (CIP) para la industria de alimentos*, p. 1, 2.

¹⁶⁶ *Ibidem*. p. 1, 2.

El sistema debe ser diseñado e instalado en forma cuidadosa ya que errores en las líneas como zonas muertas, malas conexiones y superficies rugosas pueden tener efectos o resultados desastrosos. El sistema CIP deberá ser diseñado de acuerdo al resultado final requerido. Por ejemplo para productos finales, es esencial remover todas las esporas por lo que el sistema CIP deberá tener un proceso de esterilización. También deberá preverse que con la estación de CIP no se produzcan contaminaciones cruzadas ni de microorganismos (esporas) o fagos para el caso de elaboración de productos fermentados.¹⁶⁷ Tetrapak ofrece distintos sistemas de limpieza CIP, de acuerdo a las necesidades requeridas, por lo que sería una opción a considerar en el momento en que se tenga que elegir el tipo de proceso, y los equipos que lo requieran.

3.12.3 Consideraciones higiénicas en locales, equipos y utensilios

Es importante que al momento de realizar la ingeniería básica en el caso de una industria de alimentos, se tomen medidas higiénicas en locales, equipos y utensilios y de esta manera adaptar la planta al tipo de alimento que se ha de procesar.

Uno de los aspectos básicos que hay que tener en cuenta cuando se desea obtener un procesamiento adecuado de los alimentos, es el diseño higiénico. Esto hay que tenerlo presente desde que se está diseñando la planta. El diseño higiénico comprende el diseño de la planta, del equipo y del edificio, incluyendo tanto la construcción como la distribución, el suministro de servicios, tales como agua bacteriológicamente aceptable, facilidades para la eliminación de desperdicios, como también el diseño e instalación de facilidades para limpieza y esterilización de la materia prima, planta y equipo.¹⁶⁸ Los factores que deben ser tomados en consideración en todas las etapas de desarrollo de la planta, incluyen:

1. Selección del emplazamiento.
2. Diseño y construcción del edificio.
3. Elección y distribución de la maquinaria.

1. Selección del emplazamiento. Debe tomarse en cuenta (a) la calidad del agua que se dispone: (b) la eliminación de residuos, y (c) el estado sanitario de los alrededores.

¹⁶⁷ *Ibid.* p. 1, 2.

¹⁶⁸ Arana E., R., (1982), Construcción higiénica de edificios y de equipos para alimentos, *Tecnología de alimentos*, Vol. 17, No. 1, p. 19-22.

2. Diseño y construcción del edificio. En el diseño y construcción del edificio han de seguirse una serie de normas dictadas por la experiencia y el estudio y encaminadas a conseguir las condiciones óptimas de fabricación desde un punto de vista técnico, sanitario y económico.

3. Elección y distribución de la maquinaria. En general, el diseño, los materiales de construcción y los métodos de instalación de una planta procesadora de alimentos, serán seleccionados para facilitar la limpieza y esterilización de la planta. Por esta razón el equipo debe ser fácilmente desmantelado y reensamblado rápidamente, usando herramienta sencilla; o también puede diseñarse para su limpieza sin desmantelar.¹⁶⁹

3.13 SERVICIOS AUXILIARES PARA LA PLANTA

Las plantas productoras de quesos requieren de instalaciones o servicios auxiliares en la elaboración de los productos, entre los más importantes destacan: agua, energía eléctrica (alumbrado natural y artificial), combustibles, drenaje, vías de acceso, recolección de basura, vapor, refrigeración, aire comprimido, calefacción, ventilación, acondicionamiento del aire, seguridad y otros servicios dentro de la planta. Todos los servicios deben ser abastecidos en la cantidad y la calidad adecuada, y distribuirse por toda la planta hacia los sitios más convenientes para su consumo, además en necesario eliminar los desperdicios, los malos olores, los vapores tóxicos, los humos y el polvo.

3.13.1 Balance de vapor para la selección de la caldera

Por lo que se refiere al vapor o agua caliente, son servicios utilizados por diversas industrias en sus procesos donde la industria quesera solo es un ejemplo de ello.

En lo que respecta al vapor se entiende que es una fase intermedia entre la líquida y la de gas. Los vapores tienen características semejantes a los gases, puesto que llenan por completo las paredes del recipiente que los contiene, pero no siguen la ley de los gases perfectos.¹⁷⁰ El equipo que genera dicho servicio es la caldera o generador de vapor, que suele alimentarse con alguno de los siguientes combustibles fuel-oil, carbón, gas, diesel, entre otros, que mediante su poder calorífico producen el vapor.

¹⁶⁹ *Ibidem.* p. 19-22.

¹⁷⁰ Selmeq Equipos Industriales, (1976), *Manual Selmeq de calderas*, Cleaver Brooks, México, p. 68.

La compra de una caldera es una de las inversiones más durables. El promedio de vida de una buena caldera es de alrededor de 25 años y durante este tiempo, es de gran importancia el costo del funcionamiento de la misma. Para realizar una compra adecuada en lo que se refiere a calderas es necesario considerar, una serie de factores bastante importantes, que son: cálculo preciso de la demanda de vapor que se está requiriendo, el agua de alimentación disponible, tiempo de operación diaria de la caldera, tipo de caldera a utilizar y número de unidades, selección del combustible, obtención de los costos de operación y el espacio disponible.¹⁷¹ Se considera que cuando una caldera es seleccionada correctamente proporciona un servicio eficiente y no propicia desperdicios de combustible ni elevados gastos de operación. Las necesidades de vapor cuantificadas para esta planta fueron de los siguientes equipos: pasteurizador, malaxadora, tinas queseras de 4,000 y 3,000 litros, las cuales se desarrollaron de la siguiente manera.

De los resultados obtenidos en los balances de energía se tomó la cantidad de agua caliente necesaria para el **pasteurizador** que fue de 15,214.23 Kg/h. Se procede a calcular la cantidad de vapor necesario para la producción de agua caliente a 86°C si se tiene un agua de la que se parte de 15°C con la siguiente ecuación:

$$M_V = \frac{M_A \times Cp_{H_2O} \times (T_{1A} - T_{oA})}{H_V} \quad (5)$$

Donde se tiene:

M_V = masa de vapor (Kg/h)

M_A = masa de agua (Kg/h)

Cp_A = calor específico del agua (Kcal/Kg°C)

T_{1A} = temperatura final del agua (°C)

T_{oA} = temperatura inicial del agua (°C)

H_V = entalpía del vapor (Kcal/Kg)

Datos:

M_A = 15,214.23 Kg/h

Cp_A = 1.002 Kcal/Kg°C

T_{1A} = 86 °C

¹⁷¹ *Ibidem.* p. 68.

$$T_{oA} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H_V^{180^{\circ}\text{C}} = 663.11\text{ Kcal/Kg}$$

Sustituyendo valores se conoce el vapor necesario para producción de agua caliente a 86°C.

$$M_V = \frac{15,214.23 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \left(1.002 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} \right) (86^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C})}{663.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 1,674.64 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

En la **malaxadora** se obtuvo:

$$M_A = 478.54\text{ Kg}$$

Como el tiempo de duración en la malaxadora en de 20 minutos se tiene que son 0.33 horas.

Por lo tanto el flujo másico es de Kg/h

$$M_A = \frac{478.54\text{ Kg}}{0.33\text{ h}} = 1450.12 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \quad (6)$$

$$C_p_{\text{agua a } 80^{\circ}\text{C}} = 1.001\text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_o = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H_V = 646.33\text{ Kcal/Kg}$$

Por lo tanto la masa de vapor es la siguiente

$$M_V = \frac{1450.12 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \times 1.001 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (80^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C})}{646.33 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 145.98 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Para las **tinajas de coagulación** primero para la de 4,000 litros se tiene:

De los balances de energía se toma la $M_V = 29.77\text{ Kg}$

En este caso se consideró que por lo regular sube la temperatura de la leche 1°C por cada 5 minutos.

Así que de 32°C a 37°C el tiempo es de 25 minutos o bien 0.416 horas.

La masa de vapor resultante es:

$$M_V = \frac{29.77\text{ Kg}}{0.416\text{ h}} = 71.562 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}, \text{ pero como son dos tinajas de coagulación de ésta capacidad}$$

se multiplica por dos.

En la tina de 3,000 litros se obtuvo:

$$M_v = \frac{22.33 \text{ Kg}}{0.416 \text{ h}} = 53.677 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}, \text{ realizándolo como se mencionó anteriormente pero ahora}$$

con tres tinajas de coagulación.

Ya conocidas las cantidades requeridas se obtiene un total de 2,124.77 Kg/h.

si 1 c.c.= 15.65 kg/h vapor saturado de 100°C.

el valor obtenido es de 135.76 C.C, y se procede a seleccionar la caldera correspondiente.

El modelo es el CB que tiene la siguiente información técnica.

Sus especificaciones son:

- Largo: 5.070 m.
- Ancho: 1.930 m.
- Altura: 2.310 m.
- Longitud tapa frontal: 0.79 m.
- Longitud tapa trasera: 0.49 m.
- El consumo de agua a plena carga es de 2,352 l/h.
- El combustible y consumo correspondiente es gas L. P. para el piloto es de 2.4 Kg/h.
- Consumo de corriente eléctrica, para la bomba es de 1 HP.
- Circuito de control es de 150 Hertz.
- Peso vacía 6,200 kg, con agua 9,500 Kg.¹⁷²

Lo recomendable es contar con dos calderas para que cuando existan fallas con la que esté en funcionamiento se utilice la segunda como repuesto.

3.13.2 Cuantificación de energía eléctrica

Una vez que se realizaron los balances de materia y energía, así como el diagrama de flujo de proceso, se eligió a la electricidad para ejemplificar como es que se obtiene su costo aproximado, pues este último no ha sido desarrollado en otros trabajos, por tal motivo se creyó conveniente realizarlo, así como su cuantificación pues este servicio es uno de los cuales no se puede dejar de prescindir. Es necesario comentar que la cuantificación de la electricidad requiere de ciertos servicios a considerar tales como: la potencia de los

¹⁷² *Ibíd.* p. 170-172.

motores, contactos, iluminación de las áreas, requerimientos de aire acondicionado, equipos para oficinas, motores en el sistema de refrigeración, entre otros. Para este trabajo solo se tomaron para su cuantificación los requerimientos en la potencia de los motores, de los contactos y de la iluminación de las áreas.

La electricidad presta dos servicios en una instalación industrial (alumbrado y fuerza) y los sistemas de distribución para ambos deben mantenerse separados. Los circuitos de alumbrado son, por lo general, de 110/220 voltios, corriente continua o alterna monofásica, y los circuitos de fuerza de 220 voltios en corriente continua y 220 ó 440 voltios en corriente alterna trifásica.¹⁷³ Hay que destacar que la energía eléctrica es considerada como fuerza solo en los equipos y contactos, mientras que la iluminación como alumbrado. Para ello se realizaron los cálculos correspondientes y de ésta manera se obtuvo el costo aproximado de este servicio. De donde se tomó en cuenta los requerimientos en:

- Iluminación.
- Equipos (Fuerza).
- Contactos (Fuerza).

Para calcular los requerimientos de energía eléctrica, se necesita conocer el factor de demanda para éste tipo de industria, pues es diferente de una industria a otra, por lo que se realizaron los cálculos correspondientes para conocerlo. Antes de comenzar se deben conocer los HP que consumen los equipos y el tiempo en que estarán funcionando. En el cuadro 21 se presentan los HP que consumen los motores de los equipos, aunque por ejemplo la tina de coagulación no requiere de éste servicio.

¹⁷³ Alford, L. P.; Bangs, John R. y Hagemann, George E., (2000), *Manual de la producción*, Limusa, México, p. 872.

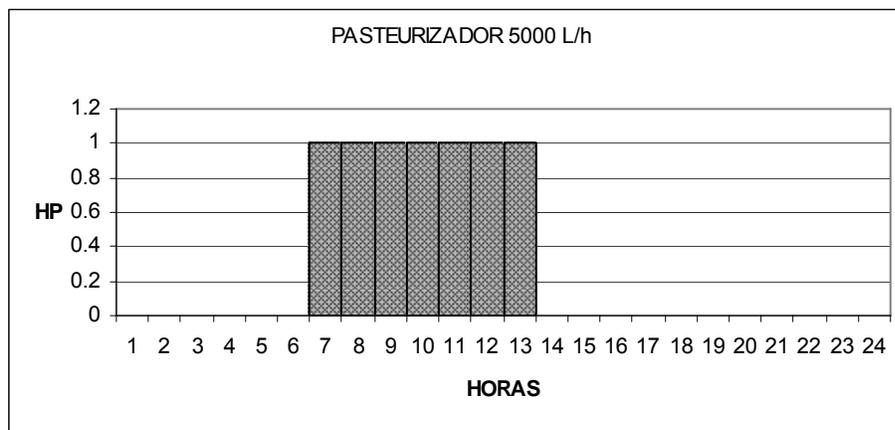
Cuadro 21. HP de los equipos.

Equipo	Cantidad	HP consumidos por equipo
Bomba recepción	2	3
Tanque almacenamiento (agitador)	2	2
Bomba pasteurizador	1	1
Descremadora	1	2.5
Agitadores	5	1
Bombas para desuerado 6,000 l/h	3	1.5
Bombas para desuerado 8,000 l/h	2	2
Malaxadora	1	2
Prensas	4	2

Fuente: Tanques y Equipos Inoxidables y de Servicios, (2005).¹⁷⁴

Ya conocidos los HP, y el tiempo de funcionamiento de los equipos se procede a realizar las gráficas por equipo y finalmente por día. En la figura 23 se ejemplifica el funcionamiento en un día solo para la bomba del pasteurizador.

Figura 23. Bomba del pasteurizador con potencia de 1 HP.



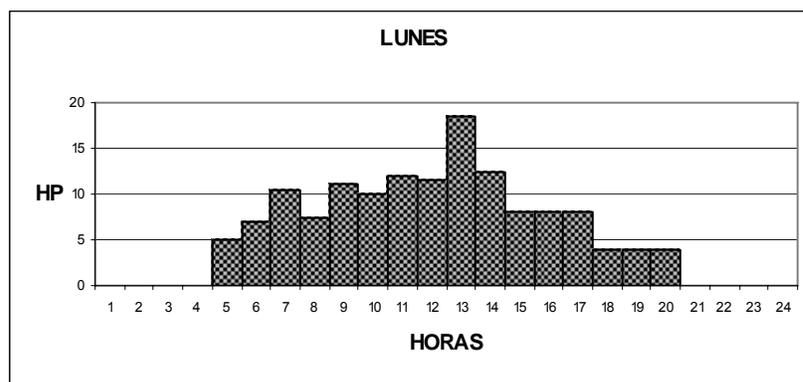
Fuente: Elaborada a partir del funcionamiento de la bomba del pasteurizador.

En la figura 24 se observa la demanda de energía eléctrica durante un día de operación, donde la demanda máxima es de 18.5 HP a las 13:00 horas, lo cual quiere decir que se

¹⁷⁴ Tanques y Equipos Inoxidables y de Servicios, (2005).

encuentran funcionando la mayoría de los equipos. Es importante mencionar que sólo se presenta ésta figura como ejemplo, aunque se realizaron para todos los días de la semana, las cuales tuvieron la misma demanda a la misma hora.

Figura 24. Carga total de equipos durante el día.



Fuente: Elaborada a partir del funcionamiento de los equipos.

Una vez conocida la demanda máxima, se obtiene la carga instalada sumando los HP de todos los equipos, dando como resultado 34 HP.

Posteriormente se calcula el factor de demanda, el cual se refiere a la cantidad de iluminación o de cualquier otra carga que en realidad se usaría en cualquier periodo, en comparación con la carga máxima posible.¹⁷⁵

$$F_d = \frac{D_M(t)}{C_I} \leq 1^* \tag{7}$$

donde:

F_d = Factor de demanda (adimensional).

$D_M(t)$ = Demanda máxima (HP).

C_I = Carga instalada (HP).¹⁷⁶

Al sustituir los valores se obtuvo un $F_d = 0.544$, el cual corresponde a una planta quesera de este tipo.

¹⁷⁵ Foley, Joseph H.; Pérez Castellanos, José Hernán y Fournier González, Julio, (1992), *Fundamentos de instalaciones eléctricas*, McGraw-Hill, México, p. 62.

¹⁷⁶ Juárez Cervantes, José Dolores, (1995), *Sistemas de distribución de energía eléctrica*, Sans Serif, México, p. 41.

Para conocer la cantidad de energía eléctrica consumida por los equipos durante un tiempo de funcionamiento de 24 horas, se realiza una conversión de HP a Watts.

$$18.5 \text{ HP} \times \frac{746 \text{ W}}{1 \text{ HP}} = 13,801 \text{ W}$$

$$13,801 \text{ W} \div 24 \text{ horas} = 575.04 \text{ W / hora}$$

$$575.04 \frac{\text{W}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ W}} = 0.575 \frac{\text{KW}}{\text{hora}}$$

Finalmente, este consumo se multiplica por el costo del KW/hora en corriente trifásica para la zona de ubicación de la planta. Para este ejemplo, se tomó el costo en la Región Central, ajustándose a los consumos y costos indicados en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Consumos y costos en sistema trifásico para uso industrial.

Consumo (KW/h)	Costo (\$)
1 – 50	1.519
50 – 180	1.834
Adicional	2.023

Fuente: Compañía de Luz y Fuerza del Centro, (2005).¹⁷⁷

Cabe mencionar que el costo en sistema monofásico es de \$0.574 - \$0.577 por KW/hora.

$$0.575 \frac{\text{KW}}{\text{h}} \times \$ 1.519 = \$ 0.8734 \text{ por hora}$$

$$\frac{\$ 0.8734}{\text{h}} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{24 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = \$ 503.09 \text{ por mes}$$

Contactos.

Tomando en cuenta los equipos, se determina el número de contactos trifásicos requeridos en equipos, así como también los monofásicos para los equipos que lo requieren. El consumo de un contacto trifásico es de 250 W mientras que para un monofásico es de 180 W, obteniéndose lo siguiente:

¹⁷⁷ Compañía de Luz y Fuerza del Centro, (2005).

$$19 \times 250 W = 4750 W \text{ en corriente trifásica}$$

$$6 \times 180 W = 1080 W \text{ en corriente monofásica}$$

Obteniendo un total de 5830 W.

Por lo tanto el costo es de:

Trifásico

$$4.75 \frac{KW}{hora} \times \$1.519 = \$7.215 \text{ el } \frac{KW}{hora} \times 24 \text{ horas} = \$173.16 \text{ por día}$$

Monofásico

$$1.08 \frac{KW}{hora} \times \$0.577 = 0.623 \text{ el } \frac{KW}{hora} \times 24 \text{ horas} = \$14.952 \text{ por día}$$

Ahora por mes se obtiene lo siguiente:

$$\$173.16 \times 24 \text{ días} = \$ 4155.84$$

$$\$ 14.952 \times 24 \text{ días} = \$ 358.848$$

Se suman ambos resultados para obtener el costo total que es de \$ 4514.688

Iluminación

A fin de prefijar la iluminación apropiada para una zona industrial, es necesario en primer lugar analizar la tarea visual a desarrollar y determinar la cantidad y tipo de iluminación que proporcione el máximo rendimiento visual y cumpla con las exigencias de seguridad y comodidad. El segundo paso consiste en seleccionar el equipo de alumbrado que proporcione la luz requerida de la manera más satisfactoria.¹⁷⁸ Los niveles de iluminación recomendados para las distintas áreas se citan más adelante, así como también el método a seguir para calcular el número de luminarias necesarias para las mismas.

En la práctica, la selección de la fuente y del equipo depende tanto de razones económicas como de la naturaleza de la tarea visual y del contorno. La extensión y forma de la zona a iluminar, la reflectancia de las paredes, techos y suelos, las horas de funcionamiento anuales, la potencia nominal y otros factores menos importantes deben tenerse en cuenta al seleccionar el equipo idóneo, que habrá de ser económico tanto por su funcionamiento como por su instalación. El grado requerido de fidelidad de color es también importante en

¹⁷⁸ Westinghouse, (2000), *Manual del alumbrado*, Limusa, España, p. 167.

la elección de la fuente de luz.¹⁷⁹ Los cálculos siguientes corresponden a la determinación del consumo de energía eléctrica para la iluminación del área de proceso, aunque también se puede realizar para cualquier área de la planta. A éste procedimiento se le llama Método de Cavidad Zonal. De el cuadro 23 se toma el valor de 600 luxes de iluminación, que es el valor máximo requerido, debido a que no se indican para las actividades de una planta quesera.

Cuadro 23. Niveles de iluminación en la industria láctea.

Áreas	Nivel de Iluminación (luxes)
Cuarto marmitas y almacén botellas	200
Botellas	300
Lavadores botellas	F
Lavadores latas	200
Equipo refrigeración	200
Llenado inspección	600
Manómetros y tableros medidores	300
Laboratorios	600
Pasteurizadores	200
Separadores y cuartos refrigerados	200
Tanques, cubas	300
Termómetro	300
Cuarto para pesar	200

Fuente: Iluminación de la industria, (2000).¹⁸⁰

Se calcula la cantidad de pies-candela necesarios:

$$I = E \times H^2 \tag{8}$$

donde:

I = Potencia en candelas.

¹⁷⁹ *Ibidem.* p. 167.

¹⁸⁰ Iluminación de la industria, (2000), *Manual de iluminación industrial.*

E = Nivel de iluminación (luxes).

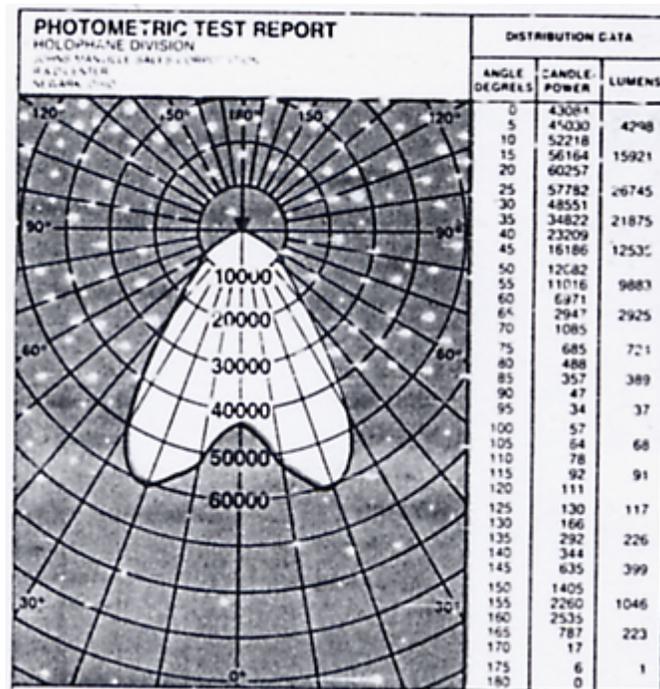
H = Altura del luminario a tratar (m).¹⁸¹

Realizando la operación, se tiene:

$$I = 600 \text{ luxes} \times (10 \text{ m})^2 = 60,000 \text{ candelas}$$

a) De la figura 25 muestra el tipo de lámpara seleccionada tomando el valor más cercano a 60,000 pie-candela a 0°.

Figura 25. Lámpara de aditivos metálicos.



Fuente: Holophane, (2000).¹⁸²

La lámpara seleccionada es:

Holophane No. 1030.

1000 W Clear MH

110,000 lúmenes iniciales.

d) Se determina el índice de cavidad de cuarto RCR (Room cavity ratio).

$$RCR = \frac{5 \times \text{Altura de cavidad de cuarto} \times (\text{Largo} + \text{Ancho})}{\text{Area}} \quad (9)$$

donde: RCR = Índice de cavidad de cuarto (adimensional).

¹⁸¹ Gutiérrez Santos, Francisco, (2002), *Manual de iluminación*, Holophane, México, p. 110.

¹⁸² Holophane, (2000), Folleto Prismpack V.

5 = constante.

Altura de cavidad de cuarto = Se obtiene restando la altura de trabajo (altura de la mesa de trabajo) de la altura del luminario a tratar dando como resultado 9.1 metros.

$$10\text{ m} - 0.9\text{ m} = 9.1\text{ m}$$

Largo = Largo del área de proceso (m).

Ancho = Ancho del área de proceso (m).

Área = Área de proceso (m²).¹⁸³

$$RCR = \frac{5 \times 9.1\text{ m} \times (31\text{ m} + 18\text{ m})}{558\text{ m}^2} = 3.99 \approx 4$$

e) Considerando techo, muros y pisos color industrial blanco.

Se toman las reflectancias siguientes:

Piso: 20%, Techo: 70% y Pared: 50%.

De acuerdo al valor de RCR calculado y las reflectancias se obtiene el coeficiente de utilización, que fue de 0.76.

Cuadro 24. Coeficientes de utilización.

	Piso 20%				Techo 70%			0%
	50%	30%	10%	30%	30%	10%		
0	.02	.02	.02	.92	.92	.92	.86	
1	.94	.92	.90	.87	.85	.84	.79	
2	.88	.84	.81	.81	.79	.77	.74	
3	.82	.78	.74	.77	.74	.71	.68	
4	.76	.71	.67	.72	.68	.65	.63	
5	.71	.65	.62	.67	.63	.50	.58	
6	.66	.61	.57	.63	.59	.56	.54	
7	.61	.56	.52	.59	.54	.51	.50	
8	.57	.52	.48	.55	.50	.47	.46	
9	.53	.48	.44	.51	.47	.44	.42	
10	.47	.42	.38	.45	.41	.37	.36	

Fuente: Holophane, (2000).¹⁸⁴

f) Del cuadro 25 se determina el factor de depreciación de la lámpara (LLD). Se buscan los W del tipo de lámpara (aditivos metálicos), el acabado claro, obteniendo un valor de LLD de 0.80.

¹⁸³ Gutiérrez Santos, Francisco, *Op. Cit.* p. 112.

¹⁸⁴ Holophane, (2000), Folleto Prismpack V.

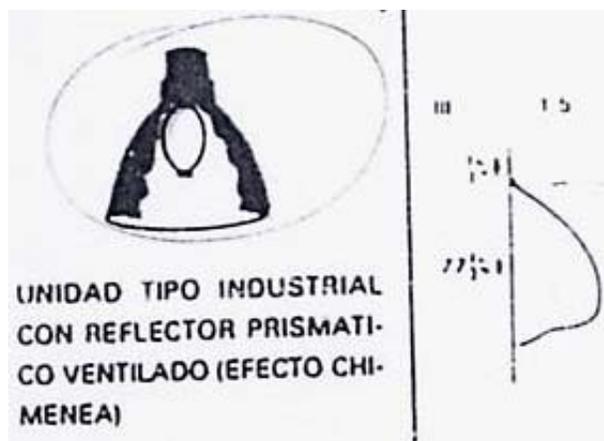
Cuadro 25. LLD lámpara aditivos metálicos.

DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS								
175	CLARO	14000	10000	80	0.77	MOGUL	BT-28	21.1
175	FOSFORADO	14000	10000	80	0.73		BT-28	21.1
250	CLARO	20500	10000	82	0.83		BT-28	21.1
250	FOSFORADO	20500	10000	82	0.78		BT-28	21.1
400	CLARO	36000	20000	90	0.75		BT-37	29.2
400	FOSFORADO	36000	20000	90	0.72		BT-37	29.2
1000	CLARO	110000	12000	110	0.80		BT-56	39
1000	FOSFORADO	105000	12000	105	0.78		BT-56	39
1500	CLARO	155000	3000	103	0.92		BT-56	39*
1500	CLARO	155000	3000	103	0.92		BT-56	39**

Fuente: Holophane, (2000).¹⁸⁵

g) De la figura 26, se toma el tipo de luminario que es unidad tipo industrial con reflector prismático ventilado (efecto chimenea). La categoría de la lámpara es III.

Figura 26. Categoría de luminaria.



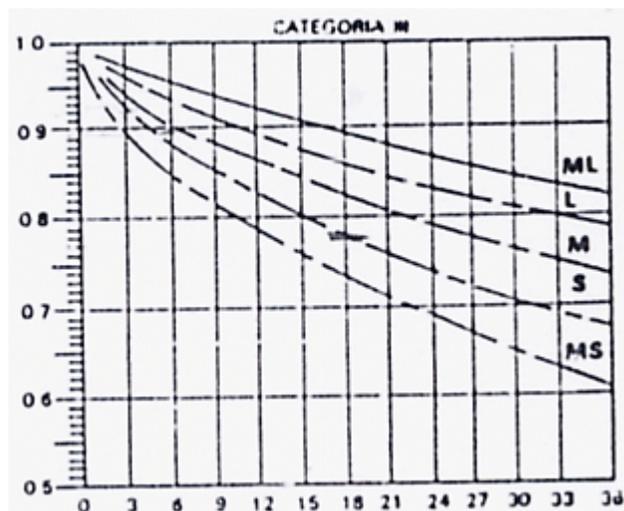
Fuente: Holophane, (2000).¹⁸⁶

h) En la figura 27, se busca la categoría III (antes obtenida), y se propone el periodo de mantenimiento a los luminarios de cada tres meses y se elige un ambiente ML (Muy Limpio), por ser una planta de alimentos. De la figura se lee el valor tomando los tres meses y dirigiéndose hacia la curva de ML, obteniendo 0.98.

¹⁸⁵ *Ibidem.*

¹⁸⁶ *Ibid.*

Figura 27. Curvas de degradación por suciedad en el luminario (LDD).



Fuente: Holophane, (2000).¹⁸⁷

Como se indicó anteriormente como es una planta de alimentos, el ambiente se considera que es Muy Limpio.

Cuadro 26. Determinación de las condiciones de suciedad en los luminarios.

	Muy limpio	Limpio	Medio	Sucio	Muy sucio
Suciedad generada	Ninguna	Muy poca	Notoria pero no pesada	Se acumula con rapidez	Acumulación constante
Suciedad ambiente	Ninguna o no se le permite entrar al área	Alguna (casi no entra nada)	Algo alcanza a entrar en el área	Grandes cantidades	Existe de todo
Remoción o filtración	Excelente	Mejor que el promedio	Mas baja que el promedio	Solo ventiladores si es que hay	Ninguna
Adhesión	Ninguna	Ligera	Suficiente para que sea visible después de algunos meses	Alta probablemente causado por aceites, humedad o estática	Alta
Ejemplos	Oficinas de alta categoría alejadas de las zonas de producción, laboratorios, quirófanos, salas de computo	Oficinas en edificios viejos o cercanas a las zonas de producción ensamble sencillo, inspección, salas generales en hospitales, edificios comerciales, edificios de oficinas	Oficinas de maquinado y molinos, procesamiento de papel, maquinado ligero	Tratamiento térmico, impresión a alta velocidad, procesamiento de hule, fundición, túneles de minas	Similar a sucio pero los luminarios se encuentran inmediatamente al lado de la fuente de contaminación

Fuente: Holophane, (2000).¹⁸⁸

¹⁸⁷ *Ibíd.*

Se obtiene el factor de mantenimiento por medio de la siguiente ecuación:

$$F_M = LLD \times LDD \quad (10)$$

$$F_M = 0.80 \times 0.98 = 0.784$$

i) Por el método del lumen se calcula el número de lámparas, mediante la siguiente ecuación:

$$No. \text{ lámparas} = \frac{E \times Area}{Lúmenes \text{ iniciales} \times CU \times F_M} \quad (11)$$

donde:

E = Nivel de iluminación (luxes).

Área = Área de proceso (m²).

Lúmenes iniciales = Lúmenes del luminario (lúmenes).

CU = Coeficiente de utilización.

FM = Factor de mantenimiento.

$$No. \text{ lámparas} = \frac{600 \text{ luxes} \times 558 \text{ m}^2}{110,000 \text{ lúmenes} \times 0.76 \times 0.784} = 5.1 \approx 6 \text{ lámparas}$$

Por razones de simetría se debe cerrar el número obtenido, que sea un número mayor y que no sea primo.

j) Para determinar el espaciamento real en una distribución uniforme de luminarios utilizamos la ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{Area}{No. \text{ luminarios}}} \quad (12)$$

donde:

S = Espaciamento real (m).

Área = Área de proceso (m²).¹⁸⁹

$$S = \sqrt{\frac{558 \text{ m}^2}{6}} = 9.64 \text{ m}$$

Costo de la iluminación del área de proceso y áreas de la planta

Como se obtuvieron 6 lámparas y cada una consume 1000 Watts, se tiene:

¹⁸⁸ *Ibíd.*

¹⁸⁹ Gutiérrez Santos, Francisco, *Op. Cit.* p. 113-121.

$$6 \times 1000 \text{ Watts} = 6000 \text{ Watts} \times \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ Watts}} = 6 \text{ KW}$$

El tiempo de funcionamiento es de 14 horas diarias, por lo tanto al mes sería:

$$14 \text{ horas} \times 24 \text{ días} = 336 \text{ horas}$$

Por lo tanto los KW consumidos son:

$$6 \text{ KW} \times 336 \text{ horas} = 2,016 \text{ KW}$$

Finalmente, se obtiene el costo:

$$\$0.577 \text{ KW} \times 2,016 \text{ KW} = \$ 1,163.23$$

Cuadro 27. Potencia requerida en las áreas de la planta.

Áreas	Potencia (W)
Oficinas técnicas	1,600
Oficinas administrativas	1,935
Comedor	120
Sanitarios hombres	425
Sanitarios mujeres	425
Subestación eléctrica	336
Cuarto de máquinas	367.5
Laboratorio de control de calidad	330
Vigilancia	112
Cuarto de calderas	2,800
Servicio medico	255
Almacén de insumos	120
Bodega	180
Intendencia	80
Total	9,085.5

Fuente: Obtenido de los cálculos realizados en la iluminación.

En las áreas de la planta se obtuvieron 9,085.5 W, que sumados a los del área del proceso dan un total de 15.0855 KW.

Cuadro 28. Costo aproximado de energía eléctrica en el área de proceso y demás áreas de la planta.

Concepto	Costo mensual \$
Iluminación	9,126.60
Contactos	4,514.68
Equipos	503.09
Total	14,144.37

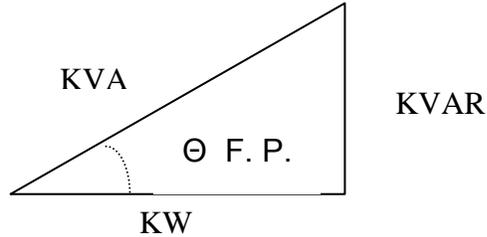
Fuente: Obtenido de los cálculos de electricidad.

Uno de los problemas a resolver en lo referente a la energía eléctrica lo conforma la selección de la capacidad de la subestación eléctrica, o dicho de otra manera, del transformador o transformadores que la constituirán. Esto no sólo involucra complicaciones técnicas sino también económicas, pues se puede incurrir a una inadecuada selección de la subestación ya sea en forma limitada o sobredimensionada

Cabe mencionar que un transformador es el elemento principal de la subestación, ya que cumple con la función de reducir el voltaje de alimentación de la compañía suministradora a los voltajes de utilización de las cargas.¹⁹⁰ Cuando se selecciona un transformador y subestación, se deben tomar en cuenta varios aspectos que los especialistas en electricidad se encargan de realizar y que forman parte de un estudio completo y riguroso de acuerdo a las necesidades del proyecto. Sin embargo, en este estudio no se profundizó demasiado en lo referente a la selección del transformador y subestación correspondientes, y se utilizó un método práctico que además arroja datos aproximados a las necesidades de la planta. En este cálculo se consideran las potencias, como se muestra en la siguiente figura:

¹⁹⁰ Enríquez Harper, Gilberto, (2001), *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*, Limusa, México, p. 336.

Figura 28. Triángulo de potencias.



Fuente: Hernández Vega, J., (2005).¹⁹¹

Donde:

f. p. Factor de potencia

f. p. = 0.9 Este valor está regulado por norma y representa hasta donde es aceptable una potencia reactiva (KVAR).

$$\cos \theta = \frac{KW}{KVA} \quad (13)$$

$$\cos 25^\circ = \frac{KW}{KVA} \quad (14)$$

De ésta ecuación se despejan los KVA

$$KVA = \frac{KW}{\cos 25^\circ} = \frac{33.931 KW}{0.9} = 37.7 KVA$$

De donde se seleccionó un transformador de 45 KVA del catálogo técnico de Prolec GE.

Este tipo de transformador está diseñado para operar a la intemperie y estar montado sobre una base de concreto.

En últimas fechas, este tipo de transformador también se está utilizando en la pequeña y mediana industria, con el concepto de subestaciones compactas al contener interruptores de operación con carga y fusibles de protección del transformador.¹⁹²

Sus características son las siguientes:

Transformador tipo pedestal de 45 KVA, Clase 15 KV, 23,000/220/127

¹⁹¹ Hernández Vega, Javier (2005).

¹⁹² Prolec GE, (2005), *Catálogo técnico*.

Especificaciones:

- Largo: 1,320 mm., ancho: 1,120 mm. y altura: 1,050 mm.
- Peso: 841 Kg.
- Aceite: 315 l.

El siguiente cálculo permite conocer la corriente en las barras colectoras, las cuáles van a servir para la protección del transformador. Se tiene la siguiente ecuación que indica la corriente que soporta el transformador:

$$I_T = \frac{MVA}{\text{Relación de tensión}} \quad (15)$$

donde:

I_T = Valor efectivo de la corriente de límite térmico

MVA = Potencia de cortocircuito (MVA)

Relación de tensión = 2,300 V/ 230 V que proporciona la compañía de luz

Tenemos para la corriente I_1 a la entrada del transformador:

$$I_1 = \frac{45,000 \text{ VA}}{2,300 \text{ V}} = 19.56 \text{ Amperes}$$

Para la corriente I_2 a la salida del transformador:

$$I_2 = \frac{45,000 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 195.6 \text{ Amperes}$$

Con las corrientes conocidas a la entrada y salida se procede a seleccionar las barras colectoras que soporten estas corrientes, eligiendo las de 300 amperes que son de las más comerciales.

3.14 SOBRE EL LAYOUT Y PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

El layout o plano general de localización de equipo es un documento base en el diseño y construcción de una planta de proceso; es un dibujo de la unidad, en planta, en el cual se encuentran perfectamente distribuidos y localizados todos y cada uno de los equipos,¹⁹⁴ de

¹⁹³ Raúl Martín, José, (2000), *Diseño de subestaciones eléctricas*, UNAM, México, p. 61.

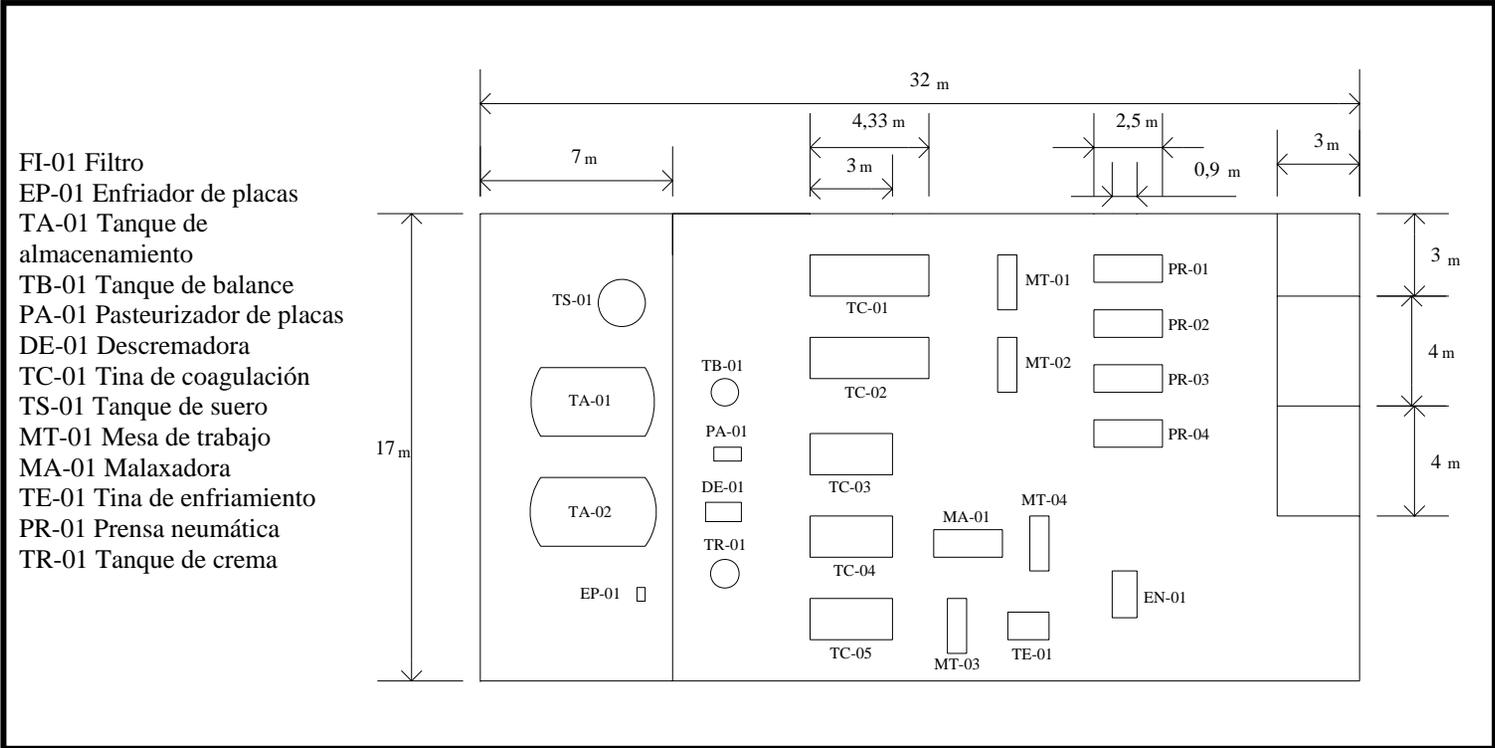
¹⁹⁴ Instituto Mexicano del Petróleo, (1990), *Curso de ingeniería básica de proceso*, México, p. 862.

modo que permita a las materias primas el avance con facilidad, con un costo bajo y con el mínimo de manipulación, desde que se reciben las materias primas, hasta que se envían los productos terminados. En la figura 29 se presenta la forma en que se distribuye la maquinaria y equipo en planta de acuerdo a la funcionalidad, logística y consideración de tiempos y movimientos. El plano de distribución general de la planta de la figura 30 muestra las diferentes áreas que acompañan a la nave de proceso y que realiza otras funciones también importantes para que la empresa realmente funcione como una unidad económica.

Se recomienda que las edificaciones principalmente el área de proceso adopte la forma rectangular, los motivos son obvios: mejor ajuste a la mayoría de los sitios, estructura más modular (más repetitiva y fácil de calcular) y, en general, menor costo, lo que facilita además los posibles cambios o ampliaciones posteriores.¹⁹⁵

¹⁹⁵ Gómez-Senent Martínez, Eliseo; Gómez-Senent Martínez Domingo; Aragonés Beltrán, Pablo; Sánchez Romero, Miguel Ángel y López Gómez-Senent, Domingo, (1997), *Op. Cit.* p. 222.

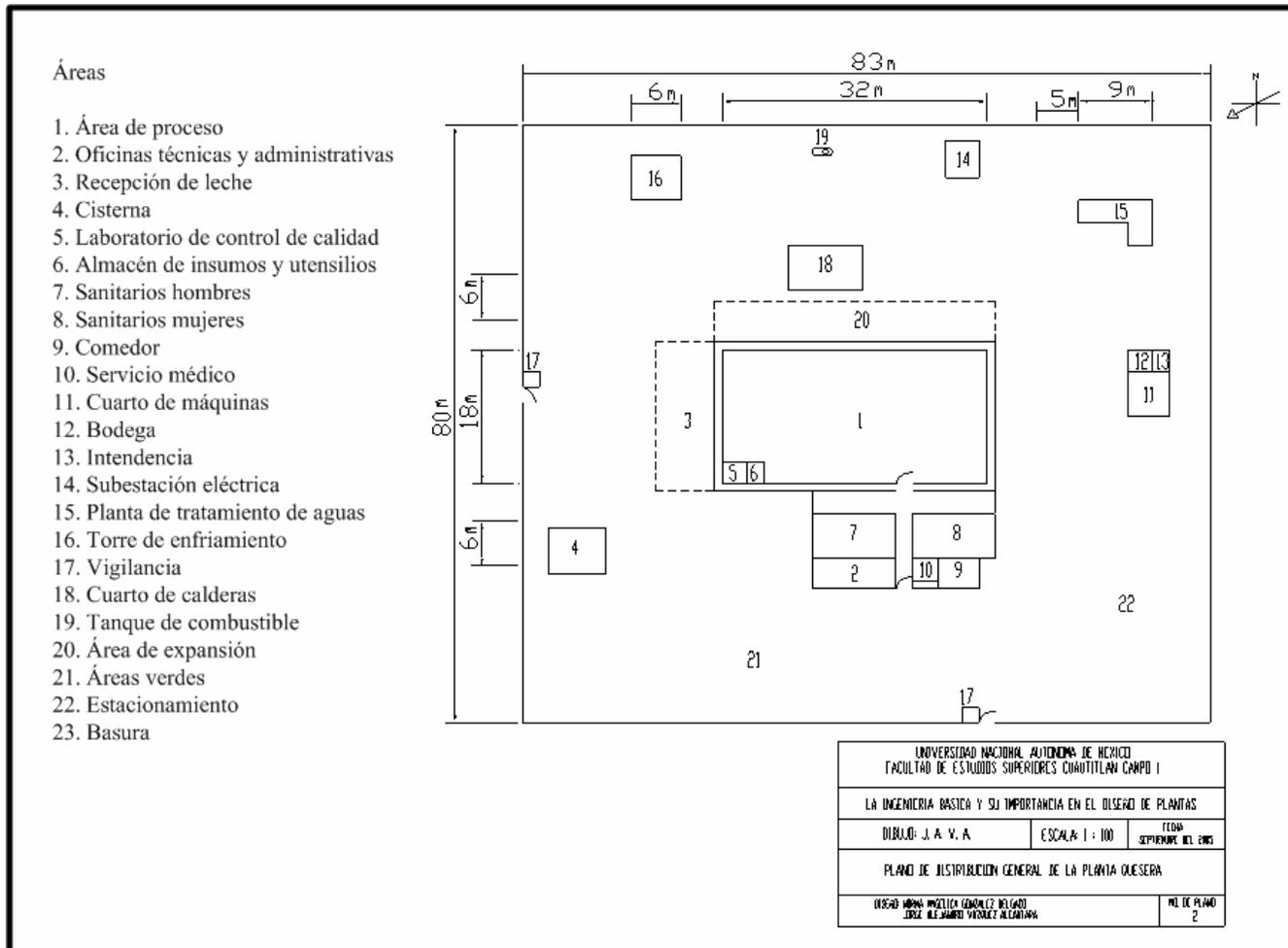
Figura 29 Distribución de los equipos



113

Fuente: Elaborado a partir de las dimensiones de los equipos

Figura 30 Distribución de áreas de la planta

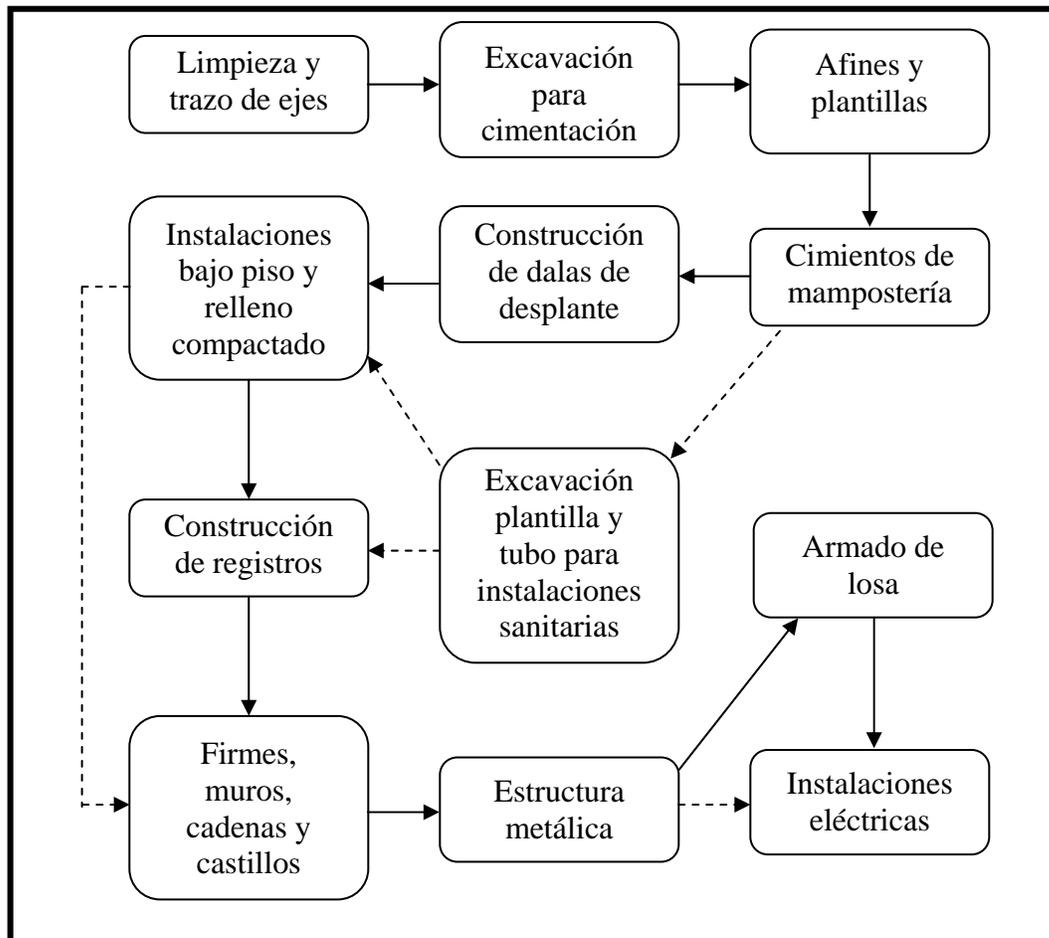


Fuente: Elaborado a partir de diversas fuentes

3.15 PLAN DE EJECUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

El plan de ejecución de la planta permite realizar las actividades en un orden de funcionalidad y algunas de estas pueden ser programadas de manera simultánea.

Figura 31. Actividades que conforman la construcción de la planta.



Fuente: Perusquía Montoya, V. J., (2005).¹⁹⁶

Actividades

Cronológica → Simultánea - - - ->

¹⁹⁶ Perusquía Montoya, Víctor Jesús, (2005).

Se realizaron los cálculos para conocer el tiempo, mano de obra requerida y costo aproximado de la construcción, además de la elaboración del diagrama de Gantt y la ruta crítica. Herramientas que permiten realizar una mejor planeación de las actividades.

A continuación se explican de manera breve los aspectos que componen el cuadro 29.

- Concepto. Son las actividades necesarias para llevar a cabo una determinada construcción.
- Cantidad. Está definida por las unidades representativas tales como: m², m³, toneladas, piezas o lotes de cada uno de los conceptos.
- Rendimiento. Está en función al trabajo realizado por la cuadrilla en un día.
- Cuadrilla. La conforma el personal que trabajará en la obra.
- Duración. Es el tiempo en días que dura la realización de una determinada actividad.
- \$ MO (Costo de la mano de obra). Es el costo de la misma por día.
- \$ MAT (Costo del material). Es el costo del mismo.
- PU (Precio unitario). Se obtiene al dividir la suma del costo de la mano de obra y el costo del material entre la cantidad.

Cuadro 29. Cuadrillas utilizadas en la construcción.

Cuadrilla	No	\$ mano de obra
1 oficial + 2 peones	1	225.00
1 oficial + 1 peón	2	180.00
1 peón	3	45.00
1 maestro + 2 oficiales + 3 peones	4	630.00
1 maestro + 2 oficiales + 3 ayudantes calificados + 4 peones	5	810.00
1 maestro + 2 peones	6	315.00
2 peones	7	90.00
1 maestro + 1 oficial + 2 peones	8	450.00
2 oficiales + 2 peones	9	360.00
1 oficial + 3 peones	10	270.00
1 maestro + 4 peones	11	405.00
1 oficial	12	135.00
1 oficial + 1 ayudante calificado + 2 peones	13	270.00

Fuente: Perusquía Montoya, V. J., (2005).¹⁹⁷

NOTA: Los costos de la mano de obra son del año 2005.

Cuadro 30. Costo de la construcción.

Código	Costo de los códigos de construcción
A	27,540
B	212,472
C	329,256
D	267,750
E	57,834
F	51,408
G	274,176
Total	1,220,436

Fuente: Perusquía Montoya, V. J., (2005).¹⁹⁸

¹⁹⁷ *Ibidem.*

Ejemplo:

Limpieza de terreno.

La cantidad que se debe limpiar es de 558 m², éste valor se divide entre el rendimiento de la cuadrilla que es de 100 m², dando como resultado la duración en días que es de 5.58, redondeando a 6. El número de cuadrillas se elige de acuerdo al tiempo requerido para terminar la construcción, esto es, si una actividad (concepto) tiene una duración de seis días (sin contar sábados y domingos), se podría contratar una cuadrilla para estos días, o bien ser dos que harían el trabajo en tres días, resultando el mismo costo en los dos casos. Para éste caso, se utilizarán dos cuadrillas, con un costo de mano de obra de \$225.00 por día y por cuadrilla. El costo del material se representa por tres veces el costo de la mano de obra. Se suma el costo de la mano de obra y material. El precio unitario se obtiene al dividir ésta suma entre la cantidad del concepto, para conocer el costo por unidad correspondiente a cada uno, por ejemplo: \$16.45/m² que le corresponde a la limpieza del terreno. Estos cálculos se aplican a todas las áreas que se requieran construir, solo que los conceptos van a cambiar de acuerdo a las necesidades, por ejemplo: el área de oficinas no requiere de acero de refuerzo en losa, porque es un área que no requiere tanto peso.

Otra alternativa para la construcción de naves industriales es la contratación de empresas dedicadas a ésta área como por ejemplo: Ideal Home S. A. de C. V. y Eureka S. A. de C. V. En las que se puede contratar el paquete llave en mano, que incluye: excavación, cimentación, firmes, muros, techados y cubierta. El tiempo estimado de construcción es de 30 a 45 días hábiles. También existe la opción de solo techar el área que lo requiera, ofreciendo distintos precios que van de lo económico, regular, bueno y excelente. En el cuadro No. 30 se muestran las actividades que se realizan para la construcción de la obra civil, asimismo se presentan las cantidades de obra a realizar, el rendimiento, la duración, el costo de mano de obra y el costo de materiales, así como el precio por unidad de construcción, mostrando la gama de actividades, y el orden lógico necesario para la ejecución. Cabe mencionar que para éste caso se ejemplificó la construcción solo para el área de proceso, por ser la de mayor complicación, en cuanto a dimensiones y peso soportado, ya que por ejemplo la cimentación requiere de materiales de refuerzo para

¹⁹⁸ *Ibíd.*

soportar mayores pesos, en comparación con las restantes áreas que son de menor espacio y por consiguiente de menor peso.

Posteriormente se presenta el diagrama de Gantt en la figura 31 considerando al conjunto de actividades como una tarea específica, mostrando fechas de inicio, término y duración de cada una de ellas.

Para graficar en una red de actividades de la figura 32 que muestra la ruta crítica hipotética correspondiente, la cual incluye aquellas actividades que no deben desfasarse porque afectan a todas las demás.

Cuadro 31. Actividades a realizar, cantidades de obra, duración, costo de mano de obra y materiales para ejecución de obra civil.

CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	REND.	CUAD.	DUR.	\$MO	\$MAT	\$MO+\$MAT	PU
A	PRELIMINARES									
1	LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	558	100	1 (2)	3	2,295	6,885	9,180	16.45
2	TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	558	50	1 (3)	4	4,590	13,770	18,360	32.9
B	CIMENTACIÓN									
3	EXCAVACIÓN	m ³	446.4	5	7 (10)	9	13,770	41,310	55,080	123.38
4	PLANTILLA	m ²	558	30	6 (3)	7	11,245.5	33,736.5	44,982	80.61
5	ACERO DE REFUERZO EN CIMENTACIÓN	TON	5.92	0.3	13 (4)	5	9,180	27,540	36,720	6,202.7
6	CIMBRA EN CIMENTACIÓN	m ²	558	35	6 (4)	4	8,568	25,704	34,272	61.41
7	CONCRETO PARA CIMENTACIÓN	m ³	99.97	10	1 (2)	5	3,825	11,475	15,300	153.04
8	RELLENO Y COMPACTACIÓN	m ³	110.43	5	1 (4)	6	9,180	27,540	36,720	332.51
9	ACARREO	m ³	446.4	10	7 (10)	5	7,650	22,950	30,600	68.54
C	MUROS CON REFUERZO									
10	MURO DE TABICON	m ²	980	14	8 (10)	7	53,550	160,650	214,200	218.57
11	ACERO DE REFUERZO EN CASTILLOS	TON	2.67	0.3	9 (2)	5	6,120	18,360	24,480	9,168.53
12	CIMBRA EN CASTILLOS	m ²	372	35	6 (3)	4	6,426	19,278	25,704	69.09
13	CONCRETO EN CASTILLOS	m ³	16.27	5	1 (1)	4	1,530	4,590	6,120	376.15
14	ACERO DE REFUERZO EN TRABES	TON	2.55	0.3	9 (2)	5	6,120	18,360	24,480	9,600
15	CIMBRA EN TRABES	m ²	337.12	35	6 (2)	5	5,355	16,065	21,420	63.53
16	CONCRETO EN TRABES	m ³	25.57	5	6 (2)	3	3,213	9,639	12,852	502.62
D	TECHUMBRE									
17	CIMBRA EN LOSA	m ²	558	35	6 (4)	4	8,568	25,704	34,272	61.41
18	ACERO DE REFUERZO EN LOSA	TON	6.62	0.2	10 (6)	6	16,524	49,572	66,096	9,984.29
19	CONCRETO EN LOSA	m ³	110.43	10	11 (3)	4	8,262	24,786	33,048	229.26
20	RELLENO Y ENTORTADO	m ²	558	40	6 (3)	5	8,032.5	2,4097.5	32,130	57.58
21	ENLADRILLADO	m ²	558	25	6 (4)	6	12,852	38,556	51,408	92.12
22	CHAFLANES	m	17.5	5	2 (1)	4	1,224	3,672	4,896	279.77
23	IMPERMEABILIZACIÓN	m ²	558	22	1 (5)	6	11,475	34,425	45,900	82.25

CODIGO	CONCEPTO	UNIDAD	CANT	REND.	CUAD	DUR.	\$MO	\$MAT	\$MO+\$MAT	PU
E	DRENAJES									
24	TUBERÍA BAJO PISO	m	139.5	20	1 (2)	4	3,060	9,180	12,240	87.74
25	TUBERÍA 2" PVC	m	70	8	1 (3)	3	3,442.5	1,0327.5	13,770	196.71
26	REGISTROS	PZA	24	1.5	2 (3)	6	5,508	16,524	22,032	918
27	TAPAS DE REGISTROS	PZA	24	3	2 (2)	4	2,448	7,344	9,792	408
F	INSTALACIÓN HIDRAULICA									
28	INSTALACIÓN DE RED HIDRAULICA	m	290.62	10	1 (5)	6	11,475	34,425	45,900	157.93
G	INSTALACIÓN ELECTRICA									
29	INSTALACIÓN DE TUBERÍA POLIFEX 3/4"	m	813.75	25	8 (6)	6	27,540	82,620	110,160	135.37
30	INSTALACIÓN DE CHALUPAS	LOTE	1	1	2 (1)	1	306	918	1,224	1,224
31	CABLEADO	m	1,813.5	55	4 (6)	6	38,556	115,668	154,224	85.04
32	INSTALACIÓN ELECTRICA	LOTE	1	0.5	4 (1)	2	2,142	6,426	8,568	8,568
	TOTAL						314,032.5	942,097.5	1,256,130	

Fuente: Perusquía Montoya, V. J., (2005).¹⁹⁹

¹⁹⁹ *Ibíd.*

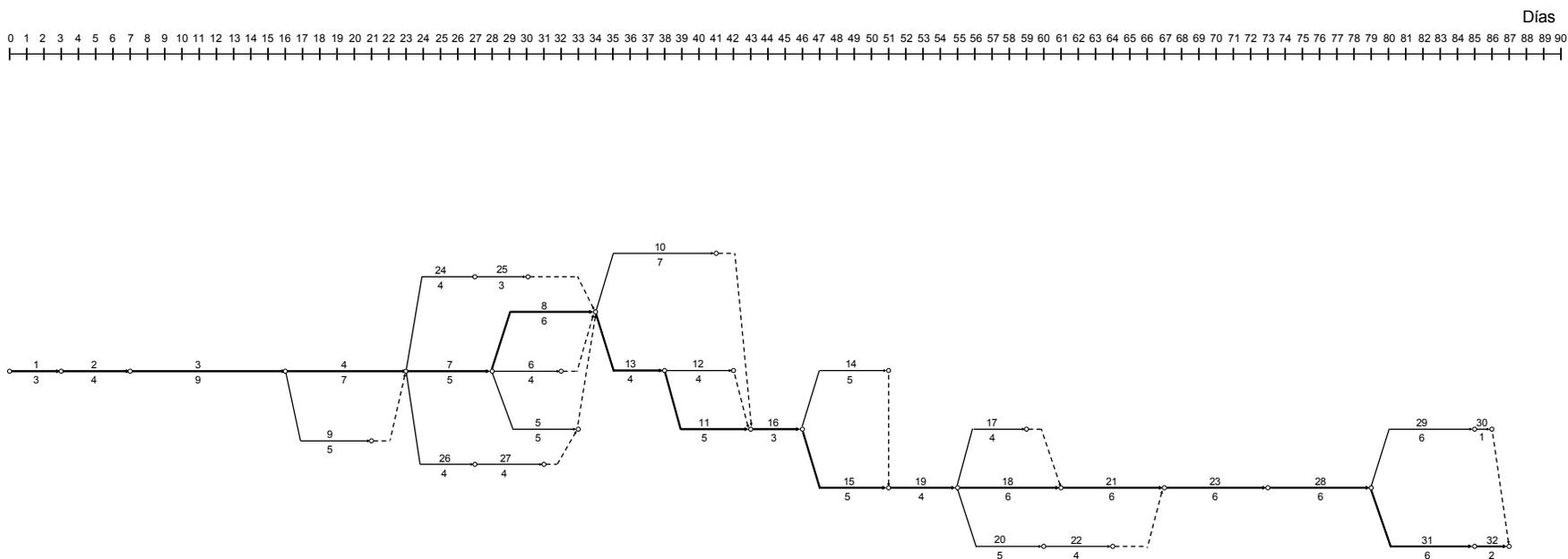
DIAGRAMA DE GANTT

Figura 32. Diagrama de Gantt para la construcción del área de proceso.

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración	ene 2006				feb 2006				mar 2006				abr 2006						
					1/1	8/1	15/1	22/1	29/1	5/2	12/2	19/2	26/2	5/3	12/3	19/3	26/3	2/4	9/4	16/4	23/4		
1	LIMPIEZA Y TRAZO	02/01/2006	10/01/2006	7d	■																		
2	CIMENTACIÓN	10/01/2006	15/02/2006	27d	■																		
3	MUROS	15/02/2006	09/03/2006	17d	■																		
4	TECHO	09/03/2006	07/04/2006	22d	■																		
5	DRENAJES	01/02/2006	10/02/2006	8d	■																		
6	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	07/04/2006	14/04/2006	6d	■																		
7	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	14/04/2006	25/04/2006	8d	■																		

Fuente: Elaborado a partir de las fechas propuestas de inicio y fin de las tareas.

Figura 33. Ruta Crítica para la construcción de la planta.



123

Nota: La línea punteada indica que es una actividad ficticia que no tiene duración.
 La línea gruesa representa la ruta crítica de la red de actividades.

Fuente: Elaborada a partir de las actividades de construcción y sus tiempos de duración propuestos.

Discusiones

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



DISCUSIONES

La ingeniería básica tiene como principal objetivo proporcionar la información necesaria para la realización de la ingeniería de detalle, donde su trabajo inicia desde la evaluación de las materias primas hasta la distribución de los equipos, además de aportar datos sobre los servicios auxiliares requeridos, planos de distribución de la planta, especificación de la obra civil y programación de la construcción, aunque estos se desarrollen con mayor profundidad en la ingeniería de detalle.

Existen aspectos que tienen estrecha relación durante la realización de dicha ingeniería, en los cuales se debe proporcionar información confiable y objetiva, para de esta forma evitar posibles contratiempos que afecten las actividades posteriores. Por ejemplo durante la realización de los balances de energía, ya que sino se realizó una contabilización correcta se recaería en errores durante la selección de la maquinaria y equipo

Cuando se pretende diseñar una planta procesadora, es necesario realizar estudios preliminares tales como estudio de mercado de abastecimiento y comercialización, localización y determinación de la capacidad de la planta, para comenzar con la realización de la selección del proceso productivo, diagramas de bloques y de flujo, balances de materia y energía, selección y distribución de maquinaria y equipo y especificación de servicios auxiliares.

Se seleccionó el diseño de una planta procesadora de queso tipo manchego por ser un proceso que tiene la posibilidad de producirse tanto de forma rústica como tecnificado, además de que implica etapas donde se requiere un mayor control como el prensado, salado y maduración, y es uno de los quesos madurados más consumidos en el país, al mismo tiempo para esta aplicación se optó por diversificar la producción incluyéndose otros quesos, ya que una planta quesera cuenta con suficiente demanda insatisfecha que podría cubrir siempre y cuando los productos ofrecidos sean de calidad competente.

De la información obtenida en las entrevistas se realizó un análisis para determinar la capacidad de producción que fue de 31,200 litros de leche por día, tomando como

referencia la capacidad de las plantas visitadas y de la cantidad de materia prima disponible, esto con el fin de acercarnos a las situación actual de las empresas.

Para esta capacidad se solicitaron cotizaciones de maquinaria y equipo destacando que es parte artesanal y tecnificado, los proveedores consultados fueron los dedicados a vender equipos para la industria láctea y que están establecidos en el país tales como (TEISSA, MAPISA, y TETRAPAK), a los cuales se les solicitó información de los equipos que se requerían, sin embargo se encontró que no todos estaban diseñados a lo requerido, ya que para tener acceso a ellos deben ser diseñados de acuerdo a las necesidades de capacidad y condiciones climatológicas de la zona donde se instalarán. Cabe resaltar que estas últimas tienen gran importancia en el diseño y costo de los equipos, tal es el caso de la tina de coagulación que de acuerdo a la temperatura del lugar requiere de complementos en la chaqueta (calentamiento) que puede ser media o completa.

Estos proveedores ofrecieron distintas alternativas en cuanto a tecnologías, costo, asistencia técnica, y capacidad, apoyándose en esta información para la elección de la mejor opción técnica, económica y social.

Con respecto al rendimiento quesero, se optó por utilizar los establecidos en las referencias bibliográficas y visitas de modo que fueran lo más cercanos a la práctica, para que al momento de realizar la planeación del programa de producción, balance de materiales y selección de equipos se obtuvieran datos confiables.

Las temporadas de producción se establecieron en función a las de las empresas pues coincidían en algunos períodos del año encontrando que de mayo a enero fueran altas mientras que de febrero a abril bajas. Se considero que en las temporadas altas la recepción de materia prima sería de 31,200 litros por día, mientras que en las bajas fuera un 30% menor a la anterior. En el diseño de este programa se tomaron en cuenta los días laborables del año sin contar domingos y días festivos según la Ley Federal del Trabajo.

Durante la realización del programa de funcionamiento de los equipos se utilizaron sus capacidades y los diagramas de bloque y de flujo, para establecer los tiempos de cada etapa del proceso evitando operaciones simultáneas en el mismo equipo así como también retrasos. Se recomienda que el funcionamiento del pasteurizador deba ser ininterrumpido debido a que el paro del mismo acarrea aumentos en el costo de operación, que se ven

reflejados en el gasto de energía. También se recomienda establecer los tiempos de utilización de las cubas queseras desde su llenado hasta ser vaciadas, así como también de los restantes equipos previendo posibles acumulaciones durante el proceso. También se debe considerar que los equipos estén siendo aprovechados según las necesidades.

La producción de los diferentes tipos de quesos se realizó con base en el funcionamiento de los equipos, del programa de producción y del tiempo de duración del proceso estableciendo con ello el número de lotes y días de elaboración.

A lo que a servicios auxiliares se refiere se optó por abordar el de la energía eléctrica más a fondo, para conocer la realización del cálculo en los requerimientos de este servicio del cual no se debe prescindir en cualquier planta industrial. Para ello se realizaron los cálculos para determinar su consumo y correspondiente costo tanto en iluminación, como en equipos y contactos. Se determinó el factor de demanda debido a que este dato es específico para cada industria por lo que fue necesario llevar a cabo su cálculo mediante el conocimiento del consumo energético de los motores de cada uno de los equipos y sus períodos de funcionamiento durante el día, realizando gráficas de utilización de equipo desde la recepción de la materia prima hasta la terminación de los procesos.

El factor de demanda es un dato que permite conocer la carga utilizada realmente y como se menciono es específico para cada tipo de planta, la razón es porque depende de los equipos y periodos de funcionamiento. También se seleccionó el transformador y la subestación eléctrica correspondiente al consumo de la planta.

En cuanto al requerimiento de vapor y agua caliente se determinó su consumo en los equipos que los requerían tales como el pasteurizador, las tinas de coagulación y la malaxadora. Incluyendo también la selección de la caldera correspondiente. Se recomienda tener dos calderas de la misma capacidad por si llegara a existir alguna falla en una de ellas se utilice la segunda como respaldo y de ésta manera asegurar que el abastecimiento de los servicios no se vea interrumpido.

Para la programación de la construcción de la planta se recurrió a técnicas de planeación de actividades como el diagrama de Gantt y el método de la ruta crítica, que sirven como apoyo para definir el tiempo que durará la ejecución de la obra, conjuntamente se establece la secuencia de las mismas y su posible realización simultánea evitando retrasos en la

construcción de la obra. Además se pueden definir cuáles actividades son críticas, es decir si existe alguna demora en cualquiera de ellas esto provocaría aplazamientos en la entrega de la obra o requeriría una contratación mayor o extra de cuadrillas para su terminación en el tiempo establecido.

Conclusiones

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



CONCLUSIONES

1. La finalidad de este trabajo, permitió profundizar y relacionar algunos elementos básicos sobre el diseño de plantas que surgieron a lo largo de esta investigación considerando que es un estudio imprescindible en la formación del ingeniero en alimentos, pues la información expuesta permite conocer el contenido de la ingeniería básica y su posterior aplicación en la industria alimentaria.
2. El diseño de una planta de alimentos, es una tarea complicada, debido a que se requiere seguir una metodología adecuada de diseño tomando en cuenta la mejor ubicación, distribución de áreas, equipos y construcción que influirán en el mantenimiento de las condiciones higiénicas, y de ésta manera poder elegir la solución óptima mediante el análisis de diversas alternativas, optando por la más favorable económicamente.
3. Es de suma importancia entonces, recalcar que es imprescindible que el ingeniero en alimentos, esté capacitado para resolver problemas de ingeniería en la industria agroalimentaria, tal es el caso del diseño de plantas por ser un área donde puede actuar profesionalmente, puesto que existen empresas que se encuentran en la necesidad de crear una nueva planta, ampliarla, reubicarla o mejorar un determinado proceso. Lo que significa el requerimiento de profesionistas que sean capaces de cumplir con esa tarea.
4. La importancia de la ingeniería básica radica en la información que ofrece, la cual se encarga de emitir en los documentos adecuados toda la información correspondiente a la tecnología, proceso de fabricación y diagramas necesarios en el diseño y construcción de una planta industrial para convertirla en una planta funcional pues constituyen la parte fundamental de la misma. Pero para lograr esto, se requiere el apoyo de diversas disciplinas de la ingeniería tales como ingeniería civil, mecánica, eléctrica, ambiental, entre otras, con el fin de llevar a cabo el cálculo y diseño del proceso, y la obtención de datos para su construcción y operación.
5. El acceso a equipos de tecnología avanzada depende de los recursos financieros disponibles por la empresa ya que la maquinaria y equipo con tecnología de punta son importados. Tal es el caso de las plantas procesadoras de quesos existentes en el país donde

las empresas extranjeras, son las que adoptan esta tecnología, destacando también, que existen procesos artesanales y semitecnificados o la combinación de ellos.

6. La elección de un tipo de proceso a otro supone ajustar definitivamente parámetros reveladores para su rentabilidad futura tales como: capacidad de producción, calidad del producto y costos de producción. Siendo que en éstos últimos, están incluidos los servicios auxiliares que son fundamentales para el funcionamiento de la planta, destacando que representan aproximadamente el 10% del costo total del producto.

7. La ingeniería básica en lo que respecta a la selección de maquinaria y equipos, establecida la distribución adecuada de las instalaciones de la planta y equipos, permite la realización satisfactoria de la ingeniería de detalle como elaboración de diferentes tipos de planos, detalle de instalación de equipo, tuberías, válvulas de control y seguridad, instrumentos, obra civil, sistemas eléctricos, etc., que serán premisas clave para la ejecución.

8. Es conveniente resaltar que la planeación de actividades para lograr una ingeniería básica adecuada, es absolutamente necesaria para así lograr sistematizar todos los factores que de forma directa o indirecta determinaron la funcionalidad de la planta.

9. Es necesario considerar estudios de tipo económico como el estudio de mercado de consumo y de abastecimiento para plantearse de manera más real, los datos bases de las que parte la ingeniería básica y de ésta manera se realiza en función a las necesidades reales y recursos existentes.

10. El trabajo realizado expresó que la ingeniería básica es una tarea compleja en el diseño de una instalación en concreto siendo un aspecto fundamental del que no se puede prescindir y si esta parte no se realiza de la forma correcta tendrá consecuencias futuras tanto técnicas como económicas.

Observaciones

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



OBSERVACIONES

1. En relación a la información precedente a la ingeniería básica tales como estudio de mercado de abastecimiento de materias primas y producto terminado, localización y tamaño, deben aportar datos certeros, para evitar errores al iniciar la etapa de ingeniería.
2. Cabe aclarar que si los datos que aporta la ingeniería básica no son lo suficientemente objetivos y confiables, se acarrearía una serie de problemas, los cuales provocarían desviaciones en las etapas posteriores del proyecto, además de que se tendrían gastos adicionales que ocasionarían pérdidas a la empresa.

Recomendaciones

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



RECOMENDACIONES

Es importante que durante la licenciatura se involucre con cursos al estudiante de ingeniería en alimentos en lo referente a la formulación y evaluación de proyectos para que tenga presente que también se puede desarrollar en esa área de trabajo aportando sus conocimientos de ingeniería.

Bibliografía consultada

La **ingeniería básica**
y su importancia en el
diseño de plantas



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alais, Charles**, (1986), *Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera*, Compañía Editorial Continental, México.
- Aleixandre Benavent, José Luís** y García Esparza, M. J., (1999), *Industrias agroalimentarias*, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Alford, L. P.**; Bangs, John R. y Hagemann, George E., (2000), *Manual de la producción*, Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores, México.
- Amiot, Jean**, (1991), *Ciencia y tecnología de la leche*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Antill, James M.** y Woodhead, Ronald W., (1975), *Método de la ruta crítica y su aplicación a la construcción*, Editorial Limusa, México.
- Arranz Ramonet, A.**, (1993), *Planificación y control de proyectos*, Editorial Limusa, México.
- Ávila Espinosa, Rubén**, (1991), *Manual de instalaciones en edificios e industrias*, Vol. 7, Editorial Limusa, México.
- Baca Urbina, Gabriel**, (1995), *Evaluación de proyectos*, Editorial McGraw-Hill Interamericana de México, México, 3ª edición.
- Banco Interamericano de Desarrollo**, (1985), *Proyectos de desarrollo: planificación, implementación y control*, Vol. 1, Editorial Limusa, México.
- Bartholomai, Alfred**, (1987), *Fábricas de alimentos. Procesos, equipamiento, costos*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Becerril, Onésimo**, (2000), *Instalaciones eléctricas prácticas*, Editorial Politécnico, México.
- Belloin, J. C.**, (1988), *Los costos de producción y de transformación de la leche y los productos lácteos*, Estudio FAO, Producción y Sanidad Animal.
- Berenguer Ibarrola, Flor**, (1982), *Industrialización de la leche*, Vol. 1, UNAM, Sistema de Universidad Abierta.
- Bratu Serbán, Neagu** y Campero Littlewood, Eduardo, (1992), *Instalaciones eléctricas: Conceptos básicos y diseño*, Editorial Alfaomega, México, 2ª. Edición.

-
- Briceño L., Pedro**, (1996), *Administración y dirección de proyectos*, Editorial McGraw-Hill Interamericana, Chile, 2ª. Edición.
- Bureau, G.** y Multon, J. L., (1995), *Embalaje de los alimentos de gran consumo*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Camarena M., Pedro**, (1980), *Instalaciones eléctricas industriales*, Editorial Continental, México.
- Castellanos Torres, J.** y Castellanos Magdaleno, R., (2001), *Prácticas Textuales 7*, México.
- Catalytic Construction Company**, (1986), *Método del camino crítico*, Editorial Diana, México.
- Cázares Hernández, L.;** Christen, M.; Jaramillo Levi, E.; Villaseñor Roca, L. y Zamudio Rodríguez, L. E., (1992), *Técnicas actuales de investigación documental*, Editorial Trillas, México.
- Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical**, (1997), *Taller de productos lácteos*, División de Educación Continua, UNAM, México.
- Centro de Estudios Agropecuarios**, (2001), *Productos lácteos*, Grupo Editorial Iberoamérica, México.
- Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos**, (1989), *Análisis empresarial de proyectos industriales en países en desarrollo: Manual de evaluación con metodología y estudio de casos*, México.
- Cenzano, I.**, (1992), *Los quesos*, Ediciones A. Madrid Vicente, Mundi Prensa Libros, España.
- Coles, R.;** McDowell, D. y Kirwan, M. J., (2003), *Manual del envasado de alimentos y bebidas*, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Coronado H., Martha** y Vega y León, S., (1993), *Conservación de alimentos: un texto de métodos y técnicas*, UAM Xochimilco, Coordinación de Educación Continua y Publicaciones C. B. S., México.
- Cortázar, Martínez Alfonso**, (1993), *Introducción al análisis de proyectos de inversión*, Editorial Trillas, México.
- Corzo, Miguel Ángel**, (1982), *Introducción a la ingeniería de proyectos*, Editorial Limusa, México.

-
- Dianda, María Angélica**, (2002), *Elaboración de quesos artesanales*, Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
- De Cos Castillo, Manuel**, (2000), *Teoría general del proyecto*, Vol. 2, Editorial Síntesis, Madrid, España.
- De Soroa y Pineda, José María**, (1974), *Industrias lácteas*, Editorial Aedos, Barcelona, España, 5ª. Edición.
- Decelis Contreras, Rafael**, (1994), *Evaluación de proyectos*, Editorial Costa-Amic, México.
- Di Matteo C., Juan José**, (1975), *Apuntes del curso de Ingeniería Industrial impartido en la Facultad de Ingeniería*, UNAM, México.
- Domingo Ajenjo, Alberto**, (2000), *Dirección y gestión de proyectos*. Un enfoque práctico, Editorial RA-MA, España.
- Dubach, José**, (1980), *El ABC para la quesería rural del Ecuador*, Quito, Ecuador.
- Early, Ralph**, (1998), *Tecnología de los productos lácteos*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Eck, André**, (1990), *El queso*, Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Enciclopedia Agropecuaria Terranova**, (1995), *Ingeniería y agroindustria*, Tomo V, Colombia.
- Enríquez Harper, Gilberto**, (2001), *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*, Editorial Limusa, México.
- Enríquez Harper, Gilberto**, (2004), *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*, Editorial Limusa, México.
- Enríquez Harper, Gilberto**, (2004), *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctrico*, Editorial Limusa, México.
- Enríquez Harper, Gilberto**, (1983), *Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica*, Vol. 2, Editorial Limusa, México.
- Enríquez Harper, Gilberto**, (1992), *Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales*, Editorial Limusa, México.
- Enríquez Harper, Gilberto**, (2003), *Manual práctico del alumbrado*, Editorial Limusa, México.

-
- Equipo Técnico de Alfa-Laval**, (2000), *Manual de industrias lácteas*, Ediciones A. Madrid Vicente, España.
- Erossa Martín, Victoria E.**, (1999), *Proyectos de inversión en ingeniería (su metodología)*, Editorial Limusa, México.
- Estrada Lucas, Ediltrudis**, (1983), *Errores en la formulación y evaluación de proyectos agroindustriales*, Tesis de Licenciatura, UNAM, México.
- Farrall, Arthur W.**, (1979), *Food Engineering Systems*, AVI Publishing Company, Inc., USA.
- Foley, Joseph H.**; Pérez Castellanos, José Hernán y Fournier González, Julio, (1992), *Fundamentos de instalaciones eléctricas*, Editorial McGraw-Hill Interamericana de México, México.
- Frier, J. P.** y Gazley Frier, M. E., (1986), *Sistemas de iluminación industriales*, Editorial Limusa, México.
- Gaither, Norman** y Frazier, Greg, (2000), *Administración de producción y operaciones*, 8ª. Edición, Editorial Thomson, USA.
- Gallardo Cervantes, Juan**, (2000), *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Nacional Financiera, México, 2ª edición.
- García Córdoba, F.**, (2002), *La tesis y el trabajo de tesis. Recomendaciones metodológicas para la elaboración de los trabajos de tesis*, Editorial Limusa, México.
- García-Vaquero Vaquero, E.** y Ayuga Téllez, F., (1993), *Diseño y construcción de industrias agroalimentarias*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Giral José**; Barnés, Francisco y Ramírez, Alejandro, (1977), *Ingeniería de procesos: Manual para el diseño de procesos químicos apropiados para países en desarrollo*, UNAM, México.
- Gómez Ceja, G.**, (1983), *Planeación y organización de empresas*, Editorial Edicol, México.
- Gómez García, Joas**, (1990), *Formulación y evaluación de proyectos*, IPN, UPIICSA, México.
- Gómez-Senent Martínez, Eliseo**; Gómez-Senent Martínez, Domingo; Aragonés Beltrán, Pablo; Sánchez Romero, Miguel Ángel y López Gómez-Senent, Domingo, (1997),

-
- Cuadernos de ingeniería de proyectos I*, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Grube, Oswald W.**, (1972), *Construcciones para la industria*, Editorial Gustavo Pili, España.
- Gutiérrez Reyes, Ruth**, (1998), *Desarrollo de proyectos industriales desde su etapa conceptual hasta su puesta en marcha*, UNAM, México.
- Gutiérrez Santos, Francisco**, (2002), *Manual de iluminación*, Holophane, México.
- Haynes, Marion E.**, (1992), *Administración de proyectos*, Editorial Iberoamericana, México.
- Hicks, Tyler G.** y Hicks, S. David, (1998), *Manual de cálculos para las ingenierías*, Tomo II, Editorial McGraw-Hill Interamericana, México, 3ª. Edición.
- Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social**, (1983), *Guía para la presentación de proyectos*, Editorial Siglo XXI, México, 11ª. Edición.
- Jasso Jaime, Ricardo**, (1996), *Elaboración del libro de ingeniería básica de un sistema de purificación de cloro por licuefacción*, Tesis de Licenciatura, UNAM, México.
- Jiménez León, Leobardo**, (1994), *Ingeniería de proyectos para plantas de proceso*, Tesis de Maestría, UNAM, México.
- Juárez Cervantes, José Dolores**, (1995), *Sistemas de distribución de energía eléctrica*, Sans Serif Editores, UAM Azcapotzalco, México.
- Keating, Patrick Francis** y Gaona Rodríguez, Homero, (1999), *Introducción a la lactología*, Editorial Limusa, México, 2ª. Edición.
- Konz, Stephan**, (1992), *Manual de distribución en plantas industriales. Diseño e instalación*, Vol. II, Editorial Limusa, México.
- Lambert, J. C.**, (1988), *Village milk processing*, FAO, Animal Production and Health, No. 69.
- Lasheras, José María M.** y Abancens, Aurelio, (1985), *Tecnología de la organización industrial*, Vol. 1, Ediciones Cedel, México, 3ª. Edición.
- Ledo, José María**, (1989), *Construcción de locales industriales*, Ediciones CEAC, España, 11ª. Edición.
- Lockyer, K. G.**, (1978), *Control de la producción*, Editora Técnica, México, 2ª. Edición.

-
- López García, Vicente**, (1995), *Desarrollo de un libro de proyecto, como guía al estudiante de ingeniería química*, Tesis de Licenciatura, UNAM, México.
- López Gómez, Antonio**, (1990), *Diseño de industrias agroalimentarias*, Editorial Madrid, España.
- López León, Andrés**, (1986), *Apuntes de ingeniería de procesos industriales*, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- Madrid Vicente, Antonio**, (1994), *Nuevo manual de tecnología quesera*, Ediciones A. Madrid Vicente, Mundi-Prensa Libros, España.
- Madrid Vicente, Antonio** y Madrid Cenzano J., (2001), *Nuevo manual de industrias alimentarias*, A. Madrid Vicente Ediciones, Mundi-Prensa, Madrid, España, 3ª edición.
- Mahaut, Michel; Jeantet, Romain y Brulé, Gérard**, (2003), *Introducción a la tecnología quesera*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Manual para responsables medioambientales**, (1998), *Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa*, Editorial Mundi-Prensa, España.
- Manuales para educación agropecuaria**, (1983), *Elaboración de productos lácteos*, Editorial Trillas, México.
- Meldnick, J. M.**, (1958), *Manual de proyectos de desarrollo económico*, Organización de las Naciones Unidas.
- Méndez Morales, José Silvestre**, (1989), *Economía y la empresa*, Editorial McGraw-Hill Interamericana de México, México.
- Mendoza Martínez, Germán David** y Ricalde Velasco, Raúl, (1994), *Procesos de producción de leche*, UAM, Unidad Xochimilco, México.
- Meyer, Marco R.**, (1982), *Elaboración de productos lácteos*, Manuales para educación agropecuaria, SEP, Editorial Trillas, México.
- Montaño G., Agustín**, (2000), *Iniciación al método del camino crítico*, Editorial Trillas, México.
- Mungaray, Alejandro; Moctezuma, Patricia y Ramírez, Ramón de Jesús**, (1995), *Casos para el análisis de mercados e inversiones*, Editorial Trillas, Universidad Autónoma de Baja California, México.

-
- Nacional Financiera**, (2000), *Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión*, México.
- Niebel, Benjamín W.**, (1996), *Ingeniería industrial. Métodos, tiempos y movimientos*, Editorial Alfaomega, México
- Perry, Robert H.** y Chilton, Cecil H., (1973), *Manual del ingeniero químico*, Vol. 2, McGraw-Hill, México, 2ª. Edición.
- Ornelas Granadino, Héctor**, (2001), *Administración de obras, Apuntes de la materia Administración de Obras*. Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- Peurifoy, R. L.**, (1982), *Construction, planning, equipment and methods*, Editorial Diana, México.
- Prado, Darci**, (1988), *Administración de proyectos con PERT-CPM*, Editorial Paraninfo, España.
- Rase, Howard F.** y Barrow, M. H., (1981), *Ingeniería de proyectos para plantas de proceso*, Editorial Continental, México.
- Raúll Martín, José**, (2000), *Diseño de subestaciones eléctricas*, UNAM, Facultad de Ingeniería, México, 2ª edición.
- Revilla, R. Aurelio**, (1976), *Tecnología de la leche, Procesamiento, manufactura y análisis*, Editorial Herrero, México.
- Reyes Ponce, Agustín**, (1997), *Administración moderna*, Editorial Limusa, México.
- Rodríguez R., Carlos**, (1994), *Manual de autoconstrucción*, Árbol Editorial, México.
- Rosaler, Robert C.**, (1998) *Manual del ingeniero de planta*, Tomo I, Editorial McGraw-Hill Interamericana, México.
- Sans Fonfría, Ramón** y Ribas, Joan de Pablo, (1999), *Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos*, Editorial Alfaomega, México.
- Santos Moreno, Armando**, (1991), *Leche y sus derivados*, Editorial Trillas, México.
- Santos Sabrás, Fernando**, (1999), *Ingeniería de proyectos*, Ediciones Universidad de Navarra, España.
- Sapag Chain, Nassir** y Sapag Chain, Reinaldo, (1985), *Fundamentos de preparación y evaluación de proyectos*, Editorial McGraw-Hill, Chile.
- Sapag Chain, Nassir** y Sapag Chain, Reinaldo, (1995), *Preparación y evaluación de proyectos*, 3ª. Edición, Editorial McGraw-Hill, Colombia.

-
- Schmidt, Karl Friedrich**, (1988), *Elaboración artesanal de mantequilla, yogur y queso*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Scott, Reg; Robinson, Richard K. y Wilbey, R. Andrew**, (1988), *Fabricación de queso*, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 2ª. Edición.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (CONCAMIN)**, (2000), *Guías empresariales*, Editorial Limusa, México.
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial**, (1979), *Metodología para la presentación, formulación y evaluación de proyectos industriales*, Subsecretaría de Fomento Industrial, México.
- Selmec Equipos industriales**, (1976), *Manual Selmec de calderas, Cleaver Brooks*, México.
- Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto y Martínez Frías, Héctor F.**, (1984), *La formulación y evaluación técnico económica de proyectos industriales*, Centro de Enseñanza Técnica Industrial, México.
- Spreer, Edgar**, (1991), *Lactología industrial*, Editorial Acribia, Zaragoza, España, 2ª. Edición.
- Suárez Salazar, Carlos**, (1990), *Administración de empresas constructoras*, Editorial Limusa, México.
- Suárez Salazar, Carlos**, (1990), *Costo y tiempo en edificación*, Editorial Limusa, México, 3ª edición.
- Tetrapak**, (1990), *Guía de las industrias lácteas españolas*, Madrid, España.
- Tetrapak**, (2003), *Manual de industrias lácteas*, Editorial Hispania, España.
- Ulrich, G.**, (1988), *Diseño y economía de los procesos de ingeniería química*, Editorial Interamericana, México.
- Valbuena Álvarez, Rubén**, (2000), *La evaluación del proyecto en la decisión del empresario*, Vol. 1, UNAM, Facultad de Economía, México.
- Valiente Barderas, Antonio**, (1990), *Diccionario de ingeniería química*, Editorial Alhambra Mexicana, México.
- Valiente Barderas, Antonio**, (1999), *Problemas de balance de materia y energía en la industria alimentaria*, Editorial Limusa, México, 2ª. Edición.

-
- Vallhonrat Bou, José María** y Corominas Subias, Alberto, (1995), *Localización, distribución en planta y mantenimiento*, Marcombo, Boixareu Editores, Colección Productica, España.
- Velázquez Mastretta, Gustavo**, (1973), *Administración de los sistemas de producción*, Editorial Limusa, México.
- Velázquez Sánchez, Rubén**, (2000), *Manual para la formulación y evaluación de proyectos ambientales*, IPN, UPIICSA, México.
- Villegas, Abraham**, (1993), *Los quesos mexicanos*, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Walas, Stanley M.**, (1990), *Chemical Process Equipment: Selection and Design*, Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, USA.
- Walstra, Pieter; Geurts, T. J.; Noomen, A.; Jellema, A. y van Bockel, M. A. J. S.**, (2001), *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Warner, James N.**, (1989), *Principios de tecnología de lácteos*, AGT Editor, México.
- Westinghouse**, (2000), *Manual del alumbrado*, Editorial Limusa, España, 4ª. Edición.

Hemerografía

- Anaya Durand, Alejandro**, (1993), *Reglas heurísticas y criterios para diseño de equipos de proceso*, Instituto Mexicano del Petróleo, Vol. III, Tomo IV, p. 17-32.
- Arana E., R.**, (1982), Construcción higiénica de edificios y de equipos para alimentos, *Tecnología de alimentos*, 17, 19-22.
- Birollo, Gustavo**, (2003) *Principios de limpieza química (CIP) para la industria de alimentos*, Tetrapak, Disponible en: www.tetrapak.com
- Caro Canales, Irma**, (2000), Composición química y microorganismos de interés sanitario en el queso tipo Oaxaca elaborado en el Estado de Hidalgo, *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*, 15, 7-12.
- García, G. y Moreno, C.**, (1972). Algunas consideraciones sobre la localización de plantas industriales, *Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*, Diciembre, 13, 32-50.

Pérez Gutiérrez, José Luís, (2000), Aditivos para elaborar queso, *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*, Vol. 15, No. 3, México, Junio-Julio, 21-26.

Folletos

1. **Holophane**, (2000), Folleto Prismpack V.
2. **Iluminación en la industria**, (2000), *Manual de iluminación industrial*.
3. **Prolec GE**, (2005), Catálogo Técnico, Transformadores de pedestal.

Documentos

1. **Anaya Durand, Alejandro**, (2004), Apuntes de la clase de Ingeniería de Proyectos impartido en la Facultad de Química, UNAM, México.
2. **Instituto Mexicano del Petróleo**, (1990), *Curso de Ingeniería Básica de proceso*, Tomos I, III, V y VI. México.
3. **Norma Mexicana**. Alimentos. Lácteos. Queso tipo Chihuahua. NMX-F-209-1985.
4. **Norma Mexicana**. Alimentos. Lácteos. Queso tipo Manchego. NMX-F-462-1984.
5. **Proyecto de Norma Oficial Mexicana**, Productos y servicios. Quesos no madurados o frescos, madurados y procesados, así como los productos elaborados con ingredientes, procedimientos o aspecto semejante. PROY-NOM-212-SSA1-2002.
6. **Norma Oficial Mexicana**. Bienes y servicios. Quesos frescos, madurados y procesados. NOM-121-SSA1-1994.
7. **Norma Oficial Mexicana**. Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo. NOM-001-STPS-1999.
8. **Norma Oficial Mexicana**. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. NOM-025-STPS-1999.
9. **Norma Oficial Mexicana**. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. NOM-091-SSA1-1994. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

Páginas de Internet

1. <http://www.inegi.gob.mx>
2. <http://www.sagarpa.gob.mx>
3. <http://www.siap-sagarpa.gob.mx>

-
4. <http://www.siem.gob.mx>
 5. <http://www.itox.mx>
 6. <http://www.fao.org>
 7. <http://members.tripod.com.ve>

VISITAS DE CAMPO Y PERSONAS ENTREVISTADAS

→ PARA CONOCER EL PROCESO

QUALTIA ALIMENTOS OPERACIONES, S. de R. L. de C. V., Carretera libre a Celaya, Km. 10, Fracc. Industrial Balvanera, Villa Corregidora Querétaro, Querétaro. 30 de abril del 2004.

Dulce Yunuen Botello López. Psicóloga Educativa. Coordinadora de R. H. Años en el puesto: siete.

Juan Manuel Salas Trejo. Ingeniero en procesos productivos. Ingeniero de procesos. Años en el puesto: dos y medio.

Sergio Lara González. Lic. en Química en Alimentos. Jefe de Seguridad e Higiene. Años en el puesto: nueve.

COVADONGA, Calle Aldama 43, Col. La Conchita, Texcoco, Estado de México. 16 de junio del 2004.

Daniel Vázquez, Ingeniero Químico, Encargado de Producción. Años en el puesto: siete.

PRODUCTOS ALIMENTICIOS SANTANDER, San Sebastián Xhala, Cuautitlán, Estado de México. 15 de febrero del 2004

Alfredo Osorio González. Tecnólogo en Lácteos. Gerente de Producción. Años en el puesto: seis.

TALLER DE LÁCTEOS.

María de Lourdes Pérez Mendoza. Médico Veterinario Zootecnista. Responsable del Taller de Lácteos. Años en el puesto: once años.

María de Lourdes Rodríguez. Ingeniera en Alimentos. Ayudante de profesor durante ocho años.

Jaime Islas Días. Ingeniero en Alimentos. Encargado de proceso experiencia: once años.

→ PARA COTIZACIONES DE EQUIPO

TANQUES Y EQUIPOS INOXIDABLES Y DE SERVICIOS S. A.

Ing. Gabriel Pérez Fonseca. Gerente General. Experiencia en el puesto: dieciocho.

MAPISA

Angeles Benítez Muñoz. Ingeniera en Alimentos. Departamento de Ventas Asesoría Técnica. Experiencia en el puesto: siete años.

TETRAPAK

Antonio A. Cruz Sánchez. Ingeniero en Alimentos. Líder de proyectos. Experiencia: doce años.

→ PARA LA CONSTRUCCIÓN

Víctor Jesús Perusquía Montoya. Ingeniero Civil. Profesor Titular UNAM. Experiencia en el ramo treinta años.

→ PARA ELECTRICIDAD

Enrique Castañeda García. Ingeniero Mecánico Eléctrico. Jefe de mantenimiento del Sistema de Transporte Colectivo Metro, además de profesor titular UNAM. Experiencia en el ramo: once años.