



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA.**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO
DE RECURSOS NATURALES
(Ingeniería de Procesos)**

**INGENIERÍA BÁSICA DE UNA PLANTA
PARA LA INDUSTRIA DEL MEZCAL EN MITLA, TLACOLULA,
OAXACA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

ROMUALDO MORALES RODRÍGUEZ

DIRECTORES

DR. MAGDALENO CABALLERO CABALLERO

DR. LUIS HÉCTOR HERNÁNDEZ GÓMEZ

Sta. Cruz Xoxocotlán, Oax., Julio de 2008



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 8 del mes de enero del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada:

Ingeniería básica de una planta para la industria del mezcal en Mitla, Tlacolula, Oaxaca

Presentada por el alumno:

Morales	Rodríguez	Romualdo
Apellido paterno	materno	nombre(s)
Con registro:		
B	0	5
1	3	2
0		

aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

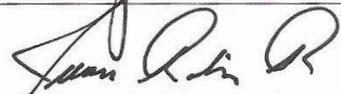
Directores de tesis:



 Dr. Luis Héctor Hernández Gómez



 Dr. Magdalena Caballero Caballero



 Dr. Juan Rodríguez Ramírez



 Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



 Dra. Luicita Lagunez Rivera

LA PRESIDENTA DEL COLEGIO



 Dra. María del Rosario Arnaud Viñas





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 8 del mes enero del año 2008, el (la) que suscribe **MORALES RODRÍGUEZ ROMUALDO** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B051320**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis, bajo la dirección del Dr. Luis Héctor Hernández Gómez y Dr. Magdaleno Caballero Caballero, cede los derechos del trabajo titulado: **“Ingeniería básica de una planta para la industria del mezcal en Mitla, Tlacolula, Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó rselarom77@yahoo.com.mx Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

MORALES RODRÍGUEZ ROMUALDO



INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
CENTRO UNIDAD OAXACA

Resumen.

La elaboración de mezcal es una actividad predominantemente artesanal, desarrollada en la denominada región del mezcal en el estado de Oaxaca; esta forma de producción ha sido tecnificada por algunos productores, sin embargo; no han logrado maximizar el rendimiento de la materia prima, tampoco han podido abatir los costos de producción. Esto se debe a que los equipos incorporados en el procesamiento del maguey no han sido los adecuados. Con la finalidad de obtener una mayor rentabilidad de la producción de mezcal, en este trabajo se desarrolló la ingeniería básica mediante el estudio de mercado, el estudio técnico y la evaluación financiera de una planta para la industria del mezcal, considerando que el rendimiento del agave para obtener un litro de mezcal es de 7.5 kg. A partir de los datos históricos tales como la oferta, la demanda y el precio; se determinó la demanda insatisfecha de mezcal para los próximos siete años. Lo anterior permitió obtener las capacidades de los equipos más importantes y la cantidad de personal necesario para producir anualmente 307 mil litros de mezcal, procesando 2306 toneladas de agave. Para cumplir con esta producción, se identificaron los requerimientos necesarios de los equipos, maquinaria y terreno, para procesar 7392 kg de agave al día, cuya inversión asciende a 13.42 millones de pesos. Finalmente, se concluye que estos recursos son convenientes, ya que empleando el 83% de la capacidad instalada se producen utilidades por 7 millones de pesos anuales.

Abstract.

The elaboration of mescal is a predominantly craft based activity that is carried out in the so named Mescal region of the state of Oaxaca. Though some producers have industrialized the production of mescal, they have not managed to maximize the efficiency of the use of the raw material, nor have they been able to minimize the production costs. This is due to the fact that the machinery used in the processing of maguey has been inadequate. With the aim of obtaining higher profits from the production of mescal, this study develops the basic engineering using a market study, a technical study and the financial analysis of an industrial plant for mescal production and takes into consideration that 7.5 kg. of agave is required to produce a liter of mescal. Based on historical supply, demand and price data, it was determined that there will be an insufficient supply of mescal for the next seven years. This study then calculated the capacities of the most important machinery needed and the quantity of manpower required to produce 307 thousand liters of mescal annually through the processing of 2306 tones of agave. To achieve this production goal, the requirements of machinery, land and labor to process 7392 kg of agave daily were calculated, requiring an inversion of up to 13.42 million pesos. Finally it was concluded that this inversion would be beneficial since working at 83% of the installed capacity a profit margin of 7 million pesos a year would be generated.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional, por brindarme el apoyo económico como becario PIFI, en los proyectos "Caracterización geofísica del subsuelo del Valle de la Ciudad de Oaxaca y Municipios conurbados con la finalidad de identificar formaciones geológicas fracturadas", clave del proyecto 200550226 y "Transferencia de tecnología para el proceso de producción de mezcal en el Estado de Oaxaca", clave 20060034.

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional IPN Unidad Oaxaca porque a través de éste puede realizar estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico brindado en el transcurso de estos estudios.

Al Dr. Magdaleno Caballero Caballero, quien dirigió este trabajo, y mediante sus asesorías, sugerencias, comentarios y dedicación, fue posible la conclusión de este trabajo.

Al Dr. Luis Héctor Hernández Gómez, quien desinteresadamente permitió fungir como director e impulsó al desarrollo de este trabajo con sus consejos, sugerencias y comentarios.

Al M. en C. Luis Silva Santos, por recomendarme con el Dr. Luis Héctor Hernández Gómez de la ESIME IPN Unidad Zacatenco; y porque participó con sus experiencias y comentarios tan acertados y valiosos para este trabajo.

Al M. en C. Fidel Diego Nava, por sus sugerencias y comentarios, por su amistad y por permitirme ocupar un espacio en su área de trabajo.

Al Dr. Pedro Montes García, por el apoyo que me ofreció para la recopilación de información bibliográfica.

Al comité revisor, integrado por Dr. Luis Héctor Hernández Gómez, Dr. Magdaleno Caballero Caballero, Dr. Juan Rodríguez Ramírez, Dr. Salvador I. Belmonte Jiménez y Dra. Luicita Lagunez Rivera, por sus sugerencias y recomendaciones.

También expreso mis agradecimientos al personal docente y administrativo del CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, a mis compañeros de generación y demás amigos, de quienes recibí apoyo, comentarios y críticas valiosas.

Dedicatorias.

A mis Padres:

Francisco J. Morales G. y Reinalda Inés. Rodríguez H.
por sus infinitas muestras de cariño, por mantener la
unidad familiar y por seguir siendo apoyo
fundamental en mi vida.

A mis hermanos: Judith, Eugenia, Lucina y Jesús,
quienes con sus experiencias y logros son parte
alentadora y motivante para mi persona.

A mis sobrinos: Maximiliano, Rodrigo y Oscar.

Contenido.

Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de figuras.....	xii
Índice de tablas.	xiv
Nomenclatura.	xvi
Introducción.....	xviii
Planteamiento del problema.....	xx
Justificación.	xxi
Objetivos.....	xxiii
General.....	xxiii
Específicos.	xxiii
Hipótesis.....	xxiii
CAPÍTULO I. Generalidades.	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 El maguey o agave.....	3
1.3 Usos y aprovechamiento de los diferentes agaves.	6
1.4 El mezcal en Oaxaca y su importancia socioeconómica.....	7
1.5 Descripción general del proceso.....	11
1.5.1 El proceso artesanal.....	13
1.5.2 Proceso tecnificado.....	19
1.6 Sumario.....	25
CAPÍTULO II. Marco conceptual.....	27
2.1 Definición de ingeniería básica.....	27
2.2 Antecedentes de ingeniería básica.....	28
2.3 Fundamentos del estudio de mercado.....	31
2.3.1 Descripción y características del producto.....	31
2.3.2 Investigación del mercado.....	32
2.3.3 Densidad económica del producto.....	32
2.3.4 La demanda.....	33
2.3.4.1 Demanda del mezcal.....	33

2.3.4.2	Consumo nacional aparente (CNA).	33
2.3.4.3	Consumo local per cápita.	34
2.3.4.4	Consumo nacional y de exportación.	34
2.3.5	La oferta.	35
2.3.6	El precio.	35
2.3.7	El pronóstico.	37
2.3.7.1	Método de mínimos cuadrados.	37
2.3.7.2	El método de Holt-Winters.	38
2.3.8	Capacidad de producción.	39
2.3.9	Principales marcas existentes en el mercado.	40
2.3.10	Comercialización	41
2.4	Fundamentos del estudio técnico.	41
2.4.1	Localización.	41
2.4.2	Información preliminar para el proyecto de construcción.	42
2.4.2.1	Ingeniería del proyecto.	42
2.4.2.2	Diagrama de bloques.	42
2.4.2.3	Diagrama de flujo del proceso.	43
2.4.3	Balances de masa y energía.	43
2.4.4	Selección de maquinaria.	45
2.4.5	Mano de obra necesaria.	46
2.4.6	Cantidad de equipo comprado.	46
2.4.7	Distribución de la planta.	46
2.5	Fundamentos del estudio financiero.	47
2.5.1	Determinación de costos.	47
2.5.1.1	Costos variables.	47
2.5.1.2	Costos fijos.	48
2.5.2	Análisis de punto de equilibrio.	49
2.5.3	Determinación del capital de trabajo.	49
2.5.3.1	Activo circulante.	50
2.5.3.2	Pasivo circulante.	50
2.5.4	Inversión inicial en activo fijo y diferido.	51

2.5.5	Financiamiento de la inversión.	51
2.5.6	Balance general.	51
2.5.7	Resultados pro-forma.	52
2.5.8	Valor presente neto (VPN).	52
2.5.9	Tasa interna de rendimiento (<i>TIR</i>).	53
2.5.10	Tasa mínima aceptable de rendimiento.	54
2.6	Sumario.	54
CAPÍTULO III. Metodología.		56
CAPÍTULO IV. Desarrollo de la ingeniería básica.		58
4.1	Estudio de mercado.	58
4.1.1	Determinación de la demanda insatisfecha.	58
4.1.1.1	Demanda pesimista.	58
4.1.1.2	Pronóstico de la oferta.	59
4.1.1.3	Pronóstico de la demanda insatisfecha.	60
4.1.2	Tamaño óptimo de la planta.	61
4.1.3	Canales de distribución y venta.	61
4.1.4	Pronóstico del precio.	62
4.1.5	Materia prima disponible.	62
4.2	Estudio técnico.	63
4.2.1	Ubicación de la planta.	63
4.2.2	Descripción del proceso productivo industrial.	65
4.2.3	Balances de masa y energía.	69
4.2.3.1	Balance de energía en la cocción.	69
4.2.3.2	Balance de masa en la cocción.	70
4.2.3.3	Balance de masa en la molienda.	71
4.2.3.4	Balance de masa en la fase de fermentación.	73
4.2.3.5	Cantidad de calor y flujo de vapor en la evaporación.	74
4.2.4	Cálculo de la mano de obra necesaria.	75
4.2.5	Cantidad de equipo requerido.	81
4.2.6	Distribución de planta.	82
4.2.7	Organización del recurso humano.	85

4.3	Estudio económico.....	86
4.3.1	Capacidad de aprovechamiento de la planta.....	86
4.3.2	Determinación de los costos variables.	86
4.3.3	Determinación de costos fijos.....	90
4.3.4	Depreciación y amortización.....	96
4.3.5	Activo circulante.....	96
4.3.6	Pasivo circulante.....	97
4.3.7	Inversión inicial en activo fijo	97
4.3.8	Financiamiento de la inversión	97
4.3.9	Ingresos por ventas sin inflación.....	98
4.3.10	Resultado proforma con inflación, financiamiento y producción constante..	98
4.3.11	Estrategia de introducción al mercado con base en la rentabilidad.....	98
4.3.12	Cronograma de inversión.	100
4.4	Sumario	101
CAPÍTULO V. Resultados.		102
5.1	Estudio de mercado.	102
5.1.1	Pronóstico de la demanda insatisfecha.	102
5.1.2	Tamaño óptimo de la planta.	102
5.1.3	Pronóstico del precio.	103
5.2	Estudio técnico.....	103
5.2.1	Determinación de las condiciones de la ubicación de la planta.....	103
5.2.2	Cuantificación de masa y energía en el proceso.	104
5.2.3	Establecimiento de las condiciones de operación.	105
5.2.3.1	Tiempos muertos y movimientos.....	105
5.2.3.2	Cuantificación de mano de obra.....	106
5.2.3.3	Cantidad y capacidad de equipo.	106
5.3	Estudio financiero.....	107
5.3.1	Análisis y determinación del punto de equilibrio.	107
5.3.2	Evaluación económica de la planta.	109
Discusión.....		111

Normatividad.....	111
Aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos.	112
Producción de mezcal.....	113
Tecnificación industrial.....	114
Evaluación económica de la planta.	115
Conclusiones y recomendaciones.	116
Conclusiones.	116
Recomendaciones.	116
Referencias	118
ANEXOS.	126

Índice de figuras.

Figura 1. 1 Estados productores de mezcal.	8
Figura 1. 2 Región del mezcal en el estado de Oaxaca.	9
Figura 1. 3 Horno revestido de piedras para la cocción de mezcal.	14
Figura 1. 4 Molino chileno de tracción animal.	16
Figura 1. 5 Tinajas de fermentación.	17
Figura 1. 6 Equipo de destilación predominante en el estado de Oaxaca.	19
Figura 1. 7 Autoclave para cocción del agave.	20
Figura 1. 8 Molino de rodillos y banda transportadora.	21
Figura 1. 9 Tanques de fermentación e inoculación.	22
Figura 1. 10 Equipo de destilación industrial.	24
Figura 2. 1 Distribución del precio histórico del mezcal.	36
Figura 2. 2 Simbología de diagrama de flujo.	43
Figura 2. 3 Clasificación de los costos.	48
Figura 3. 1 Diagrama metodológico	57
Figura 4. 1 Gráfica que muestra la suavización y pronóstico de la oferta.	60
Figura 4. 2 Canales de distribución.	62
Figura 4. 3 Red de carreteras en la región del mezcal.	64
Figura 4. 4 Croquis de localización de la planta.	64
Figura 4. 5 Diagrama de flujo del proceso.	68
Figura 4. 6 Diagrama que muestra el balance de masa en la autoclave.	71
Figura 4. 7 Diagrama del balance de masa en la molienda	72
Figura 4. 8a Diagrama de justificación de cantidad de tiempo (1ro-4to. día).	78
Figura 4. 9 Diagrama de correlación para la planta general.	82
Figura 4. 10 Diagrama de correlación para área de producción.	82
Figura 4. 11 Distribución general de la planta.	83
Figura 4. 12 Distribución del área de procesos.	84
Figura 4. 13 Organigrama general de la empresa.	85
Figura 4. 14 Diagrama de capacidad instalada-ingresos.	100
Figura 4. 15 Cronograma de inversión.	101

Figura 5. 1 Demanda insatisfecha de mezcal a futuro 102

Figura 5. 2 Ajuste de precio y proyección a futuro. 103

Figura 5. 3 Punto de equilibrio..... 108

Figura 5. 4 Flujo de efectivo. 109

Índice de tablas.

Tabla 1. 1 Composición del inventario magueyero.....	5
Tabla 1. 2 Empresas que cuentan con un nivel de tecnificación a nivel industrial.	10
Tabla 1. 3 Indicadores básicos del desarrollo del sistema producto maguey-mezcal 2004.....	10
Tabla 1. 4 Otros indicadores económicos del mezcal.	11
Tabla 1. 5 Países hacia donde se exportó el mezcal durante el 2004.	12
Tabla 1. 6 Tiempos de producción de mezcal artesanal y tecnificado.	25
Tabla 2. 1 Consumo Nacional Aparente y exportaciones.....	34
Tabla 2. 2 Producción histórica del mezcal.	35
Tabla 2. 3 Precios de mezcal a granel puesto en palenque.....	36
Tabla 2. 4 Principales marcas competidoras.....	40
Tabla 2. 5 Códigos de cercanía.....	46
Tabla 2. 6 Código de razones.	47
Tabla 2. 7 Criterio de aceptación o rechazo.....	54
Tabla 4. 1 Demanda de mezcal local anual.	58
Tabla 4. 2 Demanda pesimista del mezcal.....	59
Tabla 4. 3 Cálculo de los valores suavizados y de tendencia.	59
Tabla 4. 4 Cálculo del valor pronóstico a siete años en el futuro.	60
Tabla 4. 5 Comparación de oferta y demanda.	61
Tabla 4. 6 Producción histórica de agave.	63
Tabla 4. 7 Jerarquización de las alternativas de localización.....	65
Tabla 4. 8. Indicadores de materia prima	70
Tabla 4. 9 Justificación de equipo según actividades y producción.	76
Tabla 4. 10 Necesidad de mano de obra.	77
Tabla 4. 11 Aprovechamiento de la capacidad instalada.	86
Tabla 4. 12 Costo de materia prima.	86
Tabla 4. 13 Costos de mano de obra directa.....	87
Tabla 4. 14 Otros equipos.....	87
Tabla 4. 15 Consumo de energía eléctrica.....	88
Tabla 4. 16 Consumo de agua anual.	89

Tabla 4. 17 Costos de materiales consumibles.....	89
Tabla 4. 18 Costos variables.....	90
Tabla 4. 19 Áreas de los diferentes puestos.....	90
Tabla 4. 20 Costos de maquinaria y equipo para el área de producción.....	91
Tabla 4. 21 Costos de construcción de obra civil.....	91
Tabla 4. 22 Costos de muebles y equipo para oficinas.....	92
Tabla 4. 23 Depreciación del activo fijo.....	92
Tabla 4. 24 Costos por mantenimiento con servicio externo.....	93
Tabla 4. 25 Costo de refacciones y accesorio para el mantenimiento interno.....	93
Tabla 4. 26 Costos de mantenimiento.....	93
Tabla 4. 27 Costos de mano de obra indirecta.....	93
Tabla 4. 28 Gastos de administración.....	94
Tabla 4. 29 Costos por análisis de mezcal.....	95
Tabla 4. 30 Costos para asociarse al COMERCAM.....	95
Tabla 4. 31 Resumen de costo fijo.....	96
Tabla 4. 32 Depreciación y amortización (miles de pesos).....	96
Tabla 4. 33 Activo fijo y diferido.....	97
Tabla 4. 34 Pago de la deuda.....	97
Tabla 4. 35 Ingresos sin inflación.....	98
Tabla 4. 36 Balance general de activos.....	98
Tabla 4. 37 Estado de resultados.....	99
Tabla 4. 38 Ingreso mínimo por ventas.....	100
Tabla 5. 1 Masa y energía en el proceso.....	104
Tabla 5. 2 Tiempos y movimientos del recurso humano y maquinaria.....	105
Tabla 5. 3 Mano de obra requerida en el área de producción.....	106
Tabla 5. 4 Equipos requeridos.....	107
Tabla 5. 5 Valores para determinar el punto de equilibrio.....	108

Nomenclatura.

A	Anualidades iguales a pagar
b_0	Ordenada al origen estimada.
b_1	Efecto lineal estimado sobre Y .
b_{11}	Efecto curvilíneo estimado sobre Y .
CF	Costos fijos
C_p	Calor específico del agave [J/kg.°K]
C_v	Costos variables por unidad
ϵ_i	Nivel de la serie suavizada, calculada en el período i
ϵ_{i-1}	Nivel de la serie suavizada ya calculada en el período $i-1$
ϵ_n	Nivel de la serie suavizada calculado en el período n más reciente.
F	Crédito solicitado
FNE	Flujo neto de efectivo
f	Inflación 20%
h_{fg}	Calor latente de vapor saturado [J/kg]
I_i	Inversión inicial
I	Inversión total del proyecto
i	Interés de la deuda.
$i_{TMARmixta}$	Tasa mínima aceptable de rendimiento mixta
i_F	Tasa de interés del financiamiento
i_{Ii}	Tasa de interés de la inversión inicial
i_R	Premio al riesgo y varía entre 10 a 12%
j	Número de años en el futuro.
m	Masa [kg]
\dot{m}	Flujo másico [kg/h]
n	Número de períodos.
n	Número de períodos a liquidar la deuda
P	Presión [kg/cm ²]
PU	Precio por unidad vendida
Q	Flujo volumétrico [m ³ /s].
Q_E	Punto de equilibrio en unidades vendidas
q	Flujo de calor [J/s]
T	Temperatura [°K].

T_i	Valor del componente de tendencia calculada en el período i
T_{i-1}	Valor del componente de tendencia ya calculada en el tiempo $i-1$
T_n	Valor del componente de tendencia calculado en el período n más reciente.
ΔT	Diferencia de temperaturas [°K].
t	Tiempo [s].
U	Constante de suavización subjetivamente asignada ($0 < U < 1$)
V	Constante de suavización subjetivamente asignada ($0 < V < 1$)
VPN	Valor presente neto
VS	Valor de salvamento
Vol	Volumen [m ³]
X_i	Tiempo en el período i
Y_i	Valor observado de la serie de tiempo en el período i
\hat{Y}_i	Valor estimado de la serie de tiempo en el período i
\hat{Y}_{n+j}	Valor pronosticado j años en el futuro.
ρ	Densidad [kg/m ³]
λ	Calor latente de vaporización [J/kg].

Subíndices.

a	Agave en verde.
C	Cocción.
c	Condensados.
F	Formulado.
H_2O	Agua.
J	Jugos.
M	Mostos.
m	Mieles.
ma	Mieles amargas.
v	Vapor de agua.
vC	Vapor de cocción.
vE	Vapor de evaporación.

Introducción.

El mezcal es una bebida alcohólica obtenida de una amplia variedad de agaves; el proceso de producción se efectúa en cuatro etapas importantes: cocción, molienda, fermentación y destilación, elaborándose en tres formas: artesanal, con trabajo predominantemente familiar, dirigido al autoconsumo y muy poco al mercado local regional; la segunda, se produce también de manera artesanal pero utilizando en forma creciente el trabajo asalariado con producto destinado al mercado; y una tercera forma, es la producción industrial, en la cual se incorpora maquinaria diseñada para otro tipo industrias. Esto repercute en el desaprovechamiento de la materia prima, incrementando los desechos sólidos y líquidos además de un excesivo consumo de energéticos.

El creciente consumo de esta bebida en el mercado nacional e internacional exige una industrialización de su proceso, la cual permita la eficientización y competitividad ante sectores altamente industrializados como el tequilero. Las experiencias relacionadas con el proceso de tecnificación del mezcal son limitadas, destacando investigaciones en la variedad *angustifolia* Haw, realizadas en el CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca desde 1999, las cuales fueron orientadas en la caracterización físico-mecánica del agave en verde y cocido, sobresaliendo entre los resultados, el diseño y construcción de maquinaria para el seccionado y desfibrado de agave (Hidalgo, 2001; Pozos, 2001; Silva, 2002). Al mismo tiempo, la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN Unidad Zacatenco, diseñó un sistema de control para la automatización de la fase de fermentación en el proceso de fabricación de mezcal (Lugo, 2005).

Con base en la problemática observada del sector mezcalero, en este trabajo, se desarrolla el proyecto de inversión contemplando a la ingeniería básica como eje central, con la finalidad de determinar la factibilidad y rentabilidad en la instalación de una planta tecnificada para la producción de mezcal. En el capítulo uno se inicia planteando las generalidades, que incluye los antecedentes del agave y el mezcal, describiendo su proceso de fabricación y la importancia que tienen en el estado de Oaxaca; así como la caracterización de la zona de estudio. En el capítulo dos, se

abordan los fundamentos teóricos de los estudios de mercado, técnico y financiero, con los cuales se permita obtener las principales características de la planta, a partir de la demanda insatisfecha y posteriormente su evaluación económica. En el capítulo III se describe la metodología que rigió el desarrollo del trabajo. En el capítulo IV se desarrolla la ingeniería básica del proyecto, utilizando los datos históricos de la oferta demanda y precio con los cuales se estima la demanda insatisfecha para el periodo 2005-2015. Posteriormente se seleccionan el sitio, la maquinaria y la mano de obra para el desempeño productivo. Finalmente se ejecuta la evaluación económica para determinar su rentabilidad, a partir de la estimación de los diferentes costos. En el capítulo V se presenta los resultados más sobresalientes del trabajo. Enseguida se discuten haciendo referencia al aprovechamiento y rehúso de los desperdicios generados durante el proceso de elaboración de mezcal, Posteriormente se efectúan las conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

Planteamiento del problema.

Actualmente, en el estado de Oaxaca, la fabricación de mezcal se realiza en forma artesanal empleando herramienta y equipo rudimentario. La falta de tecnificación en este sector genera problemas, los cuales consisten principalmente en: una inadecuada distribución de la fábrica, ineficiencia en las operaciones, alto consumo de combustibles, tiempo excesivo de operación, desperdicios de jugo y mostos, desaprovechamiento de energía, además de una elevada obtención de residuos sólidos y líquidos.

Estos indicadores han propiciado la tecnificación parcial o total de algunas microempresas dedicadas a este sector, las cuales, han utilizado equipo mecanizado el cual fue diseñado para satisfacer a la industria azucarera y tequilera. El empleo de estas tecnologías no han podido abatir los indicadores que demeritan el ciclo de producción, aunado a los costos por mantenimiento y a la calidad del producto. La carente cultura empresarial y técnica, ha propiciado el desconocimiento de los equipos e infraestructura que se requieren en la línea de producción. Esto impacta en la eficiencia de los recursos demeritando su margen de rentabilidad y de recuperación en la inversión inicial.

Esto conlleva al desarrollo de una ingeniería básica que permita la innovación en la infraestructura tecnológica acorde al sector productivo propiciando la ejecución en trabajos futuros, el diseño detallado de equipo.

Justificación.

En los últimos quince años el mezcal originario de Oaxaca ha ingresado fuertemente a mercados internacionales; exigiéndole el cumplimiento de la certificación de origen; por ésta razón, los productores se ven ante la imperiosa necesidad de innovar el proceso tradicional, introduciendo tecnología que le permitan tener un mayor control del proceso. Algunos, por iniciativa propia, han tecnificado algunas de las fases del proceso, sin embargo, se han encontrado deficiencias en la mayoría de los equipos que han adecuado, impactando negativamente en los períodos de producción, ocasionando el incremento en el consumo de energía además, de un inadecuado aprovechamiento de la materia prima; disminuyendo la calidad del producto, asimismo, en un continuo paro técnico en las labores de producción además de pérdidas económicas para el inversionista.

La importancia de aportar soluciones a esta problemática consiste en que, la producción de mezcal es una actividad generadora de ingresos con el 25.6% de la población laboralmente activa en la denominada región del mezcal en el estado de Oaxaca. En la cual, se cultivan alrededor de 15500 hectáreas de *Agave angustifolia* Haw, y se obtiene una cosecha anual de 217478 toneladas de maguey maduro, que al procesarlo se producirían 29 millones de litros de manera tecnificada, considerando que para obtener un litro de mezcal de esta forma se requiere de 7.5 kg de agave; este dato se ha obtenido con base a un estudio sistematizado de campo a partir del 2000, con la finalidad de medir la eficiencia de cada fase. En contraparte, el proceso artesanal emplea 12.7 kg por litro (Silva et al., 2007). Otra aspecto importante a considerar es el consumo de 1.5 toneladas de leña para una hornada de 7 toneladas de maguey y otra cantidad igual para la etapa de destilación.

Este discernimiento en el proceso aunado a la creciente preferencia del mezcal por el consumidor, propicia el desarrollo de investigación dedicada a la maximización del aprovechamiento de la materia prima, la disminución de los consumos energéticos, la obtención de productos de calidad y entregas a tiempo del producto terminado; por esta razón, el estudio de la ingeniería básica permitirá disminuir las pérdidas

detectadas en el ciclo de producción, generando el empleo de tecnologías adecuadas que coadyuven a la mejor operatividad así como a la recuperación de la inversión inicial.

Objetivos.

General.

Desarrollar la ingeniería básica y la evaluación económica de una planta productora de mezcal en función del aprovechamiento de la capacidad instalada, con la finalidad de aumentar su rentabilidad y justificar la implantación tecnológica en la denominada región de mezcal del estado de Oaxaca.

Específicos.

- Analizar los datos económicos e históricos del mezcal, mediante un estudio de mercado para estimar la demanda insatisfecha de este producto.
- Determinar el tamaño y localización adecuada de la planta, sus instalaciones y los equipos para su mejor funcionamiento.
- Determinar el monto de la inversión necesaria para la construcción de una planta productora de mezcal y los costos de operación para la posterior evaluación económica.

Hipótesis.

El desarrollo de la ingeniería básica aplicada en una fábrica de mezcal permite disminuir los costos de operación garantizando mayores niveles de utilidad, maximizando el aprovechamiento de la capacidad de planta instalada.

CAPÍTULO I. Generalidades.

1.1 Antecedentes.

El mezcal es una bebida alcohólica destilada a partir de diferentes variedades de agave. Su origen data del México prehispánico, cuando los antiguos zapotecas extraían un aguamiel del agave, para ser utilizado en ceremonias religiosas y para ocasiones especiales de gobernantes y sacerdotes zapotecas. Después de la llegada de los españoles en el siglo XVI, el proceso de obtención fue modificado por los conquistadores, iniciándose así la producción de mezcal. Esta bebida se elabora desde esos tiempos, en los estados de Durango, San Luis Potosí, Guerrero, Jalisco, Zacatecas y Oaxaca. Antes de la conquista, los nativos obtenían de agaves y otras frutas algunas bebidas alcohólicas de baja graduación, el aguardiente o mezcal se conseguía al cocer la piña del agave denominado mexcalli, de esta nace la palabra mezcal. A la llegada de los españoles en 1521, el pulque era la única bebida alcohólica que se conocía, por consiguiente, la producción de aguardiente de agave se inicia a fines del siglo XVI, siendo estos quienes introdujeron el proceso de la destilación, actividad que habían aprendido de los moros en el siglo XIII.

Durante la época colonial los agaves comienzan a ser utilizados en la elaboración de bebidas alcohólicas de alto grado, sin perder los usos a los que era destinado por los antiguos pobladores mexicanos, debido a las necesidades de los conquistadores al requerir bebidas embriagantes, baratas y abundantes como medio de sometimiento, lo cual significó una fuente importante de captación de fondos para la real hacienda. El aprovechamiento del agave para la obtención de aguardientes se dio en toda la república donde existían cantidades de agave suficientes para su consumo, así pues, el aguardiente en sus inicios recibió diferentes nombres tales como: “vino de agave” o “vino de mezcal” y posteriormente tequila en Jalisco, bacanora en Sonora, sotol en Chihuahua y mezcal en Oaxaca. Inicialmente la diferencia entre mezcal y tequila era el nombre, debido a la utilización de diferentes especies de agave, y en las características particulares logradas por los productores. Posteriormente, la diferencia surgió con la consolidación de la industria del tequila (Sánchez, 2005). En Oaxaca, la

elaboración del mezcal se inicia con los primeros pobladores españoles que habitaron en la Cañada Quiatoni-Narro, y los distritos de Yautepec, Tlacolula, Ocotlán, Miahuatlán, Ejutla y Sola de Vega, lugares donde existían los recursos necesarios para la elaboración de mezcal. El proceso y la producción estaba controlada por los hacendados, los antiguos oaxaqueños asimilaron el proceso, llevándolo a la práctica a través de la adaptación de ollas de barro superpuestas y otros elementos que la naturaleza les proveía, pues la elaboración de aguardiente estaba prohibido por las autoridades por lo que esto los obligó a la elaboración clandestina del mezcal en lugares apartados.

De la época de la independencia al porfiriato, se incrementó la siembra de *Agave atrovirens* (maguey pulquero) en las haciendas, esto trajo como consecuencia la disminución en el consumo de bebidas alcohólicas de importación y por ende un importante ingreso económico para el país. A finales del siglo XIX, bajo el régimen porfirista, comienzan a introducirse avances tecnológicos para la elaboración de tequila en el estado de Jalisco. Se incorporaron sistemas modernos que adoptaron procedimientos y aparatos como molinos mecánicos además de prensas de gran capacidad para la molienda de agave, destiladores perfeccionados y de acción continua para la destilación; tecnología que no fue aprovechada para la elaboración de mezcal en el estado de Oaxaca. En la actualidad se mantienen los rasgos y esencia del viejo proceso. La incorporación de tecnología en la producción de tequila generó un mayor rendimiento de la materia prima; aumentaron los volúmenes de producción aunada la disminución del consumo de combustible y la mano de obra (Sánchez, 2005).

Hoy en día, en Oaxaca el mezcal tiene una marcada connotación mágica–religiosa, su fama ha trascendido las fronteras y se ha ubicado entre las mejores bebidas del mundo; goza de una amplia aceptación en los consumidores, por su tipo de aroma y sabor.

1.2 El maguey o agave.

El maguey o agave es la planta mediante la cual los antepasados extrajeron el mosto para producir el tepache, y a la que se le introdujo la destilación en la época de la colonia, dando como resultado la bebida que actualmente conocemos como mezcal. Colunga (2006), sostiene que en Mesoamérica, el hombre ha utilizado el agave desde por lo menos 9000 años, y que posiblemente su origen se encuentra ligado con su agricultura. El *Agave* no es un cactus, ya que botánicamente tiene su propia familia *Agaveceae*. Consta de raíz fibrosa, tallo grueso y corto (piña) del que salen hojas conocidas como pencas. El tallo o piña es la parte básica del agave para producir el mezcal. Las pencas suelen ser verdes, azules o amarillas; y según la variedad del agave, éstas pueden ser gruesas, delgadas, anchas, angostas, largas o cortas; son cóncavas con púas en los bordes y una espina en el extremo superior; las pencas son revestidas con una fibra apergaminada muy resistente, la cual impide la evaporación de los jugos y agua (Sánchez, 2005). Monterrosa, (2005: 7) menciona que “Linneo, un botánico sueco, bautizó al maguey con el nombre de una diosa griega: Agavos”. Sin embargo, Quiroz dice que al maguey también se le conoce como agave del griego “*Agaue*” que significa admirable y argumenta lo siguiente:

“La palabra maguey tiene su origen en las Antillas y llegó a nuestro país en boca de los conquistadores. En nuestras lenguas nativas se le llamaba “metl” en náhuatl, “tocamba” en purépecha, “guada” en otomí; culturas que consideraron al maguey como una deidad por su importancia económica y social, la cual se manifestaba por los múltiples usos que se le daban, servía como: alimento, bebida, papel, calzado, medicina; para elaborar hamacas, redes, instrumentos de castillo; en la construcción y en infinidad de otros usos apenas imaginables por nosotros.” (Quiroz, 2001: 8).

En el continente Americano se reportan aproximadamente 310 especies de agave, de las cuales en México existen 272 de estas, por ende, se considera a éste país como centro de origen del género, o escenario y evolución del agave. Los estados de México más ricos en número de especies de agave son: Oaxaca, Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Jalisco. En Oaxaca se localizan 31 especies (Fernández y Vásquez, 2002). En cuanto a especificaciones tales como: contenido de azúcares,

fibra y humedad, no se han establecido estándares industriales, sin embargo, algunas investigaciones realizadas en agaves en plena maduración, se ha detectado que el contenido de azúcares es hasta 32%, el de fibras 18% y la humedad de 50% (Durán, et al., 1998). Estos mismos investigadores estiman que una piña de 60 kg tiene un contenido mínimo de azúcares de 22%, un contenido máximo de fibras de 20% y 58% de humedad máxima. De acuerdo con los productores de mezcal, después de haber cosechado el agave, debe ser procesado en un tiempo máximo de tres semanas, ya que después de este tiempo se empiezan a formar la saponinas que afectan la calidad de la miel y el producto final.

El agave se cultiva en terrenos de temporal con fuertes pendientes, calizos, con precipitación escasa, tipo desierto, donde no prospera otro cultivo que no sea el agave. El período de vida del agave va de 6 a 10 años dependiendo la variedad (Durán et al., 1998). Es importante mencionar que no todas las variedades de agave se emplean para producir mezcal. Entre los principales agaves utilizados para la elaboración de esta bebida en esta entidad, se encuentran los siguientes: Castilla (*A. americana*); barril (*A. macroacantha*); biliá (*A. potatorum*); Tobalá (*A. potatorum* Zucc); tepextate (*A. marmorata*); cirial o bircuishe (*A. karwinskii*); espadín (*A. angustifolia* Haw), entre otros. Estas variedades se diferencian en su color, tamaño, forma de las hojas, cantidad de espinas, peso de la piña y porcentaje de azúcares (Sánchez, 2005).

De las variedades más importantes en el estado de Oaxaca, destaca el maguey “espadín” (*A. angustifolia* Haw) con el 60% del inventario magueyero de la región del mezcal y su piña o tallo es de los más grandes con un peso promedio de 60 kg (Sánchez, 2005). También es el más cultivado, como se puede apreciar en la tabla 1.1, a excepción del distrito de Zimatlán, donde el que predomina es el denominado penca verde (*A. Salmiana* Otto) con 71.6% del total en este distrito (Diagnóstico de la cadena productiva, 2004). Esta misma fuente, afirma que la mayoría de los productores prefieren el maguey “espadín”, porque les proporciona un mayor rendimiento, y la textura de su corteza requiere un menor esfuerzo para su procesamiento.

Tabla 1. 1 Composición del inventario magueyero.

DISTRITO	Espadín %	Mexicano %	Barrilito %	Cirial %	Penca Verde %	Otros %	Total %
Tlacolula	98.6	0.6	0.6	----	----	0.2	100
Ejutla	30.1	33.3	----	13.6	----	23.0	100
Yautepec	88.0	----	----	----	----	12.0	100
Miahuatlán	61.6	6.3	----	29.7	----	2.4	100
Zimatlán	8.9	----	----	----	71.6	19.5	100
Ocotlán	93.1	----	----	3.9	----	3.0	100
Sola de Vega	38.6	16	15.6	----	----	29.8	100

Fuente: Diagnóstico de la cadena productiva, 2004.

El *Agave angustifolia* Haw se reproduce de cuatro formas, las cuales se mencionan a continuación:

Por semilla. El cultivador de agave prepara las semillas de manera especial antes de ponerla en almácigos que se encuentran en viveros de traspatio, para después ser trasplantadas a otra zona de cultivo (Ramales y Ortiz, 2006). Esta forma no es rentable, debido a que el proceso da como resultado una planta de baja calidad, además, el ciclo de reproducción es largo y muy costoso, además el 0.5% del material vegetativo se logra por esta forma. (Fernández et al., 2002).

Por hijuelos. Esta forma se da de manera natural al combinarse la raíz fibrosa y exuberante con otras más gruesas llamadas rizomas (tallo subterráneo horizontal, presenta hojas parecidas a escamas, nudos, internudos y yemas) a partir de la cuales surgen nuevas plantas llamadas hijuelos. Dependiendo de las condiciones del terreno, por cada planta, se obtienen entre uno y cuatro hijuelos cada año. Aproximadamente, por su bajo costo y fácil obtención, el 80% de las plantas se reproduce de esta forma.

A partir de la poda de las flores. El cultivador poda las flores que nacen de las ramas que tienen su base en el qurote. De esos cortes nacen las yemas vegetativas o bulbilos apomícticos que en forma de maguey son desprendidas para sembrarse en invernaderos. Esta es una forma de reproducción asexual, es decir, participa solamente uno de los gametos para la generación del embrión. Por cada qurote se obtienen en promedio 1 000 bulbilos, pero debido a su largo tiempo de obtención, solo el 18% del material vegetativo se obtiene de esta manera.

En vitro. Este es un método por clonación y se hace extrayendo tejidos que se cultivan en recipientes de vidrio que propician el crecimiento masivo de la planta. El 1.5 % de las plantas cultivadas se obtienen de esta forma.

El *Agave angustifolia* Haw, para crecer y madurar adecuadamente, requieren de ciertos cuidados como mantenerlos libres de maleza y de plagas; aunque Oaxaca es el único estado donde el gusano (*Hypochoeris agavis*) se extrae y se trata de forma especial para agregarlo a las botellas de mezcal, de esta manera genera un sabor y olor agradable para los consumidores.

1.3 Usos y aprovechamiento de los diferentes agaves.

Existen registros arqueológicos e históricos que antes de la conquista se consumían bebidas alcohólicas obtenidas de maguey en forma de agua miel, que ya fermentada recibía el nombre de pulque (el cual tiene un registro que data desde 300 años a. C); se obtenían fibras, servía como combustible, alimento, material de construcción, elaboración de terrazas agrícolas y como medicina (Monterrosa, 2005; Colunga, 2006). Quiroz, (2001) explica que *“los indígenas seleccionaban los agaves para cultivar las especies más dulces; cocinaban las partes más suaves por medio de fuego directo o con agua caliente, en aparatos que tenían una apariencia semejante a la de un rosticero, en el que se colocaba carbón”*.

Actualmente, del maguey no solo se puede obtener mezcal, sino otros productos tales como: mieles y jarabes con altos contenidos de fructosa, fibras, esteroide, pulpa para forraje y sustratos para producción de hongos como base para alimento forrajero. Las mieles y jarabes son productos que demanda la industria alimentaria como endulzantes. Esta demanda presente en los mercados nacional e internacional se debe a que el 80% de sus componentes son carbohidratos simples: fructosa, cuya propiedad principal es poseer un edulcorante más alto de todos los azúcares naturales conocidos y que puede ser utilizada en la elaboración de productos dietéticos de amplio consumo actual (Caballero y Silva, 2007). Los residuos del agave que quedan después de destilar el mezcal por la forma artesanal, solo se utilizan

como capa protectora en los hornos de cocción, como sustrato para invernaderos o como abono en los terrenos de cultivo.

1.4 El mezcal en Oaxaca y su importancia socioeconómica.

En los estados de la República mexicana, el mezcal fue antes que el tequila (Monterrosa, 2005). El sistema-producto Maguey-Mezcal a nivel nacional, abarca, como se muestra en la figura 1.1 a las siguientes siete entidades federativas consideradas en la denominación de origen: Durango, Guanajuato, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. Destaca Oaxaca por su inventario magueyero, por su extenso padrón de productores de maguey y de mezcal, por sus altos volúmenes de producción, envasado de mezcal y por la presencia del producto en los mercados regional, nacional e internacional. De acuerdo con el CNSPMM (Comité Nacional del Sistema Producto Maguey Mezcal), la producción nacional de mezcal en el año 2005 fue de ocho millones de litros, distribuida en los estados que cuentan con la denominación de origen, su participación se indica con los siguientes porcentajes: Oaxaca 47.5%; Zacatecas 25%; San Luis Potosí 12.5%; Guerrero 7.5 %; Tamaulipas 3.75%; Durango 2.5% y Guanajuato 1.25% (CNSPMM, 2005).

La agroindustria del mezcal se encuentra integrada por tres sectores: los productores de materia prima, es decir los magueyeros o cultivadores de maguey; los destiladores, o también llamados palenqueros en forma tradicional, utilizando técnicas artesanales; por último están los envasadores y comercializadores, que son los que cierran la cadena productiva.

La producción de mezcal en el Estado de Oaxaca se realiza en la zona denominada oficialmente como Región del Mezcal comprendida como se muestra en la figura 1.2 por siete municipios: Ejutla de Crespo, Miahuatlán, Ocotlán, Sola de Vega, Tlacolula, Yautepec, y Zimatlán.

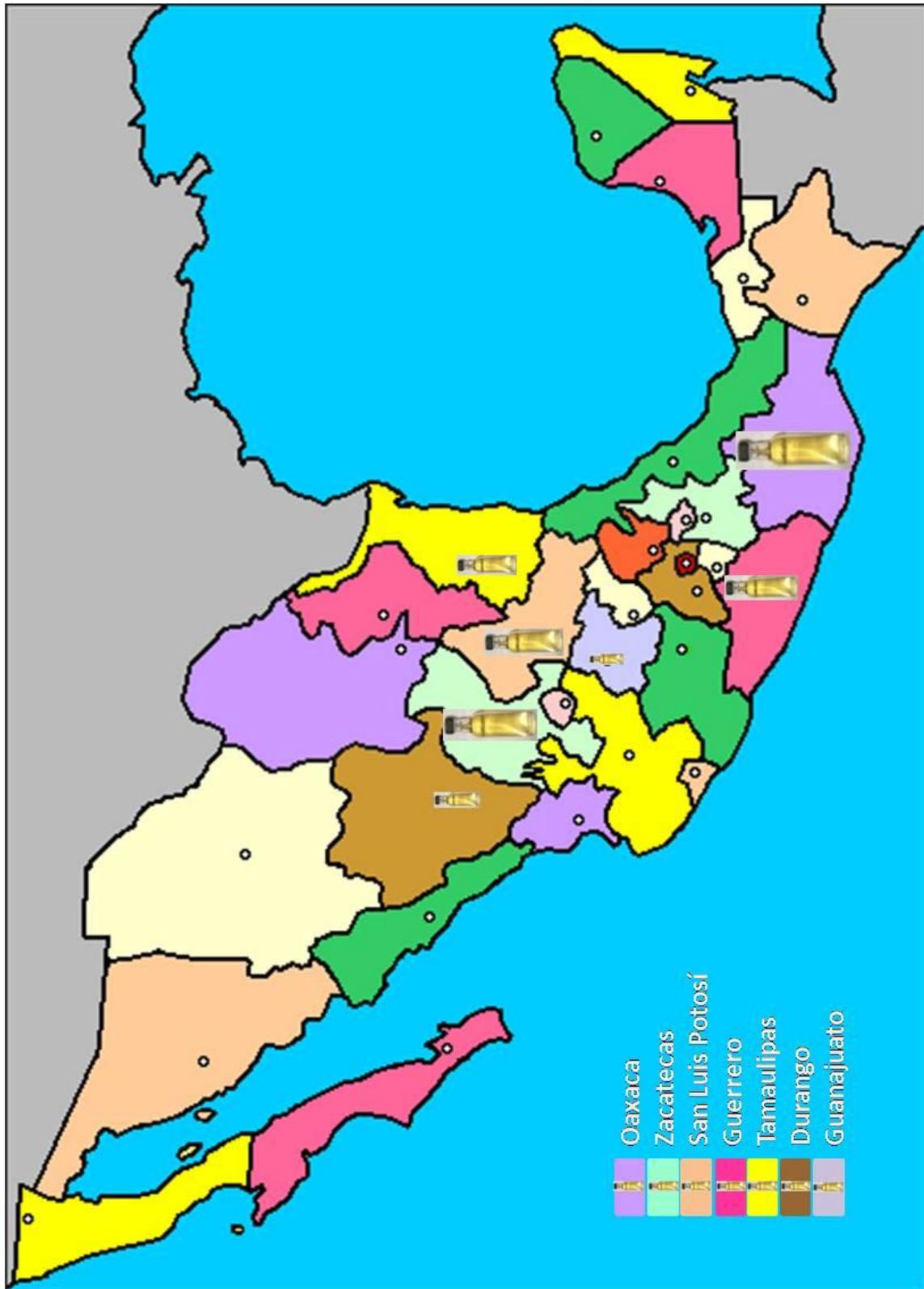


Figura 1. 1 Estados productores de mezcal.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSPMM, 2005.

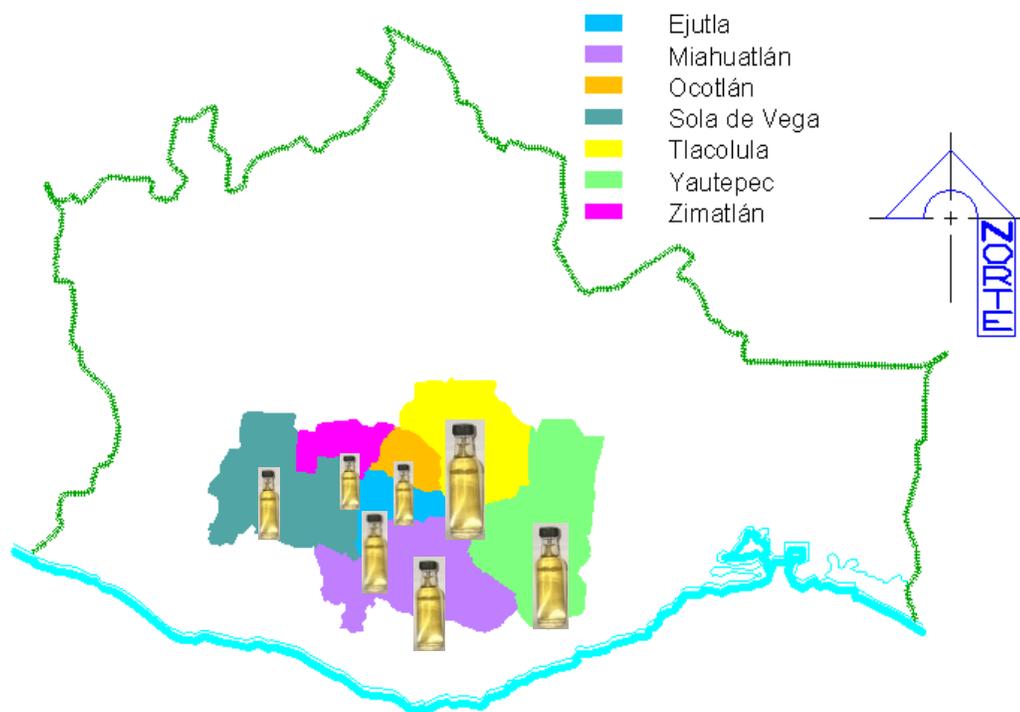


Figura 1. 2 Región del mezcal en el estado de Oaxaca.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSPMM, 2005.

El proceso de producción del mezcal en Oaxaca se realiza en tres formas: la doméstica predominantemente familiar, que se trabaja para su autoconsumo, especialmente para abastecer reuniones familiares como bodas, bautizos, fiestas patronales y su aportación al mercado local es reducido. La segunda forma de producción, se caracteriza por la contratación de mano de obra, cuenta con depósitos de alto volumen, envasadoras manuales y el producto está concebido para satisfacer un mercado. Estas dos primeras formas emplean el proceso artesanal. Recientemente, se ha puesto en práctica la forma de producción industrializada, todavía en fase de experimentación. Cuenta con maquinaria, equipo, instrumentación y medio de control básicos.

Actualmente, el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional Unidad Oaxaca, es una de las instituciones de la región que ha realizado investigaciones sobre la mejora tecnológica del proceso de elaboración del mezcal a nivel artesanal y tecnificado, con el objeto de hacer más

rentable esta actividad, guiados por los lineamientos del COMERCAM. En la tabla 1.2 se muestran las empresas que cuentan con un nivel de tecnificación a nivel industrial y su respectiva capacidad instalada anual (CIA).

Tabla 1. 2 Empresas que cuentan con un nivel de tecnificación a nivel industrial.

No.	Empresa	CIA [I]
1	Fabrica de Mezcal "Fandango" (Santiago Matatlán, Tlacolula Oaxaca)	--- --- --- -
2	Fabrica de Mezcal "Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI" (San Pablo Villa de Mitla, Tlacolula Oaxaca)	187200
3	Palenque Escuela para la fabricación de mezcal ICAPET unidad Matatlán, Tlacolula Oaxaca.	156500
4	Fábrica de mezcal "BENEVA" (Tlacoahuaya, Tlacolula Oaxaca).	--- --- --- -

Fuente: Datos proporcionados por la propia empresa, 2007.

La cadena productiva de maguey-mezcal en el estado de Oaxaca es una actividad económica importante ya que de ella dependen directa e indirectamente alrededor de 42000 familias, como se observa en la tabla 1.3.

Tabla 1. 3 Indicadores básicos del desarrollo del sistema producto maguey-mezcal 2004.

Conceptos	Cantidades
Distritos políticos productores	7
Municipios productores	131; 23% del total estatal
Total de localidades productoras	603
Localidades magueyeras	226; 38% del total de la región del mezcal.
Superficie con plantaciones de maguey	15503 Hectáreas
Densidad de siembra promedio	2375 Plantas/Hectárea
Total de plantas de maguey	36.8 millones
Rendimiento por planta cosechada	40 kg/Planta promedio
Volumen de producción promedio	95 Toneladas maguey/Hectárea
Población involucrada en el cultivo de maguey	26462 trabajadores de campo
Población involucrada en la fabricación de mezcal.	1346 trabajadores en Palenques
Productores de maguey	13231
Productores de mezcal	643
Población involucrada en el sistema producto	41948 familias; 125844 habitantes
Total de fabricas de mezcal	590
Fábricas de mezcal en operación	254; 43% del total de fabricas
Producción promedio de mezcal por palenque	11 630 l / año
Producción potencial de mezcal	10.8 millones de Litros/ año
Volumen de mezcal envasado de exportación	710 000 l / año; 49% del total envasado
Participación de Oaxaca en la producción total de mezcal nacional	66%
Marcas de mezcal registradas	80
Envasadoras de mezcal	59 total; 13 grandes y 46 medianas y familiares
Capacidad instalada de envasamiento	3 927 000 l / año
Capacidad utilizada de envasamiento	1 429 380 l/año

Fuente: Agroproduce Oaxaca, 2007.

En el período de 1996 a 2002 el número de palenques en operación se incrementó en un 380%, en este mismo tiempo, la producción en litros de mezcal también creció en un 213%, asimismo, las ventas de exportación aumentaron en un 638%. Otro dato, es el precio de 250 dólares por litro que alcanzó, en mercados internacionales, el mezcal de Oaxaca. Estos incrementos se explican debido a la demanda que tuvo el *Agave angustifolia* Haw por parte de los productores de tequila. Otros indicadores económicos del sistema agave mezcal se muestran en tabla 1.4.

Tabla 1. 4 Otros indicadores económicos del mezcal.

CONCEPTO	Superficie cultivada de agave	Precio por tonelada de agave	Palenques en operación	Producción de mezcal	Marcas de mezcal	Exportaciones de mezcal	Precio promedio de exportación	
Unidad de medida	Hectárea	US\$/ton	Palenque	Miles de litros	Marca	Miles de litros	US\$/botella	
AÑO	1994	4840	40	123	2875	13	637	2.00
	1995	--	72	--	4109	--	1112	1.25
	1996	5890	85	223	5875	18	1860	3.00
	1997	6100	90	500	7220	83	3280	3.50
	1998	6250	100	500	8500	83	4000	3.50
	1999	6400	120	500	9000	98	4700	17.00
	2000	6200	400	582	8400	173	4700	17.00
	2001	9250	400	590	8700	101	4850	20.00
	2002	10000	440	590	9000	150	4700	20.00
	2003	6800	165	254	6393	80	--	18.00
	2004	15503	117	254	4764	80	--	16.00
	2005	16043	115	254	8000	80	--	16.00

Fuente: Ramales y Ortiz, 2006; SAGARPA, 2007 y Agroproduce Oaxaca, 2007.

El mezcal forma parte de otro campo sin la suficiente explotación comercial a nivel mundial, no obstante que es una bebida muy buscada en países como Estados Unidos de América, Francia Alemania, Taiwán, Bélgica, Chile, Italia, Holanda, Inglaterra, Japón, Grecia y España (Smith, 1998; citado en Cruz et al., 2003). La tabla 1.5 muestra los principales países donde se ha podido posicionar el mezcal oaxaqueño.

1.5 Descripción general del proceso.

La primera etapa del proceso de transformación consiste en la cocción de las piñas, cuyo objetivo es hidrolizar los almidones contenidos en el maguey para convertirlos en fructosa, que al final del proceso dará como resultado el mezcal (Cedeño, 1995; citado en Molina et al., 2007). El cocimiento se lleva a cabo a una temperatura de

120°C y una presión de 1.2 kg/cm² (Durán et al., 1998). Enseguida, se realiza la molienda cuya finalidad es extraer la mayor cantidad de miel contenida en las pencas del maguey, y de esta forma exponer los monosacáridos obtenidos en la cocción a la acción microbiana, siendo esta una etapa importante porque de ella depende la obtención de un buen producto fermentado.

Tabla 1. 5 Países hacia donde se exportó el mezcal durante el 2004.

Destino	Valor en dólares	Destino	Valor en dólares	Destino	Valor en dólares
Alemania	--	EUA	3954000	Paraguay	--
Argentina	--	Filipinas	--	Perú	--
Australia	329500	Francia	131800	Portugal	--
Australia	--	Grecia	--	Reino Unido	197700
Bermudas	263600	Guatemala	--	República Dominicana	--
Bolivia	--	Honduras	--	República Checa	--
Canadá	65900	Hong Kong	--	Sudáfrica	--
Colombia	65900	Islas Vírgenes	--	Suecia	--
Costa Rica	131800	Italia	--	Suiza	--
Chile	461300	Japón	--	Taiwán	65900
Ecuador	--	Nueva Zelanda	--	Turquía	--
El Salvador	--	Países Bajos	--	Uruguay	--
España	197700	Panamá	--	Venezuela	--

Fuente: SE, 2007.

La fermentación tiene como función el desdoblamiento de hidratos de carbono a través de microorganismos que dan como resultado el alcohol etílico, bióxido de carbono, aldehídos, cetonas, metanol, entre otros. Una vez que las fibras y la miel se han depositado en los recipientes, se agrega agua caliente para crear un ambiente favorable al desarrollo de los microorganismos. La siguiente fase es la destilación, consiste en la separación de los productos volátiles, como los alcoholes, y los no volátiles como agua, grasas y sólidos (Molina et al., 2007). En esta operación quedan residuos en el fondo del evaporador denominados vinazas que son desechadas por la falta de utilidad y sin previo tratamiento. En esta fase es vital tener un estricto control de la temperatura de ebullición, para asegurar la calidad del mezcal, ya que una temperatura muy alta causa el arrastre de agua o tepache, en tanto que una temperatura muy baja, ocasiona que los productos evaporados salgan muy lentamente, con alto grado alcohólico o en el peor de los casos, no se lleve a cabo la evaporación.

En las dos formas de producción de mezcal se consideran cuatro fases después de la cosecha del agave, diferenciándose por el tipo de equipo y maquinaria empleada. Para su mejor entendimiento se describen los procesos de cada forma: tradicional y tecnificada, así como los problemas que se presentan en el desarrollo de las actividades.

1.5.1 El proceso artesanal.

La elaboración de mezcal se inicia con la selección del agave que se da por su estado de madurez, y se hace buscando los agaves que tengan un cogollo delgado en el centro de la roseta o que el maguey sea “capón”. Estas características, empíricamente son indicadores de que el agave ha acumulado la mayor cantidad de azúcares y que garantizan un buen rendimiento. Otro indicador del estado de madurez del agave es una coloración pálida, amarillenta y tendiente a rojiza, sus pencas tienden a ser menos rígidas y a doblarse, dando un aspecto de planta marchita.

Después de la selección de los agaves maduros, se procede a cortar con un machete las hojas que impiden trozar la raíz; enseguida, se troza el tronco utilizando una barreta afilada. Posteriormente, se realiza el rasurado o labrado, que consiste en el corte de las pencas verdes empleando el machete, y la barreta para las pencas secas, dejando las “piñas” listas para ser transportadas a las fábricas. El corte del maguey para cualquiera que sea la forma de producción de mezcal, artesanal o tecnificado, se realizan manualmente utilizando herramienta rudimentaria. Una vez que se han seleccionado las piñas de agave, se transportan al lugar de procesamiento empleando animales de carga o camionetas de tres toneladas. Es importante que las piñas no se expongan a los efectos del ambiente durante mucho tiempo porque éstas se pueden reseca, o incluso se pueden desaprovechar si se llegan a mojar con la lluvia.

La cocción, fase inicial del proceso de transformación, se realiza en hornos rudimentarios contruidos mediante excavaciones de forma tronco cónica, revestidos

de piedras, como se puede observar en la figura 1.3, y sus capacidades varían entre tres y seis toneladas de agave. Para el calentamiento se emplea leña (de preferencia de encino) apilada en su interior y una vez que se tiene un fuego intenso se acomoda una cierta cantidad de piedras denominadas por los productores como “piedra bola” o “piedra de fuego”. Paralelamente al calentamiento del horno, se parten las piñas por medio de un hacha en cuatro u ocho partes según el tamaño de la piña. Transcurridas seis o 10 horas, el calor de la combustión es retenido por las piedras que se encuentran al rojo vivo, y el horno ha alcanzado entre 900 y 1000°C, temperatura que se considera adecuada para empezar a cargar la materia prima, que se hace, colocando hojas verdes de maguey y encima de éstas se acomodan los trozos de piña. Enseguida se cubre con bagazo húmedo, sábanas de ixtle y tierra, que funcionan como una pared aislante para evitar la fuga de calor al medio ambiente.



Figura 1. 3 Horno revestido de piedras para la cocción de mezcal.

Fuente: WWW.magueymezcal.org/wp-content/uploads/2007/01/mescos.jpg. Accesado el 10 de abril de 2007.

Después de tres o cuatro días, la cocción ha terminado y se procede a destapar el horno, retirando con palas la tierra acumulada. Posteriormente, se extraen los trozos cocidos de agave para ser llevados al área de molienda. Para la fase de cocción se emplean por lo menos cuatro personas, para llevar a cabo las siguientes actividades: partir la leña, alimentar el horno, acomodar las piedras, partir las piñas y acomodarlas al interior del horno, tapar y destapar el horno, sacar las piñas, sacar las piedras y limpiar el horno. Los trabajadores, para el desempeño de estas actividades, utilizan las siguientes herramientas: machetes, hachas, cuñas, marros y palas.

Entre los principales problemas que se presentan en la fase de cocción se pueden mencionar los siguientes: Distinto punto de poder calorífico de la leña empleada, lo que origina en su caso un mayor consumo de leña y un mayor tiempo para el calentamiento. Además, existe un exceso de consumo de leña debido a que el calentamiento es abierto al medio ambiente, situación que se vuelve crítica en época de lluvias o cuando baja la temperatura del medio ambiente. Otro problema está relacionado con la calidad de cocción de la materia prima, por lo que, cada lote presenta cocciones heterogéneas; es decir, algunas piñas se cuecen más que otras, inclusive, las piñas que quedan en contacto con las piedras excesivamente calientes se carbonizan provocando la cristalización de las mieles, las cuales ya no son aprovechadas para producir mezcal.

La siguiente fase se denomina molienda e inicia después de que las piñas se han enfriado y tiene por objeto deshebrar o rajar las pencas de maguey con la finalidad de extraer el jugo del agave. Esta actividad se realiza en un molino conocido como chileno o “egipcio” como se muestra en la figura 1.4, integrado en dos partes: el primero es un confinamiento de sección cilíndrica desplantado a nivel de piso y construido con pared de piedra con un diámetro que varía entre 3 y 3.5 m. La otra parte consiste en una enorme piedra circular cuyo diámetro promedio es de 1.2 m, espesor de 0.4 m y un peso de 500 kg aproximadamente. Para poder efectuar la molienda, el agave se parte en trozos de aproximadamente 1 dm^3 , utilizando hachas y machetes, enseguida se colocan adentro del molino para ser machacadas por la piedra que es rodada por un caballo, mula o burro. A medida que avanza la molienda, se remueve la materia prima con un biello para colocar los trozos sobre la rodada de la piedra y de esta forma obtener una molienda más homogénea. Terminada esta fase, las fibras y los jugos se transportan con un biello del molino a las tinas de fermentación.

Este tipo de equipo no efectúa la molienda de forma homogénea, ya que algunos trozos se meten en las fracturas del piso del molino. En estas mismas fracturas se filtra una cierta cantidad del jugo y otra parte se tira durante el transporte del molino a las tinas de fermentación. Al finalizar la labor, se realiza la limpieza del molino. Esta

actividad se realiza por una sola persona y además debe considerarse el gasto de operación que está relacionado con la alimentación diaria del animal de tiro.

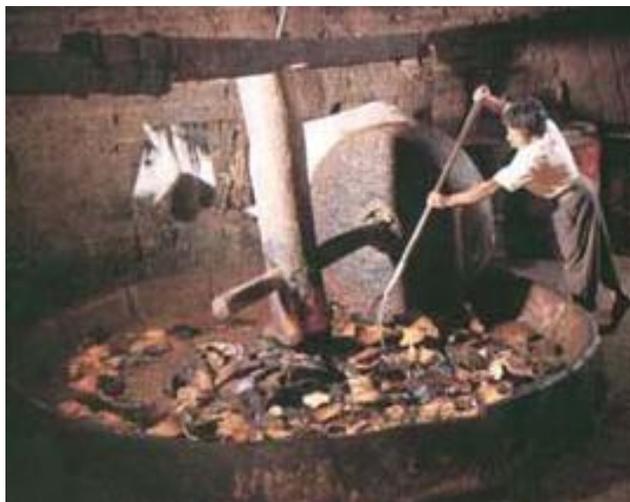


Figura 1. 4 Molino chileno de tracción animal.

Fuente: WWW.magueymezcal.org/wp-content/uploads/2007/01/mezmoli.jpg. Accesado el 10 de abril de 2007.

El proceso continúa con la fase de fermentación. Esta se realiza en tinajas de madera construidas con tablas de pino o encino unidas a tope mediante un fleje o alambrión, con un volumen promedio de 1100 l como se aprecia en la figura 1.5. Durante la fermentación aparecen productos no volátiles: grasas, sales, minerales y fibras; y volátiles: alcoholes, ésteres, ácidos, furanos, cetonas, terpenos, entre otros; que contribuyen a las características propias del mezcal, los cuales se separan mediante la destilación (Vera, 2005). En estas tinajas se vacía el agave machacado y una proporción de 5 a 10% de agua con respecto a los jugos, alcanzando entre la mitad y tres cuartas partes de su volumen y se deja la mezcla reposar dos días. Después de 24 horas, aproximadamente, se observa entre las fibras, la presencia de espuma. Esto indica que es el momento de regular el crecimiento de los microorganismos para evitar una transformación acelerada de alcohol que pueda llevar a la formación de ácido acético. Esto se logra agregando agua fría al recipiente y revolviendo la mezcla de las fibras para homogenizar el crecimiento microbiano. La fermentación se lleva a cabo entre 8 y 30 días, dependiendo de las condiciones atmosféricas, ya que a mayor temperatura se requiere menor tiempo para la fermentación.



Figura 1. 5 Tinajas de fermentación.

Fuente: WWW.magueymezcal.org/wp-content/uploads/2007/01/mesfer.jpg. Accesado el 10 de abril de 2007.

Existen dos formas de realizar la fermentación: Una es la fermentación natural ya descrita y la otra es agregando un catalizador como el sulfato de amonio o la cáscara de un árbol conocido como timbre. Para monitorear la fermentación, los productores se guían por el color y el sonido que se produce conforme el mosto va madurando. Como este procedimiento no es confiable, ocasiona que entre lote y lote haya altos o bajos rendimientos del agave. Otro problema que se presenta en esta etapa, consiste en las tinajas de madera, por la forma de su construcción, presentan fugas de mosto entre las uniones. Para supervisar la madurez del mosto, se requiere una persona, quien además, al terminar la fermentación debe lavar las tinajas para evitar la formación de bacterias.

La última etapa es la destilación, que involucra dos operaciones conjuntas evaporación y condensación, por medio de las cuales se lleva a cabo la separación de alcoholes y agua. La evaporación da lugar a la obtención de alcohol etílico, a través de la aplicación del calor y de la diferencia de densidades se logra evaporar los elementos más ligeros, los cuales, son recuperados en su estado líquido mediante la segunda operación por medio de la diferencia de temperaturas, dando como resultado a un producto condensado denominado mezcal. Aunque se trata de dos operaciones vinculadas, cada una cuenta con su propio equipo, enlazados por medio de un turbante o pasa vapores. Estos equipos utilizados para la destilación, comúnmente llamados alambiques, son construidos de cobre e integrados por una olla con

capacidad que varía entre 300 y 350 litros, una montera, un turbante y un serpentín (figura 1.6). En la olla se deposita el mezcal de producto fermentado, enseguida se coloca la montera, posteriormente el turbante se une con la montera por uno de sus extremos, y por el otro, con el serpentín.

Cada lote tarda de 3 a 4 horas; para dan lugar a un mezcal con dos grados distintos de alcohol, uno denominado puntas de tepache con un contenido que oscila entre 30 y 40 °G.L y el otro denominado colas de tepache con grado alcohólico que oscila entre 6 y 30 °G.L. Algunos productores aquí terminan el proceso obteniendo un producto mezclando ambas fracciones. Otros productores llevan las colas de tepache a una segunda destilación para obtener otras dos fracciones, las cuales son mezcladas de la siguiente forma: Para lograr el grado alcohólico final, se mezclan las puntas del tepache con las puntas del refinado. Si estas dan un grado alcohólico mayor de 50 °G.L., se adicionan colas de refinado para obtener un mezcal entre 45 y 50 °G.L.

Los problemas más comunes que se presentan en esta fase son los siguientes: El primero se refiere a pérdidas debidas al escurrimiento del mosto durante su transporte de la tina de fermentación a la olla de destilación, el otro problema se relaciona con el excesivo consumo de leña cuando el lote se inicia desde la temperatura ambiente, entre 20 y 30°C, por consiguiente, se requiere más energía para alcanzar la temperatura de ebullición de los alcoholes, que es de 88°C. Debido a que no se emplean sellos herméticos para unir olla-montera-turbante-serpentín, se presentan fugas de vapor de alcohol, las cuales se disipan en el medio ambiente. En la fase de condensación no se cuenta con un sistema de recirculación de agua para su enfriamiento, así que los productores, para obtener 300 l de mezcal, tiran aproximadamente 6000 l de agua cuando esta alcanza una temperatura entre 70 y 80°C. Terminada esta etapa, el bagazo, residuo que tiene una composición química que lo hace resistente a la acción de los microorganismos (Baena, 2005), es tirado en los terrenos baldíos sin previo tratamiento o uso; y las vinazas, que pueden ocasionar el deterioro del suelo o de cuerpos de agua por contener un pH ácido (Leal et al., 2003), son vertidas al drenaje municipal o a los arroyos, sin control alguno.



Figura 1. 6 Equipo de destilación predominante en el estado de Oaxaca.

Fuente: Propia, tomada en el palenque del Sr. Honorio Santiago en Matatlán, Tlacolula, Oaxaca.

1.5.2 Proceso tecnificado.

En lo que respecta al proceso tecnificado, también se realiza en cuatro fases y su principal diferencia con el artesanal, es el empleo de maquinaria y equipo. Además, los volúmenes de producción aumentan, y disminuye la mano de obra así como el tiempo de producción.

En este proceso, la cocción se lleva a cabo en autoclaves, como se muestra en la figura 1.7, mediante el suministro de vapor proveniente de una caldera. Esta etapa se inicia con el seccionado de las piñas, utilizando una partidora mecánica; enseguida se transportan hacia la autoclave a través de una banda transportadora; estas dos actividades son simultáneas, y requieren un tiempo de tres horas para procesar 4.5 toneladas de agave en verde. Mientras se realiza el seccionado de las piñas, la caldera es puesta en operación para generar el vapor que se ha de alimentar en la autoclave.

Una vez llenada la autoclave con los trozos de agave, se cierra para iniciar el suministro de vapor a una presión de 1.2 kg/cm^2 durante ocho horas a una temperatura del vapor es 120°C . Tres horas después de haber iniciado la cocción, se drenan las mieles amargas durante una hora. Transcurridas las ocho horas de cocción se abre una válvula de esfera para liberar la presión interna de la autoclave y

evitar un colapso por el vacío que se genera durante su enfriamiento. Después de 12 horas, la temperatura del agave ha disminuido a 60°C y se procede a descargar el agave cocido en una fosa receptora. La cantidad de mieles amargas que se drenan de la autoclave corresponden a 100 l por cada tonelada de agave en verde que se procesa y que a la vez no recibe tratamiento teniendo como destino final los arroyos o ríos.



Figura 1. 7 Autoclave para cocción del agave.

Fuente: Propia, tomada en la Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI. Mitla, Tlacolula, Oaxaca.

Uno de los problemas en este proceso tecnificado se presenta en la autoclave, ya que este equipo debe ser diseñado de tal manera que garantice un cocimiento homogéneo. Por otra parte se observa que la mayoría de los equipos no cuentan con aislantes térmicos, lo que ocasiona un mayor consumo de energía, asimismo, para que las actividades relacionadas a la cocción sean más eficientes se requiere de equipo y maquinaria auxiliar como una seccionadora de agave, banda transportadora, caldera, líneas de vapor, equipos de instrumentación y control. De la misma forma se requieren equipos secundarios como un suavizador de agua, sistema de filtros y tanque de almacenamiento de combustible.

La fase de molienda emplea una banda transportadora que conduce la materia prima a un molino de rodillos, como se aprecia en la figura 1.8. Aquí los rodillos extraen los jugos que salen por vía separada de las fibras, los jugos se conducen a una fosa de líquidos previamente colados y se recirculan en intercambiadores de calor para disminuir su temperatura de 50 a 25°C aproximadamente. Para el desarrollo de las actividades inherentes a la fase de molienda, se requiere de seis personas, quienes ejecutan las siguientes acciones: dos plean los trozos de agave sobre la banda transportadora, una las guía sobre el molino, otra agita los coladores después tira los sólidos atrapados, y las otras dos recogen el bagazo a la salida del molino.

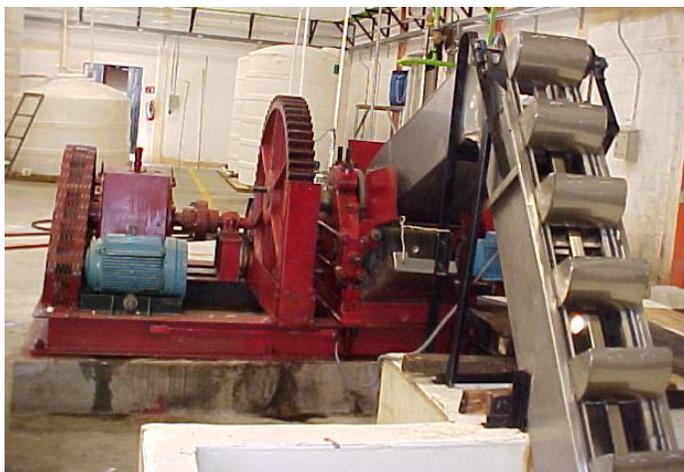


Figura 1. 8 Molino de rodillos y banda transportadora.

Fuente: Propia, tomada en la Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI. Mitla, Tlacolula, Oaxaca.

Los problemas que se presentan en esta fase por el proceso tecnificado, se deben a que los molinos de rodillos empleados son procedentes de otras industrias como la azucarera, accionados con motores eléctricos. Debido al desconocimiento de las propiedades fisicoquímicas del jugo de agave, los rodillos o cualquier otro elemento de estos molinos se corroen fácilmente, causando desgaste y como consecuencia se incrementa la frecuencia de mantenimiento. Cuando se presenta desgaste en los rodillos, el bagazo es sometido a una segunda extracción con el objeto de aprovechar la mayor cantidad de jugos. El tiempo total requerido para la molienda es de tres horas para las 4.5 toneladas de agave y los sólidos obtenidos en esta etapa, corresponden a 273 kg de bagazo por cada tonelada de agave en verde. Los equipos

empleados para realizar la molienda son: banda transportadora, coladores de jugos para evitar que las fibras taponen las tuberías o válvulas; intercambiadores de calor con un sistema de bombeo para recircular el jugo ya que este extrae a una temperatura de hasta 50°C, y una línea de agua de enfriamiento, procedente de la torre de enfriamiento con su respectivo sistema de bombeo.

Después que ha disminuido la temperatura de los jugos, se bombean a los tanques de inoculación con capacidad de 5000 l, como se muestra en la figura 1.9, para iniciar la fermentación. Para acelerar esta fase, se adicionan sulfato de amonio en la operación de inoculación, la cual requiere un día para el crecimiento poblacional de los microorganismos. Enseguida, el producto inoculado es bombeado a los tanques de fermentación, que tienen una capacidad de 15000 l y se agrega 50% de agua con relación a la cantidad de inoculados permaneciendo en estos depósitos durante cuatro días. Los tanques tienen instalado un termómetro para medir la temperatura del mosto y de esta manera mantenerlo entre 25 y 30°C. Si la temperatura del mosto es menor a 25°C, se adiciona vapor, o si la temperatura es mayor a 30°C, el mosto se recircula en los intercambiadores de calor.



Figura 1. 9 Tanques de fermentación e inoculación.

Fuente: Propia, tomada en la Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI. Mitla, Tlacolula, Oaxaca.

Los problemas más comunes que se presentan se deben a que los tanques no están diseñados para el manejo de este producto por lo que sus vías de descarga retienen

aproximadamente 200 litros de mosto que no es aprovechado en los procesos siguientes. Para extraer el mosto retenido, se introduce una persona para vaciarlo de forma manual, empleando para ello una cubeta. Esta actividad representa un alto riesgo para la persona que se introduce al depósito, ya que en los tanques de fermentación se impregnan los olores de los gases producidos por las reacciones químicas y debido a la falta de ventilación son difícilmente eliminados, por lo que estos gases pueden ocasionar asfixia.

En la etapa de destilación, se emplea un equipo como el mostrado en la figura 1.10 constituido por un evaporador, una torre de rectificación, un condensador, un precalentador y un enfriador. El evaporador tiene en su interior un tubo de cobre en forma de serpentín por el que fluye vapor de agua procedente de la caldera, desde el serpentín se transfiere calor al mosto contenido en el evaporador, lográndose la ebullición de los productos volátiles que después de la condensación se convertirán en mezcal. Asimismo la función de la torre de rectificación es obtener un producto de mejor calidad mediante las evaporaciones y condensaciones. Los vapores que logran salir de la columna, se condensan al contacto con los tubos internos del condensador que transporta agua refrigerante procedente de una torre de enfriamiento.

El condensado es dividido en dos fracciones: una se regresa a la torre de rectificación y la otra se conduce al precalentador. Este tiene en su interior un serpentín de cobre por el cual circula el mezcal caliente. Este equipo realiza dos operaciones, una consiste en enfriar el mezcal que fluye por el serpentín, y la otra, en calentar el mosto acumulado en el precalentador previo a destilarse. Debido a que no se logra disminuir la temperatura del mezcal a menos de 303°K se le hace pasar por un enfriador en forma de serpentín sumergido en agua fría procedente de la torre de enfriamiento.

Entre los principales problemas que se presenta en la fase de destilación del proceso tecnificado, figura en primer término, la falta de aislamiento térmico del evaporador, lo que da lugar a una pérdida de calor hacia el medio ambiente, que repercute en un incremento del tiempo para la ebullición del alcohol. Otro problema es la limpieza y mantenimiento del evaporador, que se da debido a su complejidad de montaje, ya que

para llevarlos acabo se deben suspender las actividades durante una semana. Para el lavado de evaporador y precalentador, se requieren tres personas y se realiza cada quince días o cada que hay un incremento en el espesor de la pared del serpentín, ocasionada por las incrustaciones de mosto y que a su vez disminuye la transferencia de calor.



Figura 1. 10 Equipo de destilación industrial.

Fuente: Propia, tomada en la Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI. Mitla, Tlacolula, Oaxaca.

Descritos los problemas que se presentan en la elaboración de mezcal en las dos formas de producción, se visualiza la falta de participación por parte de productores e instituciones gubernamentales para proponer y ejecutar las alternativas que mejor solución aporten para el crecimiento y desarrollo de esta industria, el cual se encuentra ávido por adquirir su propia tecnología con la finalidad de incrementar el rendimiento de la materia prima coadyuvando a la conservación y mejoramiento del medio ambiente. Como dato adicional, cada lote de 2300 litros de mosto, se destila en un tiempo de seis horas y se obtienen 300 litros de mezcal, de la misma forma se obtienen 900 litros de vinazas por cada tonelada de agave crudo. Esta serie de operaciones resultan difíciles de ser interpretadas por el pequeño productor, por lo

que al desconocer las variables que intervienen, no puede efficientar el proceso en general, situación que obliga a elaborar propuestas de solución para los productores.

1.6 Sumario

En este capítulo se presentó la importancia que el agave ha tenido en México desde antes de la llegada de los españoles, y la trascendencia que el mezcal ha logrado después de la introducción de la destilación a este vegetal cocido y fermentado. La forma de producción artesanal predomina en la obtención de este producto y las empresas que se empiezan a tecnificar siguen arrastrando una serie de problemas. A pesar que se ha logrado un mayor rendimiento de la materia prima por esta forma, aun se desaprovecha parte de este recurso. Una de las ventajas del proceso tecnificado, es la disminución de tiempo de operación, tal como se muestra en la tabla 1.6, donde se hace una comparación entre los tiempos que se requieren para la producción de mezcal, empleando 4.5 toneladas de agave, tanto en la forma artesanal como tecnificado.

Tabla 1. 6 Tiempos de producción de mezcal artesanal y tecnificado.

Fase	Artesanal		Tecnificado	
	Equipo	Tiempo [h]	Equipo	Tiempo [h]
Cocción (desde la preparación de la materia prima)	1 horno	96	1 seccionadora 1 banda transportadora 1 autoclave	10
Molienda	1 molino chileno	16	1 banda transportadora 1 molino de rodillos	3
Fermentación	3 tinas	360	1 tanque inoculación 1 tanque fermentación	136
Destilación	1 alambique	20	1 torre de destilación	9

La incorporación de equipos muy sobrados o deficientes, para la capacidad de producción con respecto a otros equipos empleados en la línea, repercute en los costos de producción. La gravedad en estos procesos, radica en la generación de residuos sólidos, que una vez que dejan de ser parte del ciclo del proceso, son tirados en terrenos de sembradío para su degradación, tal es el caso de las fibras de agave; y los residuos líquidos como mieles amargas y vinazas, las cuales al presentar un pH ácido, son vertidas a los arroyos o ríos, y en su caso a la red de drenaje municipal, propiciando la contaminación del suelo y de los mantos acuíferos.

Dando solución a los problemas que se presentan en la producción de mezcal, en los siguientes capítulos se describen los fundamentos teóricos de los estudios de mercado, técnico y financiero, con los cuales se determina el tamaño de planta adecuada para solventar la demanda de mezcal, enseguida se seleccionan los equipos adecuados a una misma línea de producción, enseguida se evalúa la rentabilidad del proyecto, además se citan las posibles soluciones de rehúso y aprovechamiento de los residuos generados.

CAPÍTULO II. Marco conceptual.

2.1 Definición de ingeniería básica.

Un proyecto es un estudio que tiene como objetivo brindar soluciones racionales a uno o varios problemas tendientes a resolver o satisfacer necesidades de diversa índole. De aquí surge el proyecto en ingeniería, el cual busca dar soluciones a diversos problemas tales como: reemplazar una tecnología obsoleta, optimizar un proceso existente para mejorar su productividad, desarrollar productos capaces de reemplazar a otros por un precio mejor y con mejores atributos, aprovechar oportunidades de negocios latentes o manifiestas en el mercado, sustituir importaciones, entre otras. Según Vega, (2005) los proyectos de ingeniería se desarrollan cuando se requiere ampliaciones físicas en la organización con el fin de aumentar la productividad o disminuir los costos, cuando la empresa está empeñada en diversificar sus procesos y productos, además de disminuir el impacto ambiental de los residuos producidos. El factor principal para determinar la fabricación de un nuevo producto, o la expansión o modernización de las condiciones de una planta, es generalmente de tipo económico (Inche et al., 2004).

En el desarrollo de proyecto de ingeniería, existen una serie de fases como: la definición del proyecto, la ingeniería básica y la ingeniería de desarrollo, y que en ocasiones no se llevan a cabo en forma secuencial sino que en muchos casos se solapan, que podrían considerarse como independientes para su estudio en una primera aproximación. Este desarrollo se aplica a las siguientes necesidades: nuevas instalaciones, obras de construcción, transportación de grandes volúmenes de material, instalación de nuevos equipos, implementación de nuevos procesos y ampliaciones a las plantas a través de proyectos nuevos, y en algunos casos, del desarrollo de reingenierías (Vega, 2005).

Después de definir el proyecto, se continua con la ingeniería básica, ya que esta es la parte de la ingeniería que se relaciona con procesos nuevos, y contiene tanto estudios de mercado y estrategias de marketing, como la elaboración de los diagramas de

bloques, de flujo, de simbología y de distribución de la planta, las hojas de cálculo para el dimensionamiento de equipos con el correspondiente estudio económico, financiero y comercial que muestra finalmente la viabilidad del proyecto que se desea emprender. De acuerdo con Inche et al., (2004) la ingeniería básica incluye los aspectos de: diseño del producto, diseño del proceso, diseño de equipos y evaluación económica, con la finalidad de establecer la factibilidad técnica, económica y ambiental para su implementación.

2.2 Antecedentes de ingeniería básica.

Para el soporte del presente trabajo de investigación se efectuó una revisión de temas concernientes al desarrollo de ingeniería básica y la gestión de proyectos de inversión en la industria mezcalera, constatando que los actuales estudios se orientan a la búsqueda de sistemas que permitan efficientizar y operar la infraestructura con base a indicadores de otros sectores industriales. En este sentido, los documentos analizados tienen un período cronológico de cuatro años, lo cual permite identificar la carente investigación efectuada en el sector mezcalero. Observándose que el desarrollo tecnológico e innovación en los procesos está supeditado especialmente por la industria tequilera, la cual maneja como secreto industrial la ingeniería básica de su proceso.

Las investigaciones se encuentran orientadas a efficientizar las fases del proceso y la rentabilidad del proyecto de inversión, por tal motivo, Álvarez, (2004) realizó un estudio para llevar a cabo un plan de negocios de exportación del mezcal “*La Feria*” al mercado de la República Federativa del Brasil. El eje central de su trabajo consistió en determinar la viabilidad de la empresa para poder incursionar en mercados internacionales altamente competitivos y exigentes, determinando que no solo la calidad del producto interviene en la comercialización, sino también las características esenciales como el sabor, bouquet, originalidad en su envase y presentación. Otro estudio enfocado a la ingeniería básica consistió en la reutilización, diseño y evaluación de un subproducto mediante el reciclaje de envases tetra pack a pequeña escala.

Este trabajo llevado a cabo por Inche et al., (2004) tuvo el objeto de disminuir los impactos ambientales. Encontrando que, la innovación del reciclaje consiste en la fabricación de planchas de aglomerados como subproductos para su implementación en mueblería y en la construcción. De acuerdo a la capacidad de planta se estimó una producción de 126 planchas al día generando un ingreso anual de US\$ 226800.00 esto permite la disminución de la contaminación y la adquisición del valor económico de la basura “*envase tetra pak*” que representa el reciclado.

Por su parte Vilaboa, (2004), desarrolló un proceso de gestión con el objeto de automatizar las plantas industriales en Chile. Observando lo importante que es la puesta en el mercado de tecnologías de reciente desarrollo y bajo costo, analizó aspectos económicos y de gestión, relacionados con la automatización de los procesos productivos. Esto permitió disminuir el deterioro de los productos durante la manipulación, lo que frecuentemente constituye un alto porcentaje de pérdidas, con lo que existe un mejor aprovechamiento.

Tavêr y Duhovnik, (2005) estudiaron el manejo de los cambios de ingeniería (ECs) para eficientizar a la empresa. Determinando la perfectibilidad de los medios a través del desarrollo del proceso de diseño, durante el cual los requerimientos son encontrados gradualmente a través del ciclo de vida del producto. El concepto de mejora del producto fue basado en la activación (ECs) mediante la manufacturación de fases eficientizando los canales de comunicación. La complejidad de los productos y los niveles de diseños son los factores claves los cuales permiten que el sistema interactúe en una organización y en el desarrollo de herramientas de optimización.

Casas, (2006) estudio tres firmas productoras de tequila en México. Analizando cómo las empresas definen sus estrategias tecnológicas además del rol para la expansión de la marca. La hipótesis central del trabajo consistió en observar los indicadores de competitividad de las tres marcas tequileras y la penetración al mercado internacional de los productos con base a los cambios tecnológicos realizados en el sector agrícola e industrial. Los resultados permitieron definir que las capacidades tecnológicas son resultado de un entorno globalizador. Exigiendo el desarrollo paulatino de las

capacidades técnicas además de preservar el proceso de producción tradicional ricas en cultura e identidad. Observándose cuatro fases en el proceso evolutivo del período 1600 a 1997; donde se identifican los factores que tecnificaron el proceso agrícola, la selección del agave y el vínculo obtenido con el proceso de obtención mediante la hidrólisis, extracción de azúcares y fermentación. Estos indicadores permiten concluir la relación del incremento en la productividad y la exportación a mercados emergentes mediante alianzas comerciales, diversificación del mercado, procesos de producción y operaciones orientadas, mezcla de tecnologías y técnicas tradicionales y contemporáneas y una nueva cultura organizacional y del conocimiento.

Asimismo, Najjar y Álvarez, (2007), determinaron las mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz. Para lo cual realizó un benchmarking con las empresas del sector, además de introducir conceptos de producción más limpia mediante un análisis del ciclo de vida del producto. Los parámetros evaluados permitieron el rediseño de procesos así como la re potenciación del molino existente para lograr un beneficio económico influyendo en la eficiencia de producción y ahorro de costos por sustitución. Permitiendo recuperar la inversión en 4.2 años teniendo un VAN económico de \$107,499.00 con proyecciones crecientes, una TIR económico de 27.4% y una relación costo/ beneficio de 1.15.

Karlsson y Wolf, (2007) aplicaron el modelo MIND para evaluar la industria forestal. Realizando un modelo de la estructura del sistema mediante símbolos con el objeto de encontrar las estrategias de operatividad brindadas por el sistema y la relación costo- beneficio. Los resultados del estudio permitieron determinar los beneficios financieros en la industria comparándolos con un sistema tradicional mediante la simbiosis de magnitud de los beneficios y la evaluación

Los estudios anteriores permitieron identificar la importancia de la ingeniería básica y su impacto en un proyecto de inversión debido a los indicadores ambientales, sociales, económicos y tecnológicos que permiten el acceso a sectores ampliamente demandantes. El carente desarrollo de investigación de la ingeniería básica en la

fabricas de producción de mezcal ha propiciado que este sector involucre otras tecnologías provenientes de la industria tequilera, lo que ha generado un lento crecimiento en el sector productivo, además de una baja rentabilidad financiera, por tal motivo es menester realizar estudios de ingeniería básica para la obtención de parámetros propios que permitan el empleo de tecnologías adecuadas, con la misión de optimizar el proceso.

2.3 Fundamentos del estudio de mercado.

2.3.1 Descripción y características del producto.

El mezcal es una bebida alcohólica que se obtiene de muy pocas regiones del país y que a nivel mundial ha adquirido la denominación de origen. Esta ha sido otorgada debido a que es un producto derivado de agaves considerados por la NOM-070-SCFI-1994 con grado alcohólico referido a la misma norma. El mezcal es extraído de agaves maduros, cuidadosamente seleccionados por el productor. En el estado de Oaxaca, el más común en los valles centrales para la producción de mezcal es el *A. Angustifolia* Haw o Espandín, el cual, se cultiva mayoritariamente en los distritos de Tlacolula y Yautepec. De acuerdo con esta norma, los mezcales se clasifican en dos tipos: Tipo I, Mezcal 100% de agave obtenido de los mostos que únicamente contienen azúcares provenientes de los agaves; y Tipo II, Mezcal con otros azúcares, elaborado con un 80% de los mostos de los agaves, a los que se les adiciona un 20% de otros azúcares.

En atención a las exigencias y gustos de los demandantes, el mezcal se oferta en cuatro categorías características: joven, reposado, añejado y abocado.

Joven: Mezcal obtenido directa y originalmente con los azúcares extraídos de los agaves, susceptible de ser enriquecido, para el caso del mezcal tipo II hasta con 20% de otros azúcares.

Reposado: Mezcal que se almacena al menos dos meses en recipientes de madera de roble blanco o encino para su estabilización.

Añejo: Mezcal sometido a un proceso de maduración por un tiempo mínimo a un año en recipientes de madera de roble blanco o encino, dispuesto a ser abocado.

Abocado: Consiste en suavizar el sabor del mezcal, mediante la adición de uno o más productos naturales, saborizantes o colorantes permitidos en las disposiciones legales correspondientes.

2.3.2 Investigación del mercado.

Entre las bebidas alcohólicas de producción de origen nacional, el mezcal es considerado como una de las principales bebidas alcohólicas que captan ingresos del extranjero para el país; sin embargo su consumo sigue siendo principalmente nacional. Asimismo, la agroindustria del mezcal es una de las importantes actividades ocupacionales que a nivel microempresa familiar da empleo informal a muchas familias oaxaqueñas, que se ocupan de la siembra, cultivo, cosecha, transportación, procesamiento, envasado y comercialización del mezcal. En este mismo sentido, existen empresas que se dedican a buscar mercados internacionales en Canadá, Estados Unidos, Japón, Unión Europea, Australia, Asia y Sudamérica. En todos los casos, ha habido respuesta por parte de un gran sector de aquellos países, sin embargo, la apropiación de sus mercados por parte de productores ha sido lenta debido a que no ha habido interés, ni las posibilidades para certificar el producto, requisito indispensable para la exportación. Sin embargo, los productores que empiezan adoptar tecnología consideran que la certificación es un trámite obligado para mantener continua su producción en vista de que sus objetivos son los mercados internacionales.

2.3.3 Densidad económica del producto.

El mezcal goza de una relativa densidad económica, su transporte a los mercados más lejanos influye relativamente en el precio de venta del producto. El área de mercado al que se puede penetrar el producto, no se restringe por distancias, pueden contemplarse las principales ciudades del mundo (Baca, 2006).

2.3.4 La demanda.

Se denomina demanda a la cantidad de bienes y/o servicios que los consumidores desean y dependiendo de su poder adquisitivo están dispuestos a comprar. Se le llama demanda real o efectiva, cuando esta se realiza satisfactoriamente, y demanda potencial cuando no se concreta por ninguna circunstancia. Los factores que determinan la demanda son el precio del producto demandado, el nivel de rentabilidad, los gustos personales, además del precio de productos sustitutos y complementarios (Hall y Lieberman, 2006).

2.3.4.1 Demanda del mezcal

Históricamente, la demanda del mezcal se vio afectada en el período de 1999 a 2004 cuando el maguey maduro fue demandado por la industria del tequila, esto trajo como consecuencia un fuerte incremento en el precio del agave y por ende el mezcal registró sus precios más altos, lo que repercutió negativamente en la preferencia de los consumidores. En los mercados nacional e internacional, la demanda en el 2004 representó poco menos del 40 % a la existente en el año 1999 por la pérdida de competitividad del mezcal en los mercados. Según datos de BANCOMEXT, (2002), en el período 1998-2000 las exportaciones mostraron un crecimiento anual de 17.1 %, al pasar de 11.19 a 17.49 millones de dólares. El 52% de las exportaciones de mezcal se destinan a EUA, el 11% a Latinoamérica y el resto a Europa y Asia. Este crecimiento del consumo de mezcal, convierte al mercado europeo en atractivo para la exportación de ésta bebida (Diagnóstico de la cadena productiva, 2004).

2.3.4.2 Consumo nacional aparente (CNA).

El consumo nacional aparente es la cantidad de producto que el mercado requiere, y se expresa de la siguiente manera: $\text{Demanda} = \text{CNA} = \text{Producción nacional} + \text{importaciones} - \text{exportaciones}$. Como se aprecia en la tabla 2.1, en 1994 se produjeron 2.875 millones de mil litros, de los cuales el 78% (2.238 millones) se consumieron en el mercado local y el 22% (637000 litros) se exportaron a diferentes países de América, Europa y Asia. En el año 2000 la situación fue contraria, ya que de la

producción de 8.4 millones de litros, el 44% (3.7 millones) se consumieron en el mercado nacional y el 56% restante (4.7 millones) se exportaron a diferentes países. El mercado nacional de bebidas obtenidas del agave está muy centralizado por el consumo del tequila; por esta razón, el mezcal fuera del estado tiene una reducida presencia en los mercados debido a la falta de publicidad y campañas de promoción. El volumen anual consumido por este mercado corresponde al 28% del total de mezcal envasado de Oaxaca.

Tabla 2. 1 Consumo Nacional Aparente y exportaciones.

Año	Producción nacional [litros]	CNA [litros]	CNA, % de producción total	Exportaciones [litros]	Exportaciones, % de la prod. nacional
1994	2875000	2238000	78.0	637000	22.0
1995	4109820	2999058	72.9	1113761	27.1
1996	5875000	4015000	68.0	1860000	32.0
1997	7220000	3940000	54.6	3280000	45.4
1998	8050000	4500000	53.0	4000000	50.0
1999	9000000	4300000	47.7	4700000	52.2
2000	10205267	3700000	44.0	3500000	34.3
2001	8700000	3850000	44.2	4850000	55.8
2002	10521100	4300000	47.7	3430000	32.6

Fuente: Anexo estadístico del Sexto Informe de Gobierno de Diodoro Carrasco Altamirano, 1998; Segundo Informe de Gobierno de José Nelson Murat Casab, 2000; SAGARPA, 2007 y J. Antonio. (2005).

2.3.4.3 Consumo local per cápita.

El mezcal es una bebida preferida por los oaxaqueños, ya que forma parte de las costumbres y tradiciones de las comunidades, estando presente en acontecimientos sociales como bodas, mayordomías, fandangos, velatorios y altares de muertos; por lo que los consumidores lo prefieren ante otras bebidas. El consumo per cápita de la población estatal de entre 18 y 65 años de edad es de 1.62 litros al año (Diagnóstico de la cadena productiva, 2004).

2.3.4.4 Consumo nacional y de exportación.

Según el Diagnóstico de la cadena productiva (2004), la demanda del mezcal en los mercados local, nacional y de exportación corresponde a 22.65%, 27.68% y 49.67% respectivamente.

2.3.5 La oferta.

La oferta es la cantidad de bienes ofrecidos por el productor a diferentes precios y condiciones de mercado actual. Esta relación establece que la oferta es directamente proporcional al precio. Los factores que la determinan son: el costo de los elementos necesarios para la producción, el tamaño de mercado, el volumen de la demanda, la mano de obra, número de empresas competidoras y la cantidad de bienes producidos (Hall et al., 2006).

De acuerdo con el diagnóstico de la cadena productiva, (2004), se obtuvieron los datos históricos de la oferta del mezcal, mostrados en la tabla 2.2, donde se aprecia que en el año 2003 y 2004, esta disminuyó después de ofertarse 10.5 millones de litros en el 2002, quedando en 6 millones 393 mil litros en el 2003 y 4 millones 764 mil en 2004. Esto puede explicarse como el cierre de palenques en los años anteriores, debido al incremento en el precio del agave, generado por la demanda que la industria del tequila; pues de 590 palenques en operación en el año 2002, se redujo a 254 en el 2004.

Tabla 2. 2 Producción histórica del mezcal.

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Producción de mezcal en miles de litros	2 875	4 109	5 875	7 220	8 050	9 000	10 205	10 205	10 521	6 393	4 764	8 000

Fuente: Anexo estadístico del Sexto Informe de Gobierno de Diodoro Carrasco Altamirano, 1998; Segundo Informe de Gobierno de José Nelson Murat Casab, 2000 y CNSPMM, 2005.

2.3.6 El precio.

Dicho de una forma, el precio es la expresión del valor monetario que se le asigna a un producto o servicio, pues, el precio no es solo dinero ni valor propiamente dicho de un producto o servicio, sino un conjunto de percepciones y voluntades a cambio de ciertos beneficios reales o percibidos como tales. En el mercado, el precio se establece mediante la ley de la oferta y la demanda (Hall et al., 2006).

El precio del mezcal a granel en el período 1989-2006 presentó un crecimiento sostenido normal de \$6.00 a \$14.00 por litro, tal como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2. 3 Precios de mezcal a granel puesto en palenque.

Años	Precio promedio [Dls. por litro]	Tipo de cambio	Precio promedio [Pesos por litro]
1989	2.566	2.338	6.00
1990	2.960	2.703	8.00
1991	2.694	2.970	8.00
1992	2.614	3.060	8.00
1993	2.586	3.093	8.00
1994	2.495	3.207	8.00
1995	1.371	5.837	8.00
1996	1.724	7.539	13.00
1997	1.670	7.784	13.00
1998	1.631	8.583	14.00
1999	1.471	9.516	14.00
2000	3.413	9.375	32.00
2001	3.312	9.662	32.00
2002	3.093	9.700	30.00
2003	2.286	10.500	24.00
2004	1.754	11.400	20.00
2005 *	1.840	10.870	20.00
2006 *	2.287	10.930	25.00

Fuente: Diagnóstico de la cadena productiva del sistema producto Maguey-Mezcal, 2004. *Dato proporcionado por el Sr. Honorio Santiago, productor de mezcal en Matatlán Tlacolula, Oaxaca.

Fue a partir de 1999 cuando inicia su incremento ubicándose en los \$32.00 por litro, en los años 2000 y 2001, posteriormente disminuyó, colocándose en los \$20.00 en el año 2004 (figura 2.1).

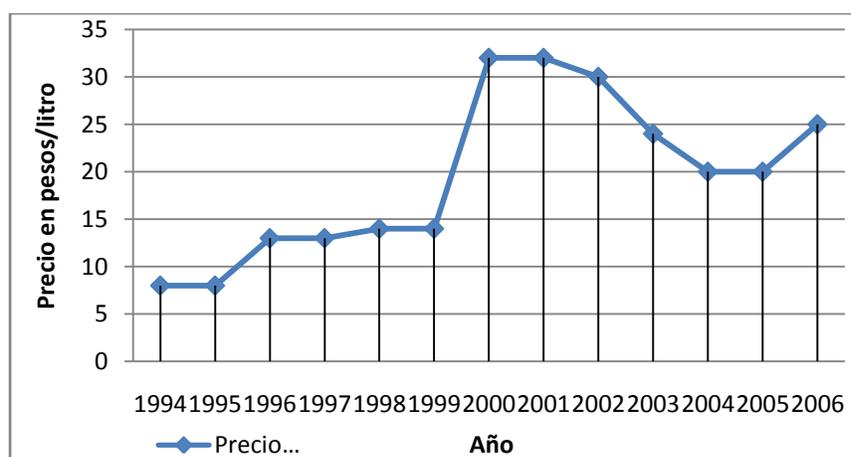


Figura 2. 1 Distribución del precio histórico del mezcal.

El alza de los precios del periodo 2000-2004, fue propiciada por la carencia del *agave tequilana* Weber, por lo cual la industria del tequilera utilizó el *agave angustifolia* Haw,

para satisfacer su mercado, ocasionando una desaceleración y el cierre de palenques.

2.3.7 El pronóstico.

El pronóstico es la estimación anticipada del valor de una variable. Puede asimilarse como predicción, pero en general se refiere a la estimación de series temporales o datos instantáneos. Observándose la tendencia de los datos en un periodo de tiempo determinado, puede hacerse una predicción de su comportamiento en un período futuro. Existen métodos numéricos que permiten obtener datos aproximados a la realidad, destacando el empleo de los siguientes métodos, como mínimos cuadrados, suavización exponencial, regresión lineal, entre otros (Berenson y Levine, 1992).

2.3.7.1 Método de mínimos cuadrados.

La técnica de mínimos cuadrados consiste en optimizar una serie de mediciones, distribuyendo los errores en forma aleatoria. En el presente estudio se emplea un modelo polinomial de segundo grado (ecuación (2.1)), porque permite el ajuste de los datos dispersos.

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i + b_{11} X_i^2, \quad (2.1)$$

donde b_0 es la ordenada de origen estimada; b_1 el efecto lineal estimado sobre Y y b_{11} el efecto curvilíneo estimado sobre Y .

Los coeficientes de la muestra b_0 , b_1 y b_{11} tendrían las ecuaciones normales siguientes:

$$\sum_{i=1}^n Y_i = n b_0 + b_1 \sum_{i=1}^n X_i + b_{11} \sum_{i=1}^n X_i^2, \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = b_0 \sum_{i=1}^n X_i + b_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 + b_{11} \sum_{i=1}^n X_i^3 \text{ y} \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = b_0 \sum_{i=1}^n X_i^2 + b_1 \sum_{i=1}^n X_i^3 + b_{11} \sum_{i=1}^n X_i^4 . \quad (2.4)$$

En este caso, consiste en encontrar los coeficientes b_0 , b_1 y b_{11} , tal que $f(y_i) = X_i$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$. Observemos desde el punto de vista del algebra lineal que esto es equivalente a seleccionar una función en el espacio vectorial de funciones generada por la base $\{1, x, x^2, x^3 \dots x^n\}$ que crea el conjunto de polinomios de grado n . Esto nos lleva a resolver un sistema lineal de ecuaciones de la forma

$$\begin{aligned} b_0 + b_1 x_0 + b_{11} x_0^2 &= y_0 \\ b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 &= y_1 \\ b_0 + b_1 x_2 + b_2 x_2^2 &= y_2 \end{aligned} \quad (2.5)$$

el cual podemos escribir de la forma $M\vec{a} = \vec{y}$ donde M es una matriz $n \times n$ del modo siguiente:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x & x^2 & \dots & x^n \end{bmatrix} \quad \vec{b} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad y \quad \vec{a} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

2.3.7.2 El método de Holt-Winters.

Otro método numérico para estimar el pronóstico es el de Holt-Winters, el cual permite realizar estudios de tendencia a futuro mediante pronósticos a plazos intermedios o largos (Berenson et al., 1992). Este método se aplica en cualquier período i , para estimar en forma continua el nivel de la serie (valor suavizado) y el valor de la tendencia; para lo cual se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\epsilon_i = U \epsilon_{i-1} + T_{i-1} + 1-U Y_i, \quad (2.7)$$

$$T_i = VT_{i-1} + 1-V \epsilon_i - \epsilon_{i-1} , \quad (2.8)$$

donde ϵ_i es el nivel de la serie suavizada, calculada en el período i ; ϵ_{i-1} el nivel de la serie suavizada ya calculada en el período $i-1$; T_i el valor del componente de tendencia calculada en el período i ; T_{i-1} el valor del componente de tendencia ya calculada en el tiempo $i-1$; Y_i el valor observado de la serie de tiempo en el período i ; finalmente, U y V son constantes de suavización subjetivamente asignadas ($0 < U < 1$) y ($0 < V < 1$).

Los cálculos inician estableciendo la siguiente igualdad: $\epsilon_2=Y_2$ y $T_2=Y_2-Y_1$, y enseguida se eligen las constantes de suavización. Posteriormente, se calculan los valores ϵ_i y T_i para todos los años, $i = 3, 4, \dots, n$. Este método supone que todos los movimientos futuros de tendencias continuarán desde el nivel más reciente ϵ_n , por lo tanto, para pronosticar j años en el futuro se tiene:

$$\hat{Y}_{n+j} = \epsilon_n + j T_n, \quad (2.9)$$

donde \hat{Y}_{n+j} es el valor pronosticado j años en el futuro; ϵ_n el nivel de la serie suavizada calculado en el período n más reciente; T_n el valor del componente de tendencia obtenido en el período n inmediato, y j es el número de años en el futuro.

2.3.8 Capacidad de producción.

El mezcal ha tenido un mercado restringido en la economía formal, en su gran mayoría se comercializa a granel en pequeños recipientes, por lo que actualmente se cuenta con escasa información confiable para determinar una perspectiva a mediano y largo plazo de este producto. Los datos más confiables obtenidos provienen del Gobierno del Estado de Oaxaca en cuanto a cultivo, producción de piñas y producción de mezcal, sobresale el crecimiento de la superficie cultivada entre 1994 y 1999 pasando de 4840 a 9440 Ha. A la fecha existen 254 palenques operando, los cuales,

juntos tienen una producción anual aproximada de tres millones de litros de mezcal auténtico.

2.3.9 Principales marcas existentes en el mercado.

Según datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial (SEDIC), las empresas que actualmente producen y/o comercializan mezcal a nivel local, nacional e internacional, y que dadas las características de sus productos representan una fuerte competencia, son las siguientes:

Tabla 2. 4 Principales marcas competidoras.

Empresa	Marca	Dirección
Admirable de Oaxaca, S.A. de C.V	"Admirable"	Lote 1-2 Parque Industrial Sto. Domingo Barrio Alto, ETLA, Oaxaca
A.R.I.C. Regional de Productores de Maguey Mezcalero de Oaxaca.	"Mixtlán" "Encantado"	Lote 1-2 Parque Industrial Sto. Domingo Barrio Alto, ETLA, Oaxaca
Licorera Oaxaqueña S.A. de C.V	"Oro de Oaxaca"	Mier y Terán No.508 C.P.68000 Oaxaca,Oaxaca
Asociación de Magueyeros de Oaxaca S.P.R. de R.I.	"Reserva Tío Pablo" "Benevá", "Maya" "Machos" "Gran Reserva Benevá"	Díaz Ordaz No. 318 C.P. 68 000 Oaxaca,Oaxaca
Grupo Empresarial Oaxaqueño del Mezcal"	"Joyas oaxaqueñas" "Mayordomo" "Leyenda del Milagro" "Joya Gran Reserva" "Don Ausencio"	3ª privada de José López Alavez N° 5, Planta Baja, San Felipe del Agua C.P.68020, Oaxaca, Oax.
Beneficiadora de Mezcal de Exportación S.R.L. M.I.	"Máyatl", "José Chaparro", "Beso Máyatl" "El Conquistador"	Domicilio Conocido C.P.70561 La Reforma Ecatepec Yautepec, Oaxaca
Exportadores:Compañía de Mezcal Reunión, S.A. de C.V. Importación y Mercadotecnia: Reunion Mezcal Company, Inc.	"Mezcal Don Amado"	En Oaxaca: Prolongación de Magnolias #303, Col. Libertad, Oaxaca de Juárez, Oax. C.P.6800 En California: 2609 Tenth Avenue, Oakland, California 94606, USA
Del Maguey, Limited Company	"Chichicapan" "San Luis del Río" "Minero" "Sto. Domingo Albarradas"	Apartado Postal No.386 C.P.6800 Oaxaca, Oaxaca
Fábrica de Mezcal "Del Maestro" S.A. de C.V.	"Del Maestro" Ultramarine	Guerrero 1031 C.P.68000 Oaxaca, Oaxaca
Mezcal Monte Albán S.A de C.V.	"Monte Albán" "Cancún" "Bonampak"	Libertad No.5 C.P.71238 Sn. Agustín de las Juntas Oaxaca
Nacional Vinícola, S.A.	"Gusano Rojo" "Gusano de Oro"	Carret. Internacional Km. 42.5 C.P.70430 San Pablo Mitla, Oaxaca
Oaxaca Export (Comercializador)	"Ameyali", "Mixe", "Amigo", "Itzá"	Apartado Postal Amapolas No. 617-B Col. Reforma Oaxaca, Oax., México C.P. 68 050
Productos Agroindustriales de Oaxaca, S.A. de C.V. (PAOSA)	"Tehuana" "Donají"	Km.7.5 Carret. Cristóbal Colón C.P. 68258 Paraje Hda. Blanca San Pablo ETLA, Oaxaca
Complejo Agropecuario Industrial Tlacolula, S.A. de C.V. (Casa Chagoya)	"Chagoya"	Paraje el Pipe, Km.29 Carretera Oaxaca-Tlacolula
Destiladora Oaxaqueña del Mezcal, S.A. de C.V.	" Matateco"	Colón No. 1005-A, C.P.68000 Oaxaca, Oax.
El Rey Zapoteco S.A. de C.V.	"El Rey Zapoteco"	J.P. García No.300, Centro C.P.68000 Oaxaca,Oax.

Tabla 2. 4 (Continuación).

Empresa	Marca	Dirección
Mezcal Maguey Azul, S.A. de C.V.	"Maguey Azul"	Ignacio Zaragoza #14, Juchitán, Oaxaca
Fábrica de Mezcal "El Cortijo"	"El Cortijo"	Independencia 29 C.P.70440 Santiago, Mazatlán Oaxaca
Mezcal Tobalá, S.A.	"Tobalá"	20 de Noviembre No.606 Centro, 68000 Oaxaca, Oax.
Gonzalo de la Vega	"De la Vega"	Rayón No. 604, Centro C.P.68000 Oaxaca, Oaxaca
El Famoso S.A. de C.V.	"El Famoso"	J.P. García No.405, Centro, C.P. 68000 Oaxaca, Oax.
Mezcales Finos de Ocotlán	"El Criollo"	Calle Industriales No. 317, Col. Tocueta Ocotlán de Morelos, Oaxaca, C.P. 70510
Pegaso, S.A. de C.V.	"Pegaso" "Indio Mexicano"	Colon No. 1 Esquina Gómez Farías C.P.70430 Mitla, Oaxaca
Sociedad de Solidaridad Social Agave del Sur	"Don Luis" "María Sabina"	San Isidro Guixhe, San Luis Amatlán, Miahuatlán, Oaxaca. C.P. 70810

Fuente: SEDIC Oaxaca, 2005.

Estos competidores son empresas que en forma conjunta con la SEDIC y el gobierno del estado han comercializado sus productos en el extranjero; por lo que la diferencia se verá reflejada básicamente en el valor agregado que se le pueda dar al producto.

2.3.10 Comercialización

Es el conjunto de actividades relacionadas con la transferencia de bienes y servicios desde el productor hasta el consumidor. Debe existir coordinación para asegurar la disponibilidad de los productos en el momento y lugar oportuno, en los precios y en las cantidades acordadas para lograr los objetivos de mercado. Para cumplir con los objetivos de comercialización, debe disponerse de la siguiente información: distribución geográfica del mercado, forma de presentación del producto, canales de distribución disponibles, controles de distribución y mejoras de comercialización con base a innovaciones tecnológicas (Hall et al., 2006).

2.4 Fundamentos del estudio técnico.

2.4.1 Localización.

A principios de la década de los 60, la industrialización se centralizó en grandes urbes respondiendo a factores geográficos. Con base a los avances científicos y tecnológicos, el cambio de estos factores ha facilitado el establecimiento de industrias

en áreas rurales (Escutia y Monroy, 2006). El proceso de localización se vincula directamente a los elementos que conforman el espacio geográfico, además, se encuentra influenciado por los factores históricos y actuaciones humanas. Es importante considerar algunos factores y su combinación referentes a la localización de la planta, pues ello conducirá a obtener los mejores resultados en su operación. Estos factores son: situación legislativa de la entidad, condiciones socioeconómicas, zona geográfica, servicios, tipo de mano de obra, ubicación de los clientes, fuentes de abastecimiento, entre otros.

2.4.2 Información preliminar para el proyecto de construcción.

Elegido el sitio para la localización de la planta y antes de iniciar con el proyecto, deberán reunirse una serie de datos, considerando: el tamaño de mercado, la ingeniería para el proyecto, los sistemas de abastecimiento de materia prima, capacidad financiera y disponibilidad de mano de obra. Estos datos fijan las bases para el proyecto y construcción de la planta.

2.4.2.1 Ingeniería del proyecto.

Son las investigaciones técnicas referentes a la selección y determinación del proceso, determinación de equipo y maquinaria, mano de obra y finalmente la distribución de planta. En esta etapa, se aplican los principios de ingeniería a medida que se desarrolla el diseño del producto o proceso, tomando en cuenta las restricciones de presupuesto, funcionalidad, legalidad, psicológicos y sociales para lo cual requiere información de áreas como las necesidades del cliente, materiales, capital, energía, requerimientos de tiempo, habilidades humanas, entre otras, además, deben realizarse respetando normas nacionales e internacionales. (Rojas y Rojas, 2006).

2.4.2.2 Diagrama de bloques.

Este método consiste en colocar dentro de un rectángulo cada una de las operaciones unitarias ejercidas sobre la materia prima y suelen complementarse con información

como: tiempo, temperatura y volumen. Cada rectángulo se une a otro anterior y a uno posterior mediante flechas que indican la secuencia de las operaciones. Generalmente el bloque inicial del ramal principal se coloca en la parte superior derecha, al cual también se enlazan bloques de procesos secundarios.

2.4.2.3 Diagrama de flujo del proceso.

Este es un método más detallado que el anterior, en el que se emplea una simbología aceptada internacionalmente (Fernández et al., 1999). Este diagrama expresa esquemáticamente, una secuencia de eventos por medio de seis símbolos principales, como se muestran en la figura 2.2 y su descripción es la siguiente: **Operación**: indica un cambio o transformación de la materia prima, por un medio mecánico, químico, físico o combinado. **Transporte**: significa el movimiento de un sitio a otro del elemento en proceso. **Demora**: se utiliza para indicar cuellos de botella, o cuando el procesos requiere de una demora. **Almacenamiento**: bien sea para retener la materia prima, en proceso o producto terminado. **Inspección**: se presenta para controlar que la operación se realice correctamente, ya sea, por calidad, seguridad u otro factor. **Operación combinada**: Se emplea cuando se efectúan simultáneamente dos operaciones.

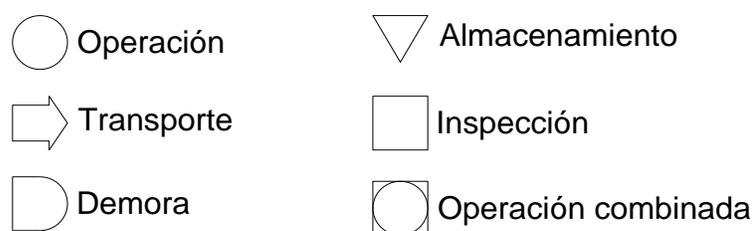


Figura 2. 2 Simbología de diagrama de flujo.

2.4.3 Balances de masa y energía.

La finalidad de los balances de masa y energía es cuantificar los materiales que entran y salen en un proceso productivo al exponerse al fenómeno de su transformación. Dicho balance se desarrolla para lograr un adecuado planteamiento y control de la producción, control de rendimiento de la materia prima y eficiencia de la

maquinaria empleada, así como la demanda energética necesaria para su transformación.

Cantidad de calor y flujo de vapor en la cocción. Como ya se ha mencionado, la fase inicial del proceso de elaboración de mezcal es la cocción, por lo tanto es necesario determinar la cantidad de calor q_C demandante, esta se obtiene mediante la ecuación (2.10),

$$q_C = \frac{m_a C_{p_a} \Delta T_a}{t_C}, \quad (2.10)$$

donde m_a es la cantidad en masa del producto a cocer; C_{p_a} su calor específico; ΔT_a su diferencia de temperaturas entre la de cocción y la inicial del producto, y t_C el tiempo requerido para la cocción. Por lo tanto, el flujo de vapor requerido para esta cantidad de calor se obtiene de la siguiente manera:

$$\dot{m}_{vC} = \frac{q_C}{h_{fg}}, \quad (2.11)$$

donde h_{fg} es el calor latente del vapor saturado, y se toma de la tabla A-1 del anexo, a la temperatura del vapor.

Cantidad de calor y flujo de vapor en la evaporación. Para una mezcla con calores de disolución depreciables, los balances de entalpía se calculan a partir de los calores específicos y las temperaturas de las soluciones. La velocidad de la transferencia de calor del lado del mosto se determina por la ecuación (2.12)

$$q = q_M + q_v, \quad (2.12)$$

donde q es la velocidad de transferencia de calor del lado del mosto, q_M el calor transferido hacia el mosto necesario para variar su temperatura desde T_M hasta la temperatura de ebullición T , y q_v el calor necesario para realizar la evaporación. Si

el calor específico del mosto se considera constante en el intervalo de temperatura comprendido entre T_M y T se tiene

$$q_M = \dot{m}_M c_{pM} T - T_M, \quad (2.13)$$

y

$$q_v = \dot{m}_M - \dot{m} \lambda, \quad (2.14)$$

donde \dot{m}_M es la velocidad de flujo de la alimentación, \dot{m} la velocidad de flujo de vapor del concentrado, c_{pM} el calor específico del mosto y λ el calor latente de vaporización del agua a la presión del espacio del vapor.

Sustituyendo las ecuaciones (2.13) y (2.14) en (2.12) se tiene:

$$q = \dot{m}_M c_{pM} T - T_M + \dot{m}_M - \dot{m} \lambda \quad (2.15)$$

El balance de entalpía para el lado del vapor es

$$q_s = q = \dot{m}_{vE} \lambda_v, \quad (2.16)$$

donde q_v es el calor transferido desde el vapor de calentamiento hacia el mosto, \dot{m}_{vE} el flujo másico del vapor y λ_v es el calor latente de condensación del vapor de agua.

2.4.4 Selección de maquinaria.

Una vez conocidas las operaciones y la capacidad de producción para la transformación de la materia prima, se procede a la selección de los equipos, ya sea, que seleccionen de acuerdo a las capacidades disponibles en el mercado, o que se diseñen según las necesidades. Existen en el mercado equipos de gran tamaño estandarizados y por su complejidad en su construcción es preferible adquirirlos con los fabricantes; estos equipos comúnmente llamados equipos clave, se seleccionan de acuerdo a la capacidad demandada en la planta tomando el equipo estándar superior inmediato a lo demandado.

2.4.5 Mano de obra necesaria.

La mano de obra requerida en el área de producción está en función del grado de automatización del equipo instalado, del número de empleados que se necesitan para la operación segura de máquinas manuales y de la productividad de la mano de obra disponible. Debido a la diversidad y particularidad de los sistemas productivos, no se cuenta con un método general para la cuantificación de la mano de obra requerida.

2.4.6 Cantidad de equipo comprado.

Deben analizarse los factores de carácter técnico indispensables para llevar a cabo la producción. Por lo tanto, se debe seleccionar y determinar el número de máquinas, en función del volumen total a producir, de la cantidad de horas de trabajo y de la tasa de productividad y utilización de las máquinas. Este análisis justifica la cantidad de equipo que se ha de adquirir para el proceso.

Tabla 2. 5 Códigos de cercanía.

Rango	Aproximaciones
A	Absolutamente importante
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Normal
U	Sin importancia
X	Indeseable

2.4.7 Distribución de la planta.

La distribución de la planta tiene la finalidad de ubicar las áreas de trabajo en el terreno, de manera tal que se minimicen los recorridos de materiales y que exista la seguridad y se propicie la productividad de los trabajadores. La dinámica del flujo de trabajo de una planta es compleja, ya que cada área interacciona con muchas otras; para realizar la distribución de la planta, se utilizó el método de distribuciones de la planta o SLP (Systematic Layout Planning) (Baca, 2006). Consiste en obtener un diagrama de relación de actividades, el cual está construido con dos códigos; el primero es un código de cercanía, que está representado por letras, donde cada letra

representa la necesidad de que dos áreas estén ubicadas cerca o lejos una de otra. El segundo código es de razones representado por números, cada número representa el porqué se decide que esta área este cerca o lejos de otra, los códigos se presenta en la tablas 2.5 y 2.6.

Tabla 2. 6 Código de razones.

Código	Razones
1	Movimiento de materiales
2	Comparten personal
3	Por control
4	Peligro de accidentes
5	Demora
6	Por conveniencia
7	Por seguridad
8	No Hay relación

2.5 Fundamentos del estudio financiero.

2.5.1 Determinación de costos.

El estudio económico se realiza con la finalidad de adquirir los elementos para tomar una decisión en cuanto a la factibilidad del proyecto, pues, el éxito económico de un proyecto se determina considerando la relación entre el insumo y el producto a largo plazo. La evaluación de los costos incluye la valoración de la construcción de la planta para producir un producto o una línea de productos. Por esta razón, es importante, que se genere la estimación de costos de forma preliminar tan pronto como sea posible, enseguida, deben refinarse dichos insumos conforme la fase de construcción es alcanzada (Haik, 2003). Para facilitar los cálculos en el estudio económico se establece la siguiente clasificación de los costos involucrados en la operación de la empresa.

2.5.1.1 Costos variables.

Los costos variables o de producción están en función de las operaciones de la empresa y se mueven en la misma dirección del nivel de producción. Los costos variables más importantes a considerar son: costos de materia prima, mano de obra

directa y de fabricación como agua, combustible y electricidad. Si se decide aumentar el volumen de producción significa un incremento en la materia prima, al igual que la cantidad de obreros, por lo tanto, los costos variables tienden a variar con la producción (Moreno y Ramos, 2007)

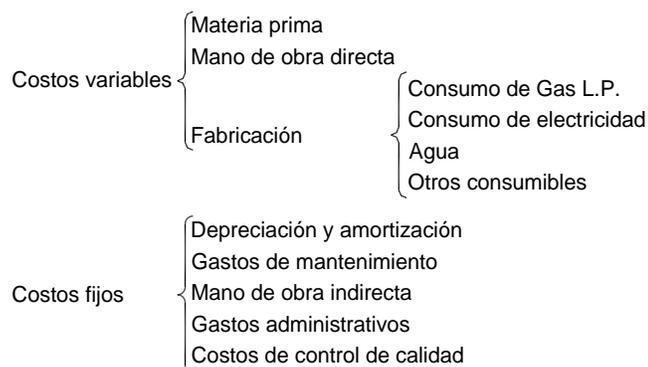


Figura 2. 3 Clasificación de los costos.

2.5.1.2 Costos fijos

Los costos fijos son los necesarios que incurren en la empresa para iniciar las operaciones. Se llaman así, porque se mantienen constantes a diferentes niveles de producción, aún, si la empresa no se encuentra produciendo. Estos costos son los siguientes: depreciación y amortización de la maquinaria y equipo, gastos de mantenimiento, mano de obra indirecta, gastos por ventas, impuestos y seguros, gastos administrativos, costos de calidad y certificación (Moreno et al., 2007).

Depreciación y amortización. La depreciación y amortización son gastos virtuales que transcurren con el tiempo afectando los activos tangibles como la maquinaria o edificio, ocasionando la disminución de su valor originado por el deterioro físico y el desgaste por uso. La disminución de valor originada por causas económicas se denomina obsolescencia. La depreciación solo se aplica al activo fijo, ya que estos bienes, con el tiempo, su valor disminuye. En tanto que la amortización indica la cantidad de dinero que se ha recuperado de la inversión inicial con el paso del tiempo. Los cargos anuales se calculan con base en los porcentajes de depreciación impuestos por las leyes.

Gastos por mantenimiento. Los costos por mantenimiento de la planta consisten en revisión periódica de los equipos mecánicos y eléctricos, y en general de todas las máquinas que lo requieran. Los equipos que requieren servicio de mantenimiento externo ya sea por su complejidad, demandan un costo de 4% anual con respecto a su valor de adquisición.

Costos de mano de obra indirecta. Comprende los salarios de los técnicos y encargados de la supervisión y control de producción, así como del mantenimiento general de la empresa y los servicios de limpieza.

Gastos administrativos. Comprende los gastos relacionados a los sueldos y salarios del personal de dirección, organización y administración de la planta, así como los gastos generados por estos departamentos, tales como: viáticos, servicios telefónicos, papelería, publicidad y útiles de aseo. También se consideran los gastos generados por el Seguro Social, cuotas al INFONAVIT y las demás prestaciones que por ley le corresponden a los empleados.

2.5.2 Análisis de punto de equilibrio.

El análisis de punto de equilibrio, también llamado costo-utilidad (Haik, 2003), es una técnica analítica para estudiar las relaciones entre los costos, ingresos y beneficios. Este análisis se puede calcular de forma gráfica o en forma matemática, como a continuación se describe:

$$Q_E = \frac{CF}{PU - C_v} \quad \dots \dots \dots (2.16)$$

donde: Q_E es la abscisa del punto de equilibrio; CF costo fijo; C_v costo variable por unidad, y PU precio por unidad vendida.

2.5.3 Determinación del capital de trabajo.

El capital de trabajo es la inversión adicional líquida que deberá aportarse para que la empresa inicie sus operaciones; también conocido como activo circulante menos

pasivo circulante. El activo circulante lo forman los rubros valores e inversiones, inventarios y cuentas por cobrar; en tanto que el pasivo circulante lo constituyen los rubros de sueldos y salarios, proveedores, impuestos e intereses.

2.5.3.1 Activo circulante.

Representa el capital de trabajo de corta vida de la empresa, el cual puede ser recuperado en dinero en un plazo no mayor a un año. Dicho de otra forma, son los créditos que otorga la empresa a sus clientes o el efectivo que tenga en cuentas bancarias.

Valores e inversiones. Al inicio de las operaciones, la empresa debe contar con el capital necesario para mantener los sueldos de los trabajadores y los gastos de fabricación equivalentes a un mes, esto se debe a que como se trata de una empresa nueva, no genera los ingresos suficientes para solventar estos gastos.

Inventarios. Puesto que se pretende vender toda la producción antes del mes, esto generará ingresos para adquirir nuevamente la materia prima. Sin embargo, debe preverse un capital destinado a la adquisición de la materia prima, en caso de que el volumen producido de mezcal se llegara a dar a crédito, además de contar con el capital para la compra de materia prima en el inicio de sus operaciones.

2.5.3.2 Pasivo circulante.

El pasivo circulante incluye las deudas que la empresa debe pagar en un corto plazo, los cuales pueden ser créditos bancarios o créditos a proveedores. Baca, (2006) menciona que un criterio adecuado para calcular la cantidad recomendable para solicitar un crédito a corto plazo y cubrir una parte de la inversión necesaria en capital de trabajo, es emplear el valor de la tasa circulante, la cual se expresa como:

$$TC = \text{Tasa circulante} = \frac{\text{Activo circulante}}{\text{Pasivo circulante}} \quad (2.17)$$

Este mismo autor dice que el valor promedio de esta tasa en la industria es de $TC=2.5$, lo que indica que por cada 2.5 unidades monetarias invertidas en activo circulante, es conveniente deber o financiar una, sin que se afecte significativamente la posición de la empresa, sin embargo, para una evaluación de proyecto es aconsejable utilizar $TC=3$.

2.5.4 Inversión inicial en activo fijo y diferido.

Las inversiones en activo fijo y diferido son las comprendidas por los costos de adquisición del terreno, obra civil, maquinaria, equipo de oficina, costos por planeación e integración, ingeniería, supervisión y administración del proyecto.

2.5.5 Financiamiento de la inversión.

El financiamiento de la inversión ha de solventarse en anualidades iguales (ecuación 2.18), las cuales están en función al crédito solicitado, las anualidades y el interés establecido por el crediticio.

$$A=P \left[\frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2.18)$$

Donde A son las anualidades; P el crédito solicitado; i el interés y n el plazo a pagar.

2.5.6 Balance general.

Al concluir el año fiscal, se realizará el balance general de la empresa para determinar las pertenencias de la empresa en activo, pasivo o capital. El activo, significa la pertenencia de material o inmaterial que tiene la empresa; el pasivo, son las obligaciones o deudas que se tengan con terceros; y el capital, son los activos representados en dinero o en títulos de propiedad pertenecientes a los accionistas o propietarios directos de la empresa, y se relacionan con la ecuación (2.19).

$$\text{Activo}=\text{Pasivo}+\text{Capital} \quad (2.19)$$

2.5.7 Resultados pro-forma.

Los estados de resultado proforma, son los estados financieros proyectados normalmente a un año de anticipación. Estos estados son la base para calcular los flujos netos de efectivo (FNE) utilizados para realizar la evaluación económica del proyecto. En este trabajo se mencionan tres estados de resultados los cuales son:

Sin inflación, sin financiamiento y producción constante: Este resultado es el obtenido en el tiempo cero, como la producción es constante, se considera que los flujos netos de efectivo son repetitivos cada fin de año fiscal durante el período de análisis.

Con inflación, sin financiamiento, y con producción constante: Este resultado debe contener la alza en los costos y egresos, ya que los costos y los flujos netos efectivos se verían afectados por la inflación, por lo tanto, no son los mismos que los ingresos sin inflación.

Con inflación, financiamiento y producción constante: En el estado de resultados, se considera el financiamiento que se haya solicitado y que será pagado en la forma en que se describió en el subcapítulo 2.5.5 (financiamiento de la inversión). Este estado se construye tomando en cuenta una inflación del 4% para los ingresos y costos. El dato real pronosticado para el índice de precios y cotizaciones (IPyC) hacia finales del 2008, es una inflación que se estima en 3.71% (Ponce, 2007).

2.5.8 Valor presente neto (VPN).

El valor presente neto es un valor monetario que resulta de restar a la inversión inicial la suma de los flujos descontados. Para realizar cálculos y pasar el dinero de un valor presente a un valor futuro, se emplea el interés o crecimiento de dinero i . El proyecto se rechaza si las ganancias son menores que los desembolsos y por lo tanto, el VPN será menor que cero. De cumplirse que $VPN > 0$, no importa que tan grande sea éste

valor, solo será referencia de la ganancia extra después de ganar la tasa mínima aceptable de rendimiento (*TMAR*) aplicada a lo largo del período considerado. La ecuación para calcular el VPN para el período dado, es la siguiente (2.20).

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n + VS}{(1+i)^n} \quad (2.20)$$

donde P es el crédito solicitado; FNE el flujo neto de efectivo; i tasa mínima aceptable de rendimiento mixta, y n número de períodos.

La tasa mínima aceptable de rendimiento mixta se determina empleando la inversión inicial, el financiamiento, la inversión total, la tasa de inflación, y se relacionan con la ecuación (2.21)

$$TMAR_{mixta} = \frac{F}{I} i_f + \frac{I_i}{I} i_{I_i} \quad (2.21)$$

donde I es la inversión total del proyecto; F el financiamiento otorgado por una institución bancaria; I_i la inversión inicial; i_f la tasa de interés del financiamiento, e i_{I_i} la tasa de interés de la inversión inicial.

2.5.9 Tasa interna de rendimiento (*TIR*).

La *TIR* es la tasa interna de rendimiento, con la cual el valor presente neto de los flujos del proyecto es igual a cero. La *TIR* se compara con la *TMAR*, obtenida en función del costo de capital y del nivel de riesgo de la empresa. Si los flujos de efectivo acumulados son iguales a cero, indican el inicio de la vida económica, por lo tanto, la inversión inicial es recuperada en su totalidad. Esta medida de rentabilidad es la más sencilla, nos da una idea de la rentabilidad fácil de entender, aunque no considera el valor del dinero en el tiempo. Sin embargo, sus consideraciones teóricas son complejas, su variabilidad es muy alta, y por lo tanto sus premisas deben ser estimadas con mucha precisión. Entonces, la *TIR* es una medida de la rentabilidad del

proyecto, y se define como la tasa que iguala la suma de los flujos descontados con la inversión inicial, y por lo tanto, el *VPN* es igual a cero. Por esta razón, la ecuación (2.20) toma la forma siguiente:

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n + VS}{(1+i)^n} \quad (2.22)$$

El criterio de valoración del proyecto, es que si ésta es mayor que la tasa de corte, el negocio se acepta. La evaluación del proyecto de acuerdo con técnica utilizada es como se indica en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Criterio de aceptación o rechazo.

Técnica	Aceptación	Rechazo
VPN	≥ 0	< 0
TIR	$\geq TMAR$	$< TMAR$

2.5.10 Tasa mínima aceptable de rendimiento.

Antes de realizar una inversión, se tiene en mente obtener ganancias mínimas sobre la inversión, a esta ganancia se le conoce como tasa mínima aceptable de rendimiento (*TMAR*) y se define como:

$$TMAR = i + f + (i * f) \quad (2.23)$$

Donde *i* es premio al riesgo y varía entre 10 a 12%, y *f* la inflación 4%.

Esto quiere decir que la *TMAR* debe calcularse sumando dos factores: el primero, es la ganancia que compense los efectos inflacionarios, y el segundo, debe ser un premio por arriesgar el dinero en dicha inversión.

2.6 Sumario.

En este capítulo se describieron los fundamentos teóricos referentes a la ingeniería básica, constituida por los estudios de mercado, técnico y financiero, con los cuales y

de acuerdo a la demanda de mezcal pronosticada, en el siguiente capítulo, se realice la mejor selección de la ubicación, maquinaria, recurso humano, además de la disposición de materia prima e insumos con la finalidad de obtener la rentabilidad, en función a la productividad del equipo comprado.

CAPÍTULO III. Metodología.

Este trabajo inició con la recopilación y análisis de la información bibliográfica existente. Además se realizaron visitas de campo en las diversas fabricas productoras de mezcal destacando por las facilidades brindadas para observar el proceso de elaboración, la Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI, la cual nos permitió identificar los niveles tecnificación, además de observar las deficiencias y la problemática existente. Posteriormente se llevó a cabo una revisión de estudios técnicos especializados en el sector mezcalero, debido a la insuficiencia se recurrió a los parámetros que permitieron la tecnificación del tequila, además del discernimiento de la norma NOM-070-SCFI-1994, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones donde se aborda la denominación de origen del “mezcal” y los diferentes tipos de agaves empleados para su fabricación.

Consecuentemente, en la etapa dos, se formuló un proyecto de inversión el cual se compone de tres sub-etapas que consisten en los estudios de mercado, técnico y financiero. El estudio de mercado consistió en realizar un análisis de la demanda histórica del mezcal acotando el período de 1994 a 2002. Debido a la carencia de datos actuales se llevo a cabo una proyección de la demanda abarcando el período 2003 a 2015. En seguida se hizo un análisis de la oferta existente por los productores de mezcal correlacionándola con la proyección realizada en la demanda para identificar la satisfacción de los consumidores, además de realizar un análisis de precios históricos con el objeto de determinar el costo del producto.

Subsecuentemente, se analizaron los canales de distribución con los cuales se garantice el abasto del producto. Además, el estudio técnico consistió en determinar las condiciones idóneas donde se puede instalar la planta productora, considerando indicadores como disponibilidad de materia prima y logística para la distribución. Asimismo, se establecieron las capacidades de los equipos para la eficiencia del proceso productivo, al mismo tiempo se diseño la correcta distribución de planta. Del igual modo, en la tercera etapa se llevó a cabo el estudio financiero, consistiendo en

un análisis de costo y el establecimiento de punto de equilibrio, con una tasa interna de retorno para evaluar la rentabilidad de la inversión.

Finalmente en la cuarta etapa se llevó a cabo una discusión y discernimiento de los resultados, los cuales permitirán efectuar recomendaciones para futuros trabajos.

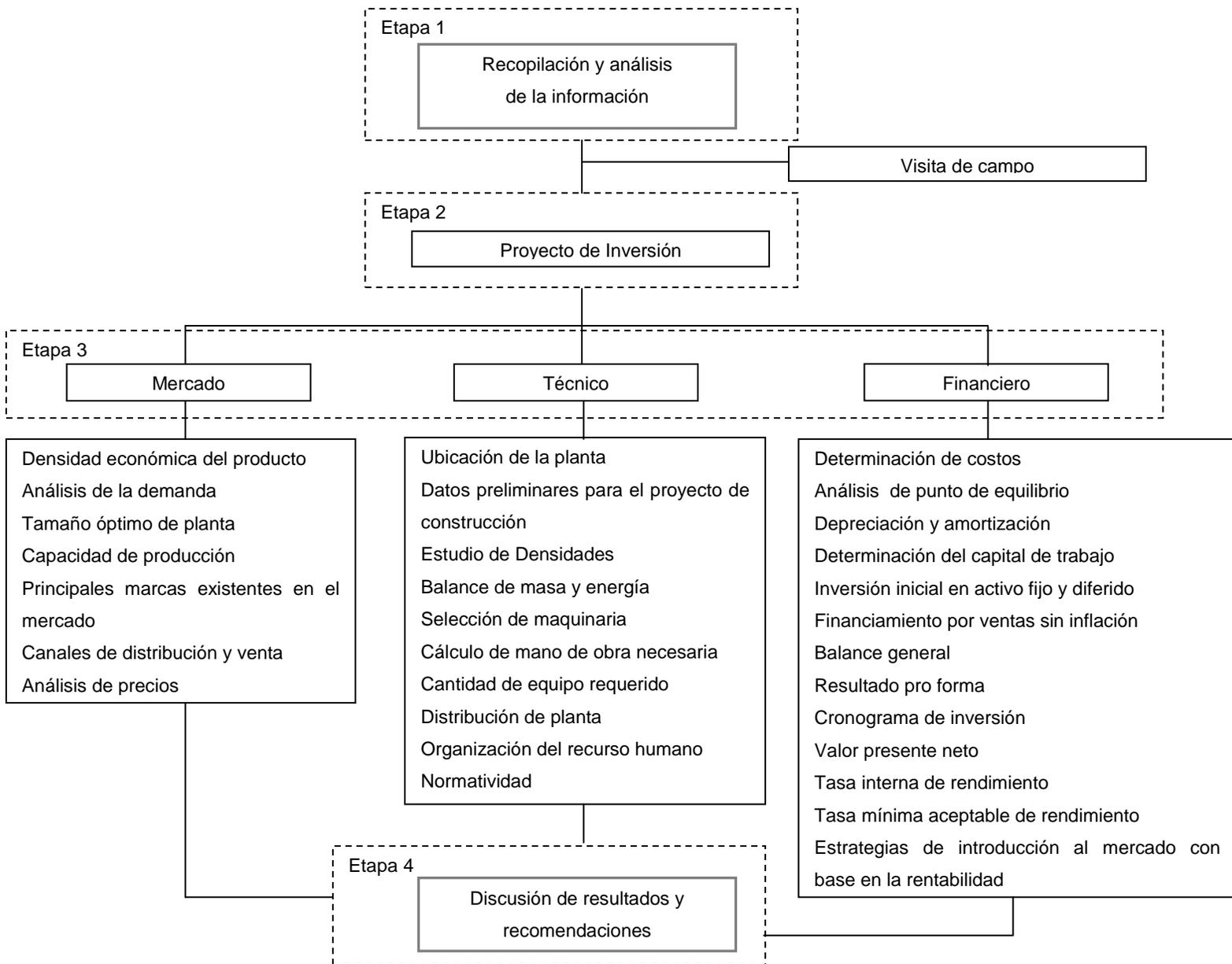


Figura 3. 1 Diagrama metodológico

CAPÍTULO IV. Desarrollo de la ingeniería básica.

Por medio del proyecto ejecutivo, la ingeniería básica integra los estudios de mercado, técnico y financiero. El desarrollo de los procedimientos permitió medir cuantitativamente y cualitativamente del proyecto se presenta a continuación con base a las determinaciones realizadas en el caso de estudio.

4.1 Estudio de mercado.

4.1.1 Determinación de la demanda insatisfecha.

Para la determinación de la demanda se recurrió a fuentes secundarias, las cuales fueron conformadas por: datos estadísticos obtenidos de los informes de gobierno, de la Secretaría de Economía, la SEDIC, el COMERCAM, la SAGARPA entre otras.

4.1.1.1 Demanda pesimista.

Con base en los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2005), se determinó el rango de 20 y 64 años de edad que posee la población estatal equivalente al 1.659 millones de habitantes. Presentando un crecimiento quinquenal del 14.9%, proyectándose para el 2015 una población de 2190213 habitantes, además del consumo local per cápita de 1.62 litros al año (inciso 2.3.4.3), la demanda insatisfecha fue la citada de 300 mil litros de mezcal anual (tabla 4.1).

Tabla 4. 1 Demanda de mezcal local anual.

Año	Población	Consumo estatal de mezcal en litros
2005	1 659 000	2 687 580
2010	1 906 191	3 088 029
2015	2 190 213	3 548 146

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2005, y del diagnóstico de la cadena productiva, 2004.

Posteriormente se utilizó como referencia el consumo local per cápita, además de considerar que la demanda del mezcal en el mercado nacional y de exportación se mantiene en los porcentajes mencionados en el inciso 2.3.4.4, elaborándose una

estimación de demanda pesimista proyectada al 2015 (tabla 4.2), identificando un crecimiento del 32% con respecto al 2005.

Tabla 4. 2 Demanda pesimista del mezcal.

Año	Demanda pesimista de mezcal en miles de litros			
	Estatal	Nacional	Exportación	Total
2005	2687580	3284424	5893691	11865695
2006	2762896	3376467	6058855	12198218
2007	2840599	3471426	6229253	12541278
2008	2920689	3569301	6404885	12894875
2009	3003166	3670094	6585750	13259010
2010	3088029	3773803	6771850	13633682
2011	3175279	3880429	6963183	14018892
2012	3264916	3989972	7159751	14414639
2013	3356939	4102431	7361552	14820923
2014	3451349	4217808	7568588	15237745
2015	3548146	4336101	7780857	15665104

Fuente: Elaboración propia, con datos del INEGI, 2005 y el Diagnóstico de la cadena productiva, 2004.

4.1.1.2 Pronóstico de la oferta.

Con los datos históricos de la oferta (tabla 2.2) y empleando el método numérico Holt-Winters, se obtuvo el pronóstico de la oferta para el período de 2006 a 2015 (tabla 4.3); las constantes subjetivamente seleccionadas, U y V , fueron 0.9 y 0.55 respectivamente.

Tabla 4. 3 Cálculo de los valores suavizados y de tendencia.

Año	i	Oferta histórica miles de litros	Valor suavizado ϵ_i	Tendencia T_i
2005	12	8000	12635.3	126.9

Utilizando $\epsilon_{12} = 12635.3$ y $T_{12} = 126.9$, los últimos estimados: valor suavizado y la tendencia actual, se elaboró el pronóstico para los años 2006 al 2015 mediante la ecuación 2.9. Estos datos tabularon en la tabla 4.4 y se graficaron en la figura 4.1, en esta última se observa la oferta histórica y la suavización para los años de 1994 a 2005. En dicha figura no se aprecia gran crecimiento de la oferta para el periodo 2006 a 2015.

Tabla 4. 4 Cálculo del valor pronóstico a siete años en el futuro.

Año	n	\hat{Y}_{n+j}
2005	12	12 635.3
2006	1	11 952.1
2007	2	12 008.5
2008	3	12 064.9
2009	4	12 121.3
2010	5	12 177.7
2011	6	12 234.1
2012	7	12 290.5
2013	8	12 346.9
2014	9	12 403.3
2015	10	12 459.7

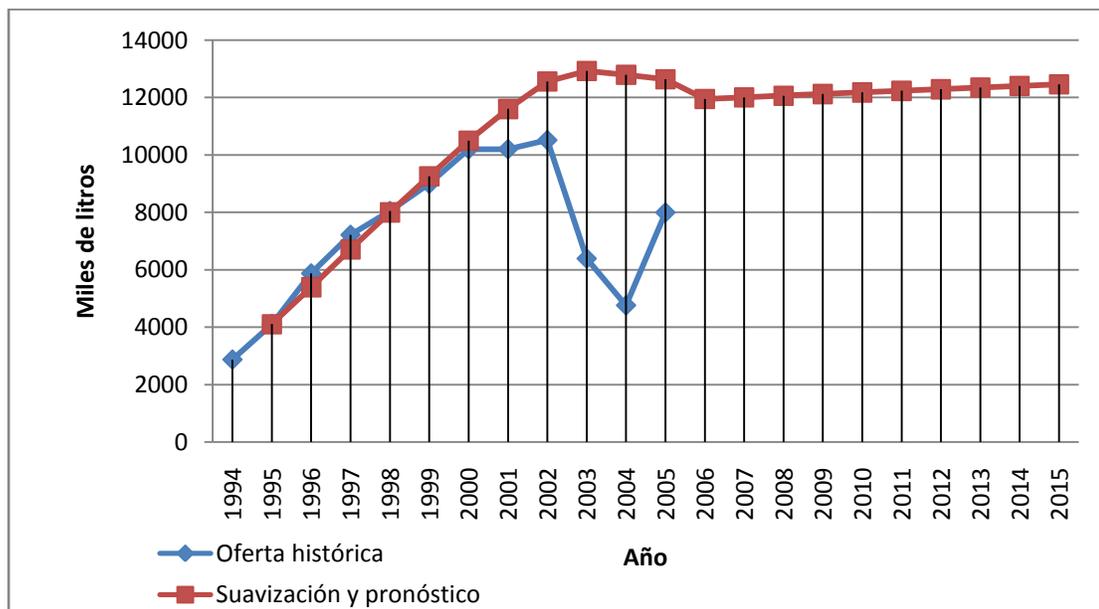


Figura 4. 1 Gráfica que muestra la suavización y pronóstico de la oferta.

4.1.1.3 Pronóstico de la demanda insatisfecha.

El resultado de la demanda insatisfecha del mezcal, consistió en comparar la demanda pesimista con el pronóstico de la oferta a siete años (tablas 4.2 y 4.4). Con estos datos se determinó que anualmente habrá de satisfacerse una demanda de 300 mil litros de mezcal (tabla 4.5).

Tabla 4. 5 Comparación de oferta y demanda.

Año	Miles de litros		
	Demanda pesimista	Pronóstico de la oferta	Demanda insatisfecha
2006	12 198.2	11 952.1	246.10
2007	12 541.3	12 008.5	532.80
2008	12 894.9	12 064.9	830.00
2009	13 259.0	12 121.3	1137.70
2010	13 633.7	12 177.7	1456.00
2011	14 018.9	12 234.1	1784.80
2012	14 414.6	12 290.5	2124.10
2013	14 820.9	12 346.9	2474.00
2014	15 237.7	12 403.3	2834.40
2015	15 665.1	12 459.7	3205.40

4.1.2 Tamaño óptimo de la planta.

A través del pronóstico de la demanda insatisfecha se obtuvo la capacidad de la planta, por tanto, considerando esta demanda, la producción diaria se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\frac{300\,000 \text{ litros/año}}{312 \text{ días/año}} = 961.5 \text{ litros / día .}$$

Estableciendo la cantidad de agave empleado para producir este volumen de mezcal, tomando en cuenta que el rendimiento de agave mediante el proceso tecnificado es de 7.5 kg de agave por litro de mezcal. De esta manera se determinó que dicha producción requiere de 7 211 kg de agave al día.

4.1.3 Canales de distribución y venta.

Para satisfacer las necesidades de consumo del mercado se contemplo la comercialización de mezcal a granel, mediante dos tipos de distribución. La venta directa al público y mediante intermediarios. La comercialización del producto final debe de ser mediante su embazado, esto permite la interacción del intermediario y el productor primario al simplificar y participar en el proceso de venta, a fin de apropiarse de una parte del valor que se genera en el mismo como se muestra en la figura 4.2. La mayoría de los productores de mezcal venden su producto a acopiadores quienes

lo envasan y comercializan, ya sea directo al público, en tiendas de autoservicio, bares, restaurantes o vinaterías. El envasador por lo regular exporta el producto y el importador lo distribuye además de comercializarlo. Por otra parte, hay que tener en cuenta que muchas empresas beneficiadoras cuentan con su propia infraestructura de distribución, por lo que se requiere un mayor impulso para que el productor pueda ser partícipe directo de los beneficios económicos que se generan en el proceso.

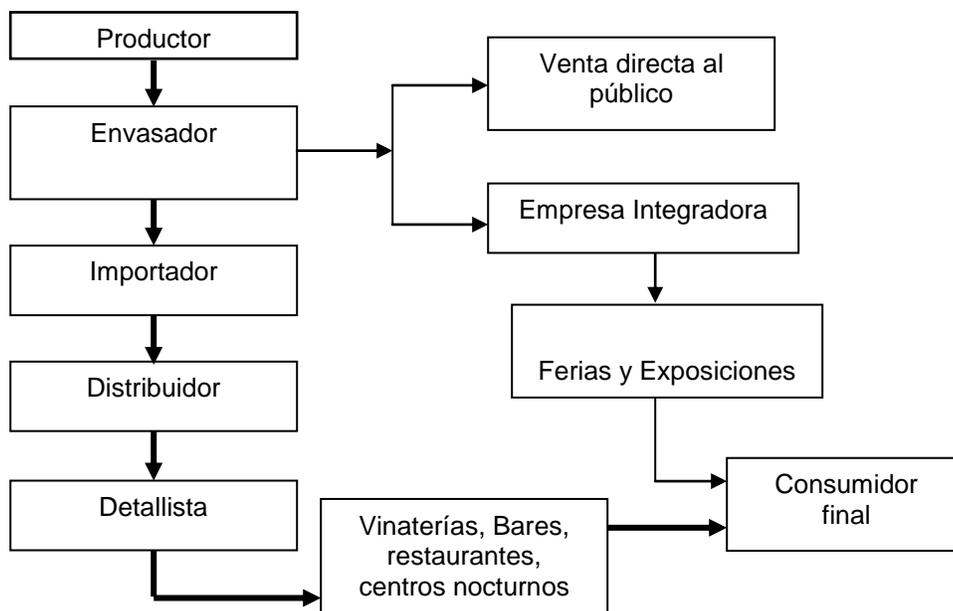


Figura 4. 2 Canales de distribución.

4.1.4 Pronóstico del precio.

El pronóstico del precio por litro de mezcal para el período del 2006 al 2015, se determinó con el método de los mínimos cuadrados. Una vez resueltas las ecuaciones 2.2, 2.3 y 2.4 se obtuvo la proyección del precio en pesos por litro de mezcal.

4.1.5 Materia prima disponible.

Para satisfacer las exigencias del mercado existente, el sector mezcalero demanda 2250 toneladas de agave anual. De acuerdo con la tabla 4.6, la producción promedio de maguey anual desde 1999 a 2006, es de 217478 toneladas, lo que indica que se

cuenta con materia prima suficiente, para satisfacer los requerimientos en materia prima que los productores de mezcal requieren.

Tabla 4. 6 Producción histórica de agave.

Año	Superficie cultivada [Ha]	Superficie cosechada [Ha]	Rendimiento [tn/Ha]	Producción [tn]
1999	3580	3220	67.45	217200
2000	10500	3300	62.27	205500
2001	9100	3600	61.50	221400
2002	13210	3900	63.00	245700
2003	6800	4700	63.85	300100
2004	14415	2205	62.31	137400
2005	16043	3068	61.94	190030
2006	16185	3486	63.82	222500

Fuente: SAGARPA, 2007

4.2 Estudio técnico.

4.2.1 Ubicación de la planta.

La región geográfica denominada *región del mezcal* definida en el capítulo I cuenta con una red de comunicación de carreteras pavimentadas, caminos revestidos y caminos de terracería, así como la carretera panamericana, que cruza a lo largo de ésta zona y la comunica con la Cd. de Oaxaca, en donde se conecta con la red de carreteras que unen a las siete regiones del estado, teniendo acceso al aeropuerto Internacional de la Ciudad de Oaxaca (figura 4.3), esto permite que el establecimiento de una fábrica tecnificada de mezcal en el estado cuente con una red de comunicación terrestre y marítima, la cual minimice los tiempos de entrega.

Mediante las estrategias logísticas de comunicación se delimitó la ubicación de la planta mezcalera para el presente caso de estudio, la cual se encuentra localizada en el municipio de San Pablo Villa de Mitla perteneciente al distrito de Tlacolula, Oaxaca, dentro de la región de los Valles Centrales, a 46 kilómetros de la capital Oaxaqueña. Teniendo una extensión aproximada de 82.93 km², lo que representa el 0.09% del total estatal. Ubicándose en las coordenadas 16°55' de latitud Norte y 96°22' de longitud Oeste, a una altitud de 1680 metros sobre el nivel del mar. Colinda al Norte con los Municipios de Villa de Díaz Ordáz y Santo Domingo Albarradas; al Sur con

Tlacolula de Matamoros; al Oeste con Tlacolula de Matamoros y Villa de Díaz Ordáz; al Este con los Municipio de Santo Domingo Albarradas y San Lorenzo Albarradas.

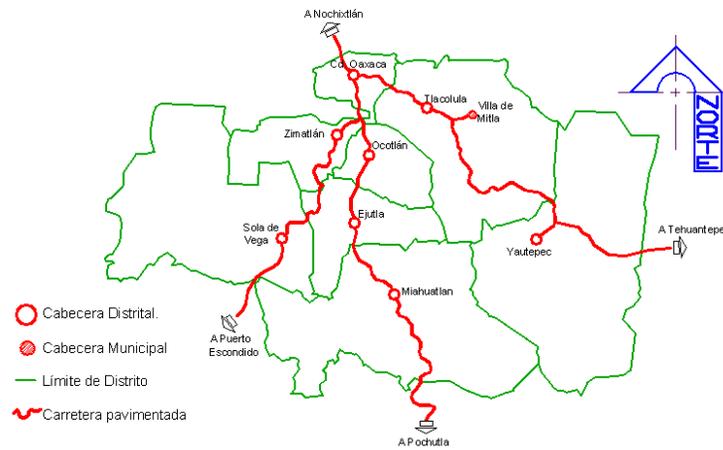


Figura 4. 3 Red de carreteras en la región del mezcal.

Fuente: García, A. (n. d.). Planos de los distritos de Oaxaca.

La carretera Panamericana pasa por la orilla de este municipio por el poniente a cuatro kilómetros de la cabecera municipal y cerca del límite con el municipio de Tlacolula; por el Poniente, conduce a la ciudad de Oaxaca, y al Sur, hacia el Istmo de Tehuantepec. A esta se entroncan las carreteras que conducen a Mitla y a la Sierra Mixe, esta última atraviesa el municipio de Mitla rodeando la mancha urbana.

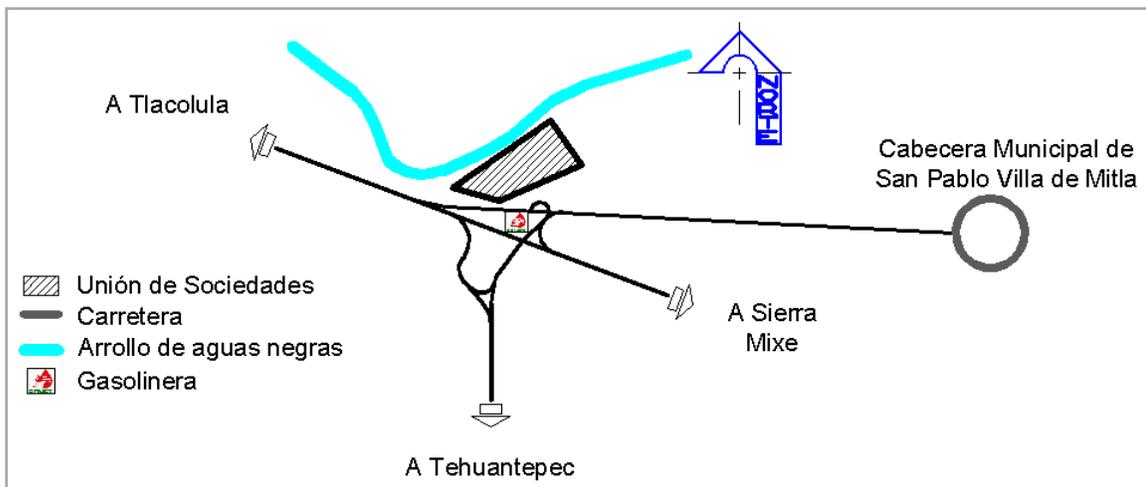


Figura 4. 4 Croquis de localización de la planta.

La planta productora de mezcal propuesta (figura 4.4), tiene su domicilio en Carretera internacional 195, kilómetro 47.5, en el entronque a San Pablo Villa de Mitla dentro de la *región del mezcal*, por tal razón cumple con lo especificado en la NOM-070-SCFI-1994, en lo que respecta a la elaboración de un producto de origen y porque dentro de esta se cuenta con la disponibilidad de materia prima. En lo que concierna a la localización de la planta dentro de esta zona, se pueden cuantificar las alternativas con el fin de valorar la posición que tiene la propiedad de la empresa en San Pablo Villa de Mitla. Para realizar una evaluación más objetiva se presenta el siguiente cuadro de jerarquización utilizando una escala de 1 a 10. Como se observa en la tabla 4.7, de los distritos que constituyen la región del mezcal, el distrito de Tlacolula, al cual pertenece el municipio de Mitla, tiene un mayor puntaje con respecto a la localización de la planta, porque por ser un municipio turístico, se coloca en un mercado local demandado por los visitantes, además de contar con un amplio inventario magueyero y mano de obra calificada, superior a la de los otros distritos considerados en la región del mezcal. Por esta razón la mejor ubicación para la instalación de la planta se considera en este distrito.

Tabla 4. 7 Jerarquización de las alternativas de localización.

Factores	Distritos						
	Ejutla	Miahuatlán	Ocotlán	Sola de vega	Tlacolula	Yautepec	Zimatlán
Ubicación de los mercados de consumo	5	5	6	5	7	5	6
Disponibilidad de mano de obra calificada	3	3	6	3	7	5	5
Abastecimiento de energía eléctrica	8	8	8	8	8	8	8
Abastecimiento de combustible	6	6	8	5	9	5	7
Industrias conexas y servicios auxiliares	1	1	3	1	4	1	2
Proximidad de las fuentes de materia prima	9	9	8	6	9	10	8
Totales	32	32	39	28	44	34	36

4.2.2 Descripción del proceso productivo industrial.

Mediante la descripción del proceso de elaboración del mezcal en forma artesanal y tecnificada, se analizaron las diferencias en los sistemas, adoptándose para su mejora las operaciones que garantizan mayor eficiencia durante el ciclo de transformación de la materia prima, además del desarrollo de las actividades

específicas que intervienen en cada una de las fases del proceso, las cuales se definen a continuación:

- a) **Recepción de materia prima.** La materia prima se recibe en la planta, inspeccionando visualmente su edad y calidad, enseguida se pesa para el control de inventario y del proceso de producción de mezcal, finalmente se almacena en lotes de 7211 kg cuidando que la materia no permanezca por más de cinco días en almacén.
- b) **Preparación de materia previa a la cocción.** Este es el inicio del proceso productivo, el cual consiste en el seccionado de un lote de piñas en trozos de un decímetro cúbico, mediante el uso de partidoras neumáticas; las piñas seccionadas se desfibran en rebanadoras mecánicas, con la finalidad de reducir el tiempo de cocción y facilitar la extracción de jugos en la fase de molienda. Las fibras de agave son trasladadas al autoclave por medio de una banda transportadora. Estas tres actividades se realizan simultáneamente con la finalidad de disminuir el tiempo del proceso, el cual, requiere de dos horas. Terminada la operación de este lote, se tapa la autoclave para iniciar el cocimiento de agave.
- c) **Cocción.** Esta se realiza alimentando al autoclave con vapor de agua proveniente de la caldera a una presión de 1.2 kg/cm^2 y a una temperatura de 120°C . Esta operación requiere un tiempo total de ocho horas; en un tiempo intermedio, tres horas después de haber iniciado la cocción se abre, durante una hora, la válvula de compuerta del autoclave para drenar las mieles amargas y evitar que el producto se contamine. Transcurridas las ocho horas de cocción, el suministro de vapor es suspendido quedando el agave cocido en la autoclave durante las próximas 14 horas.
- d) **Vaciado.** Al inicio de la jornada del día siguiente, se vacía el agave cocido en una fosa, con la finalidad de tener la autoclave desocupada y lista para cargarla del nuevo lote de agave; el tiempo de vaciado se realiza en 15 minutos. En la fosa se

encuentra una banda transportadora, con la que se conducirá el agave cocido al molino de rodillos.

- e) **Molienda.** Con la finalidad de extraer los jugos contenidos en las fibras de agave, estas son enviadas al molino de rodillos, empleando una banda transportadora de agave cocido. Los jugos, cuya temperatura aproximada es de 50°C, son conducidos a la fosa de jugos, previamente colados; y las fibras se destinan a un almacén de desechos sólidos vegetales, para su posterior tratamiento y reutilización. El tiempo requerido para la molienda es de tres horas.
- f) **Enfriamiento de jugos.** Esta actividad puede desarrollarse simultáneamente con la molienda, su objetivo principal es disminuir la temperatura de los jugos de aproximadamente 50°C a 25°C, valiéndose de intercambiadores de calor. El tiempo de operación es de dos horas.
- g) **Bombeo de jugos a las tinas de inoculación.** Enfriados los jugos, se bombean a las tinas de inoculación. El tiempo requerido para esta operación es de dos horas.
- h) **Inoculación.** La inoculación tiene la función de crear un ambiente microbiano, los cuales, aceleran el proceso de fermentación. La inoculación se desarrolla en un tiempo de 22 horas. Enseguida se bombea el producto inoculado a la tina de fermentación, en un tiempo de dos horas.
- i) **Fermentación.** Al producto inoculado se le agrega el 50% de agua con respecto al volumen. Esta operación requiere la supervisión constante para llevar un control del crecimiento bacteriológico, por lo tanto, es indispensable tener sistemas de control y auxiliares que permitan mantener un ambiente adecuado en el desarrollo. El tiempo que permanece en la fermentación es de 110 horas (4.5 días). Cumplido este tiempo, el producto fermentado se divide en dos lotes, una se bombea al destilador y la otra al pre-calentador. El bombeo de mosto se realiza en una hora para el evaporador y otra para el pre-calentador. En la figura 4.5 se muestran el diagrama de flujo del proceso productivo de la elaboración de mezcal.

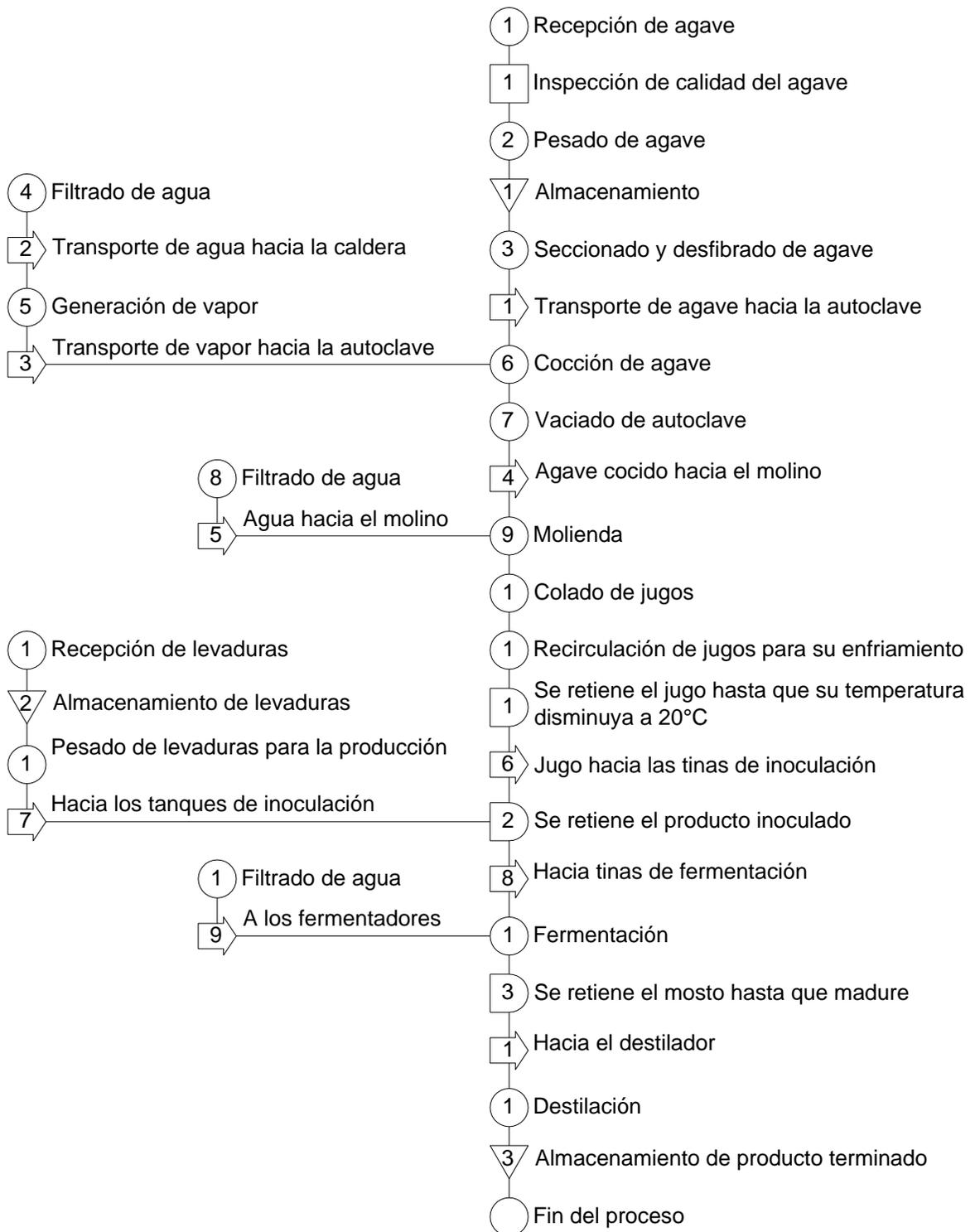


Figura 4. 5 Diagrama de flujo del proceso.

j) **Destilación.** La destilación comprende dos operaciones simultáneas: la evaporación, que consiste en el calentamiento de mosto para lograr la volatilización del alcohol, el cual se condensa en la segunda operación, el producto obtenido es el mezcal cuya temperatura oscila entre 50°C y 65°C. Posteriormente se disminuye la temperatura y el mezcal es conducido al pre-calentador para calentar el fermentado del segundo lote previo a destilarse. El mezcal pasa por un tercer intercambiador de calor para su total enfriamiento. El primer lote se desarrolla en un tiempo de cinco horas, mientras que el segundo se realiza en cuatro horas debido a que este alcanza una temperatura de 60°C en el pre calentador.

4.2.3 Balances de masa y energía.

4.2.3.1 Balance de energía en la cocción.

De acuerdo a la información técnica referida al tamaño óptimo de la planta del apartado 4.1.1.3, se requiere de 7211 kg de agave para mitigar la demanda insatisfecha, el volumen de la autoclave se determina empleando la densidad aparente del agave en verde estimada en 528 kg/m³ (Anexo A-3).

$$Vol_a = \frac{7211 \text{ kg}}{528 \text{ kg} / \text{m}^3} = 13.6 \text{ m}^3 .$$

Ajustando el volumen de la autoclave a un valor entero se tendrá una capacidad de 14000 L (14 m³), con la cual se determina la cantidad de agave a procesar en el equipo.

$$m_a = 14 \text{ m}^3 \cdot 528 \text{ kg} / \text{m}^3 = 7392 \text{ kg} .$$

Con base a los indicadores de temperatura de cocción, calor específico, temperatura de la materia prima en condiciones atmosféricas y el tiempo de cocción se emplea la ecuación 2.10, mediante la cual se obtiene un flujo de calor de 67.757KJ/s.

Tabla 4. 8. Indicadores de materia prima

Indicador	Cantidad
*Temperatura de cocimiento	120°C (393°K),
Calor específico del agave	2.721 55 kJ/kg.°K
*Temperatura ambiente del maguey	296°K
*Tiempo de cocción	8 h (28 800 s).

Fuente: Duran, et al., 1998 *Valores obtenidos en campo

$$q_c = \frac{7392 \text{ kg} \cdot 2.72155 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot 393 - 296 \text{ } ^\circ\text{K}}{28800 \text{ s}} = 67.757 \text{ kJ} / \text{s} .$$

Sustituyendo el flujo de calor y el calor latente de vaporización, $h_{fg} = 2210.16 \text{ kJ} / \text{kg}$ en la ecuación 2.11,

$$\dot{m}_{vc} = \frac{67.76 \text{ kJ} / \text{s}}{2210.16 \text{ kJ} / \text{kg}} = 0.03066 \text{ kg} / \text{s} .$$

La densidad del vapor a la temperatura de 120°C (393°K) es $\rho_v = 942.6 \text{ kg} / \text{m}^3$ y, por lo tanto, el flujo de vapor para el cocimiento de 7392 kg de agave es:

$$Q_{vc} = \frac{0.03066 \text{ kg} / \text{s}}{942.6 \text{ kg} / \text{m}^3} = 3.25 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} .$$

4.2.3.2 Balance de masa en la cocción.

La materia involucrada en la fase de cocción son: el agave en verde con $m_a = 7392 \text{ kg}$ y el vapor de agua, el cual entra a la autoclave a razón de $\dot{m}_{vc} = 0.03066 \text{ kg} / \text{s}$ en un tiempo de 28800 segundos (ocho horas), por lo que, la masa de vapor es la siguiente:

$$m_{ct} = 0.03065 \text{ kg} / \text{s} \cdot 28800 \text{ s} = 882.93 \text{ kg}$$

Después de 10800 segundos (tres horas) de haber iniciado el cocimiento, se abre una válvula del autoclave para tirar los condensados y las mieles amargas, esta operación permanece por 3 600 segundos (una hora), tiempo suficiente para desalojar los condensados del autoclave, a razón del flujo de vapor en el tiempo de 14 400 segundos (cuatro horas).

$$m_{ma} = 0.03065 \text{ kg} / \text{s} \cdot 14400 \text{ s} = 441.46 \text{ kg} .$$

La cantidad útil de condensados que se descargan a la fosa (jugos y mieles) es

$$m_m = m_c - m_{ma} ,$$

sustituyendo:

$$m_m = 882.93 - 441.46 \text{ kg} = 441.46 \text{ kg} .$$

La masa total que sale de la autoclave y que es aprovechada en el proceso se obtiene como sigue:

$$m = 882.93 + 7372 - 441.46 = 7833.45 \text{ kg} .$$

En la figura 4.6 se muestra la cantidad de masa que entra y sale del sistema.

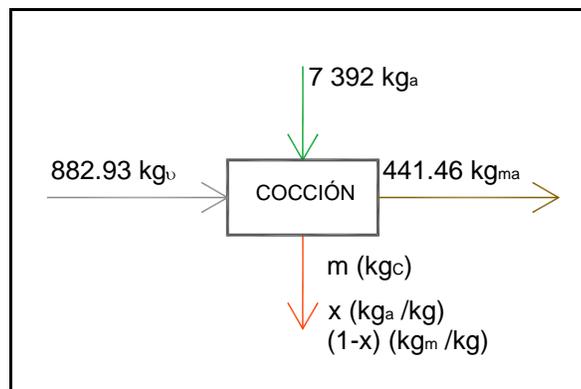


Figura 4. 6 Diagrama que muestra el balance de masa en la autoclave.

4.2.3.3 Balance de masa en la molienda.

En la molienda se presenta la separación del jugo y bagazo del agave cocido. Existiendo una relación de 231,3 *gramos* de bagazo con humedad del 14% por cada kilogramo de agave en verde que es procesado. Esto equivalente a 1710 kg de la materia total, la cantidad de jugo extraíble es de 5682kg provenientes de la diferencia entre la masa de agave en verde y la cantidad de bagazo:

$$m_j = 7392 - 1710 = 5682 \text{ kg} .$$

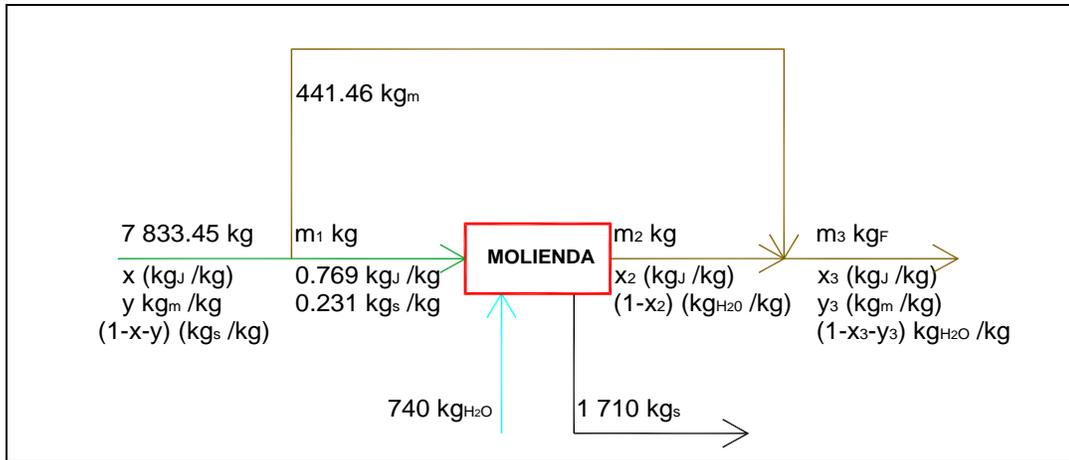


Figura 4. 7 Diagrama del balance de masa en la molienda

En la figura 4.7 se muestra el diagrama del balance de masa en la fase de molienda, donde se involucran el agave cocido, las mieles y agua. La masa m_1 que entra al molino es:

$$m_1 = 7833 - 441 = 7392 \text{ kg} .$$

Las fracciones de los componentes jugos, mieles y sólidos (x , y y $1-x-y$ respectivamente) que salen de la cocción son:

$$x = \frac{7392 \cdot 0.769}{7833} = 0.725 \text{ kg}_J / \text{kg} ,$$

$$y = \frac{7392 \cdot 0.231}{7833} = 0.218 \text{ kg}_m / \text{kg} ,$$

$$1 - x - y = 1 - 0.725 - 0.218 = 0.056 \text{ kg}_s / \text{kg} .$$

La masa m_2 que surge de la molienda es la siguiente

$$m_2 = 7392 + 740 - 1710 = 6422 \text{ kg} ,$$

y está compuesta por dos fracciones; jugo y agua, respectivamente

$$x_2 = \frac{7392 - 1710}{6422} = 0.885 \text{ kg}_J / \text{kg} ,$$

$$1 - x_2 = 1 - 0.885 = 0.115 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{kg} .$$

La masa total m_3 del formulado es

$$m_3 = 6\,422 + 441 = 6\,864 \text{ kg},$$

y se compone de las siguientes fracciones: jugo, mieles y agua

$$x_3 = \frac{6\,422 \cdot 0.885}{6\,864} = 0.827 \text{ kg}_J / \text{kg},$$

$$y_3 = \frac{441}{6\,864} = 0.064 \text{ kg}_m / \text{kg},$$

$$1 - x_3 - y_3 = 1 - 0.828 - 0.064 = 0.108 \text{ kg}_{H_2O} / \text{kg}.$$

Utilizando la densidad del jugo de agave el cual corresponde a $1\,150 \text{ kg/m}^3$ (Anexo A-4), se determino el volumen del jugo de 4.91 m^3 :

$$Vol_J = \frac{5\,682 \text{ kg}}{1\,150 \text{ kg/m}^3} = 4.941 \text{ m}^3.$$

La cantidad de agua agregada es $Vol_{H_2O} = 0.740 \text{ m}^3$, por lo tanto, el volumen total del formulado se obtiene de la siguiente manera

$$Vol_F = Vol_m + Vol_J + Vol_{H_2O},$$

sustituyendo,

$$Vol_F = 0.441 + 4.941 + 0.740 = 6.123 \text{ m}^3$$

Obteniendo la densidad del formulado, la cual es 1121 kg/m^3 :

$$\rho_F = \frac{6\,864 \text{ kg}}{6.123 \text{ m}^3} = 1\,121 \text{ kg/m}^3.$$

4.2.3.4 Balance de masa en la fase de fermentación.

Para la fermentación se agrega el 50% de agua con respecto al volumen de formulado, el volumen de agua adicional es:

$$Vol_{H_2O} = 6.123 \cdot 50\% = 3.061 \text{ m}^3.$$

La masa total a destilar es la suma de la masa del mosto y la masa del agua adicionada

$$m_M = 6864 + 3061 = 9925 \text{ kg} .$$

El volumen del producto total a destilar es

$$Vol_M = \frac{m_M}{\rho_M} = \frac{9925 \text{ kg}}{1027 \text{ kg} / \text{m}^3} = 9.664 \text{ m}^3 .$$

Con el mosto obtenido de 7392 kg de agave, se estima el rendimiento del agave el cual es de 0.765 kg_a/ litro_M:

$$\text{Rendimiento} = \frac{7392 \text{ kg}_a}{9664 \text{ litros}_M} = 0.765 \text{ kg}_a / \text{litro}_M$$

4.2.3.5 Cantidad de calor y flujo de vapor en la evaporación.

Para determinar la cantidad de calor requerido para la evaporación de un volumen total de mosto de 9.664 m³, destilado en dos lotes de 4.832 m³, se emplea la ecuación (2.15). La temperatura inicial de mosto es de 29°C (302°K), la temperatura de destilación es 88°C (361°K), y el calor específico del alcohol etílico es 2.46 kJ/kg.°K. El tiempo de destilación es de 18000 segundos (cinco horas), el flujo másico del mosto es 1027 kg/h y el del producto evaporado es 133 kg/h, entonces, el calor latente de vaporización del agua a la presión de 1.2 kg/cm² es 2245.64 kJ/kg.

$$q = \left[1027 \text{ kg} / \text{h} \quad 2.46 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot \text{°K} \quad 361 \text{°K} - 302 \text{°K} \right] + \\ + \left[1027 \text{ kg} / \text{h} - 133 \text{ kg} / \text{h} \quad 2245.64 \text{ kJ} / \text{kg} \right] = 2156660.94 \text{ kJ} / \text{h}$$

El calor latente de condensación del vapor de agua se considera igual al calor latente de vaporización del agua a la presión de 1.2 kg/cm².

Sustituyendo en la ecuación (2.16) se obtiene el flujo másico del vapor requerido para la destilación.

$$\dot{m}_{vE} = \frac{2156660.94 \text{ kJ} / h}{2245.64 \text{ kJ} / \text{kg}} = 960.38 \text{ kg} / h$$

Con base en el valor del consumo de vapor requerido en la cocción y la destilación, se procede a determinar el consumo total requerido en la planta, considerando que

$$\dot{m}_{vC} = \text{flujo másico de vapor en la cocción}, \quad (4.1)$$

$$\dot{m}_{vE} = \text{flujo másico de vapor en la evaporación}, \quad (4.2)$$

Sustituyendo en (4.1) y (4.2), se tiene:

Consumo de vapor en la autoclave: $\dot{m}_{vC} = 110.37 \text{ kg} / h$

Consumo de vapor en el evaporador: $\dot{m}_{vE} = 960.38 \text{ kg} / h$

Sumando los consumos, se obtiene el total de vapor requerido por la planta

$$\dot{m}_{total} = 1070.74 \text{ kg} / h$$

Con este dato se determina la capacidad de la caldera equivalente a una de 80 caballos caldera la cual proporciona un flujo másico de 1252 kg/h. Para posibles ampliaciones, en el estudio económico se cotiza una caldera con capacidad de 150 C. C. cuyo flujo másico es de 2347 kg/h.

4.2.4 Cálculo de la mano de obra necesaria.

La determinación de la capacidad laboral está en función de la tabla 4.9 además del diagrama de flujo (figura 4.5), con base a los indicadores se establecen los tiempos de las actividades y el personal requerido. Mediante el establecimiento de la jornada laboral se determinan las actividades y tiempos de ejecución que realizara un obrero. El total de mano de obra que se requiere en la planta, de acuerdo con la tabla 4.10, es de un almacenista, que tendrá las siguientes funciones: recibir la materia prima, los materiales consumibles del área de producción y administración (cargas de gas L.P., accesorios y refacciones para el mantenimiento de los equipos, motores de repuesto,

cartuchos de impresión y material de papelería) además de supervisar los embarques de mezcal.

Tabla 4. 9 Justificación de equipo según actividades y producción.

Actividad					Descripción de la actividad	Equipo necesario
○	⇒	□	D	▽		
1, 2, 12					Recepción y pesado de materias primas.	Báscula 3 t
		1			Inspección visual de materia prima	Ninguno
				1, 2	Almacenamiento de materia prima	Ninguno
3					Seccionado y desfibrado de agave	Seccionadora 4 t/h Desfibadora 4 t/h
	1				Transportado de fibras a la autoclave	Banda transportadora 4 t/h
4, 8, 14					Filtrado de agua	5 Filtros
	2				Conducción de agua hacia la caldera	Tubería de acero al carbón cédula 40 diám. 1 ¼"
5					Generación de vapor	Caldera 2 000 kg/h
	3				Conducción de vapor hacia la autoclave	Tubería de acero al carbón cédula 40 diám 1 ½"
6					Cocción	Autoclave 14 m ³
7					Descarga de autoclave	Silo de recepción 28 m ³
	4				Transporte de fibras cocidas al molino	Banda transportadora 2.5 t/h
	5				Conducción de agua hacia el molino	Tubería PVC hidráulico de ¾"
9					Molienda	Molino de cinco rodillos 2.5 t/h
10					Colado de jugos	2 Coladores (acero inoxidable)
11			1		Se retiene el jugo 6 123 litros	2 Intercambiadores de calor de 50°C a 26°C
	6				Transporte de jugos a las tinas de inoculación	Bomba. Succión 1 ¼", descarga 1", motor bifásico de 1 HP. Tubería acero inoxidable. suc diám. 1 ¼, descarga 1"
13					Pesado de levaduras	Báscula 10 kg
	7				Agregado de levaduras al inoculado	Manual
			2		Se retienen el producto por 22 h	2 tanques Al 304C de 7 m ³
	8				Transporte de inoculado a las tinas de Fermentación	2 bombas. succión 2". descarga 1 ½", motor bifásico de 1 HP. Tubería PVC hidráulica de 2"
	9				Transporte de agua a los tanques de fermentación	Bomba. succión 1 ¼", descarga 1", motor bifásico de 1 HP. Tubería de PVC hidráulico. Suc diám. 1 ¼, descarga 1"
15			3		Se retiene el producto por 101 h	6 Tanques Al 304C de 10 m ³
	10				Conducción de fermentado al destilador	6 Bombas. Succión 2". Descarga 1 ½". Motor 1 ½" HP. Tubería PVC hidráulico. Succión 2", descarga 1 ½"
16					Destilación en dos lotes	Destilador 5 m ³ . Acero Inoxidable 304
				3	Obtención y almacenado de mezcal	5 Depósitos de Al 304C de 3m ³

Conjuntamente se requieren los servicios de un laboratorista, el cual se encargará de supervisar y controlar el proceso bacteriológico en la fase de fermentación. En la producción se necesita de cuatro obreros, los cuales, cubrirán el tiempo de 10 horas, y de forma que trabajen ocho horas diarias se distribuyen de la siguiente manera: Dos obreros inician la jornada en el tiempo cero, y realizan el encendido de la caldera, vacían la autoclave y la vuelven a cargar de agave en verde. A las dos horas, se incorporan los otros dos obreros, quienes en conjunto realizan la molienda, y las demás actividades consideradas en el período de dos a ocho horas. Terminado el

primer turno, los obreros del segundo, preparan la inoculación y fermentación de los lotes respectivos, lavan las tinas que se hayan desocupado durante el día, terminan la destilación y finalmente apagan la caldera (figuras 4.8a-4.8c).

Tabla 4. 10 Necesidad de mano de obra.

Actividad					Descripción de operación	Personal requerido	Frecuencia por día	M de O necesario	Tiempo total/día
○	⇒	□	D	▽					
1, 2, 12					Recepción y pesado de materias primas. Se reciben quince toneladas de agave cada tercer día	Almacenista	0.5	0.25	2 h
		1			Inspección visual de materia prima	Almacenista	0.5	0.125	1 h
				1, 2	Almacenamiento e inspección de acomodo de materia prima	Almacenista	0.5	0.0625	0.5 h
3					Seccionado y desfibrado de agave (7 392 kg)	2 Obreros	1	0.5	2 h
	1				Transportado de fibras a la autoclave (7 392 kg)	No necesario	1	No necesario	--
4, 8, 14					Filtrado de agua. El sistema de bombeo es automático.	No necesario	5	No necesario	--
	2				Conducción de agua hacia la caldera. El sistema de bombeo es automático	No necesario	4	No necesario	--
5					Generación de vapor. Supervisar la operación de la caldera 10 min cada hora.	Obrero	9	0.25	2 h
	3				Conducción de vapor hacia la autoclave. Supervisar el Flujo de vapor y equipos de control y medición.	Obrero	1	0.0625	0.5 h
6					Cocción. Rotar la autoclave durante cinco minutos cada hora.	Obrero	9	0.125	1 h
c					Descarga de autoclave. Se rota la autoclave durante 15 minutos.	Obrero	1	0.03125	0.25 h
	4				Transporte de fibras cocidas al molino. Se alimenta manualmente de agave la banda.	2 Obreros	1	0.75	3 h
	5				Conducción de agua hacia el molino (por gravedad desde el tanque elevado).	No necesario	1	No necesario	--
9					Molienda. Se recoge el bagazo.	3 Obreros	1	1.125	3 h
10					Colado de jugos. Por gravedad desde el molino.	No necesario	1	No necesario	--
11			1		Se retiene el jugo 6 123 litros. Se recircula para su enfriamiento	Obrero	1	0.0125	0.1 h
	6				Transporte de jugos a las tinas de inoculación. Se enciende la bomba y se supervisa el bombeo	Obrero	1	0.0125	0.1 h
13					Pesado de levaduras. Se preparan las levaduras.	Almacenista	1	0.0125	0.1 h
	7				Agregado de levaduras al inoculado. Se adicionan las levaduras y se supervisa el proceso.	Laboratorista	1	0.125	1 h
			2		Se retienen el producto por 22 h. Se supervisa el proceso durante 6 minutos cada dos hora.	Laboratorista	5	0.0625	0.5 h
	8				Transporte de inoculado a las tinas de fermentación. Se enciende la bomba y se supervisa la operación.	Obrero	1	0.025	0.2 h
	9				Transporte de agua a los tanques de fermentación. Se enciende el hidroneumático para alimentación de agua.	Obrero	1	0.025	0.2 h
15			3		Se retiene el producto por 101 h. Se supervisa la fermentación durante 10 minutos cada 2 hora.	Laboratorista	30	0.625	5.0 h
	10				Conducción de fermentado al destilador. Se enciende la bomba y se supervisa la operación.	Obrero	1	0.03125	0.25 h
16					Destilación en dos lotes. Se supervisa la destilación controlando la calidad del mezcal cada hora	Obrero	1	0.1875	1.5 h
				3	Obtención y almacenado de mezcal. Se almacena en depósitos	Obrero	1	0.25	2 h

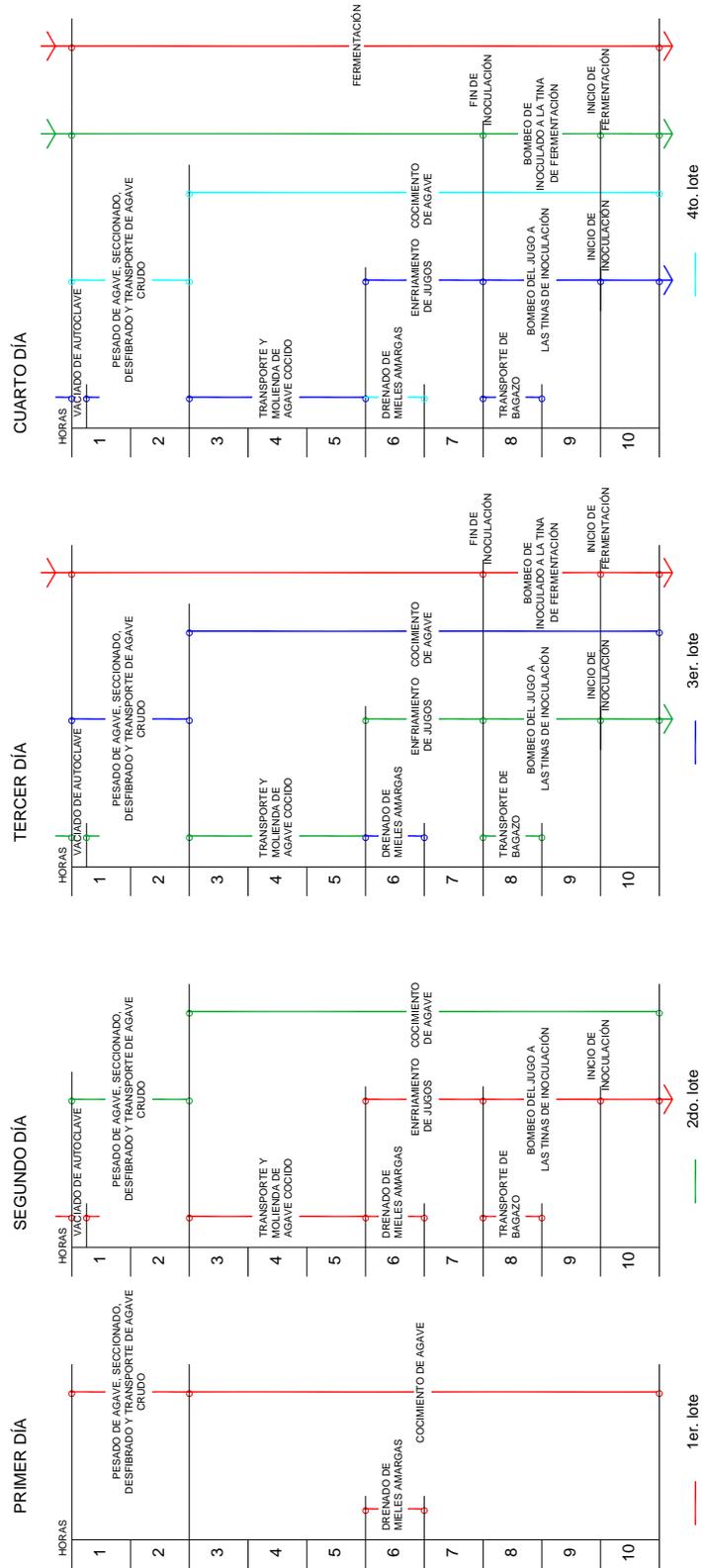


Figura 4. 8a Diagrama de justificación de cantidad de tiempo (1ro-4to. día).

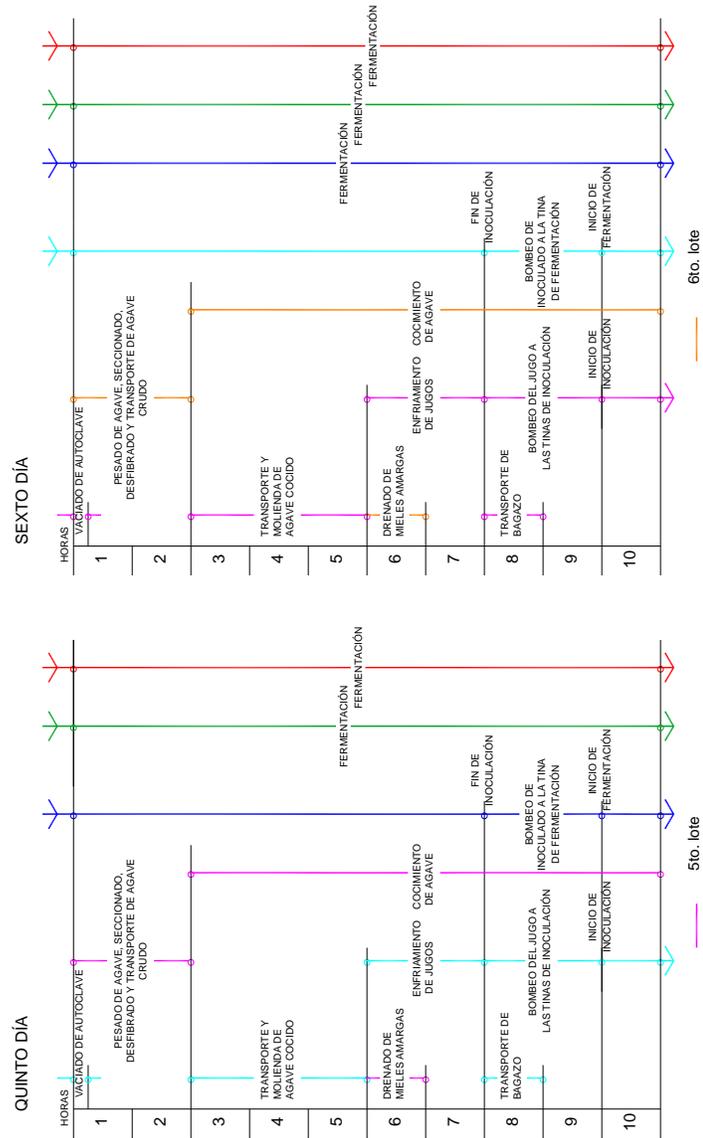


Figura 4. 8b Diagrama de justificación de cantidad de tiempo (5to. y 6to. día).

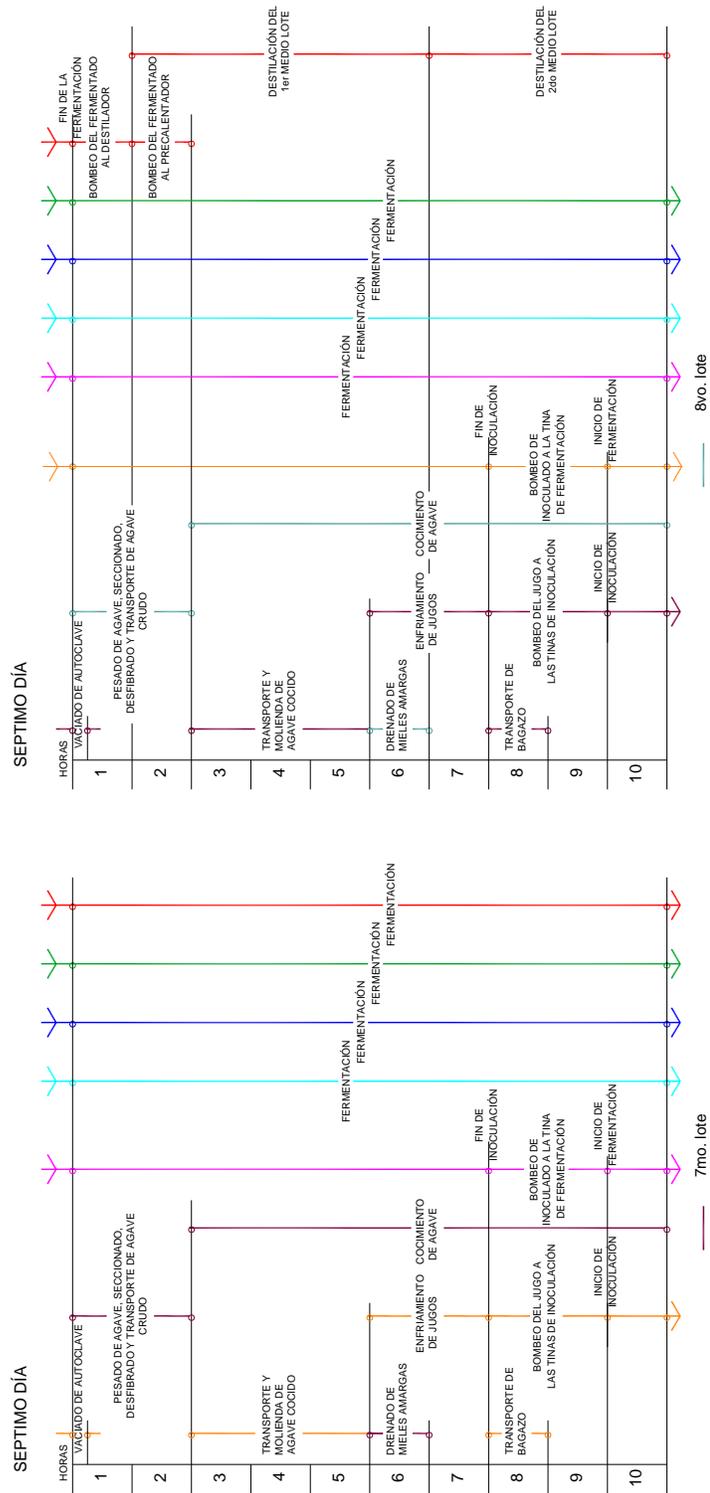


Figura 4. 8c Diagrama de justificación de cantidad de equipo (7mo. y 8vo. Día).

4.2.5 Cantidad de equipo requerido.

Empleando el diagrama de flujo de proceso mostrado en la figura 4.5, se construye la tabla 4.9 para justificar la capacidad de equipo. Las actividades que aparecen en el mismo renglón de esta tabla, son realizadas por la misma persona utilizando el mismo equipo.

Mediante la determinación de los requerimientos de la planta se propone adquirir los siguientes equipos: una báscula con capacidad de tres toneladas, una autoclave con capacidad para 14 m³ (7392 kg) de agave, filtros para el tratamiento de agua, bombas para la distribución de agua en la planta y en los procesos de enfriamiento, inoculación y fermentación, caldera para la alimentación de vapor utilizado en la cocción y destilación. La justificación para la adquisición de estos equipos se muestra en las figuras de 4.8a a 4.8c. En estos diagramas, también se muestran las actividades y el tiempo de producción de un lote, parámetros necesarios para la adquisición de equipo. El diagrama empieza con el seccionado, desfibrado y transporte de la materia prima, estas actividades son simultáneas, por lo tanto se estima un tiempo de dos horas; la cocción se realiza durante ocho horas y se realizan rotaciones de la autoclave cada hora para homogenizar la cocción. Debido a que se pretende laborar solo un turno, desde el seccionado hasta la cocción se realiza en un turno. Al iniciar el turno siguiente, se descarga la autoclave para comenzar inmediatamente la cocción del siguiente lote. Posteriormente la cocción de este segundo lote se procede a moler el agave cocido del lote anterior en un tiempo de tres horas, los jugos se recirculan para su enfriamiento y posteriormente se inicia la inoculación de los jugos. La inoculación dura 22 horas, por lo tanto, termina en el tercer lote y se da inicio a la fermentación, en este tercer lote, también se desarrollan las actividades realizadas anteriormente. El primer lote permanece en fermentación durante 101 horas lo que equivale a cuatro días, posteriormente, el mosto se destila en dos lotes, en un tiempo de nueve horas. Para la jornada siguiente (octava) se destila el lote de la segunda jornada. Terminado el proceso de destilación, el mezcal se almacena en recipientes de acero inoxidable para su distribución a granel.

4.2.6 Distribución de planta

En las figuras 4.9 y 4.10 se presentan los diagramas de correlación para la planta general y para el área de producción, respectivamente; con estos diagramas se construye el plano a escala donde se muestra la distribución de todas las áreas de la planta. Este plano se muestra en la figura 4.11 y se observa que se tiene una flexibilidad en cuanto al crecimiento y adaptación de nuevos equipos como se muestra en la figura 4.12. Las áreas están distribuidas de acuerdo con los códigos indicados en la figura 4.9.

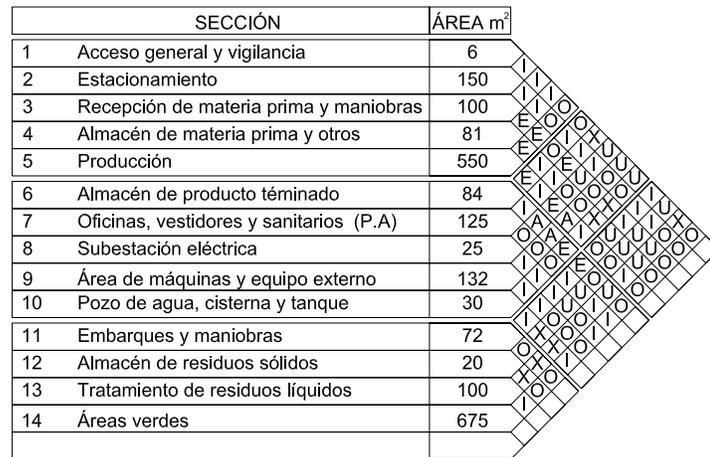


Figura 4. 9 Diagrama de correlación para la planta general.

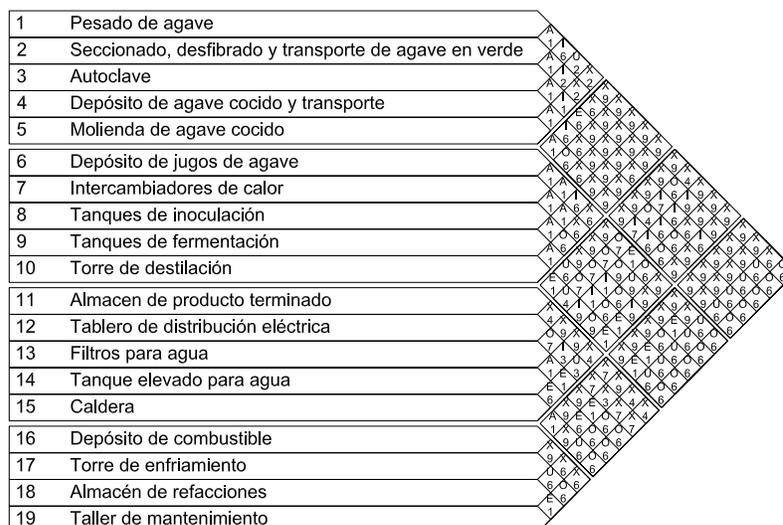
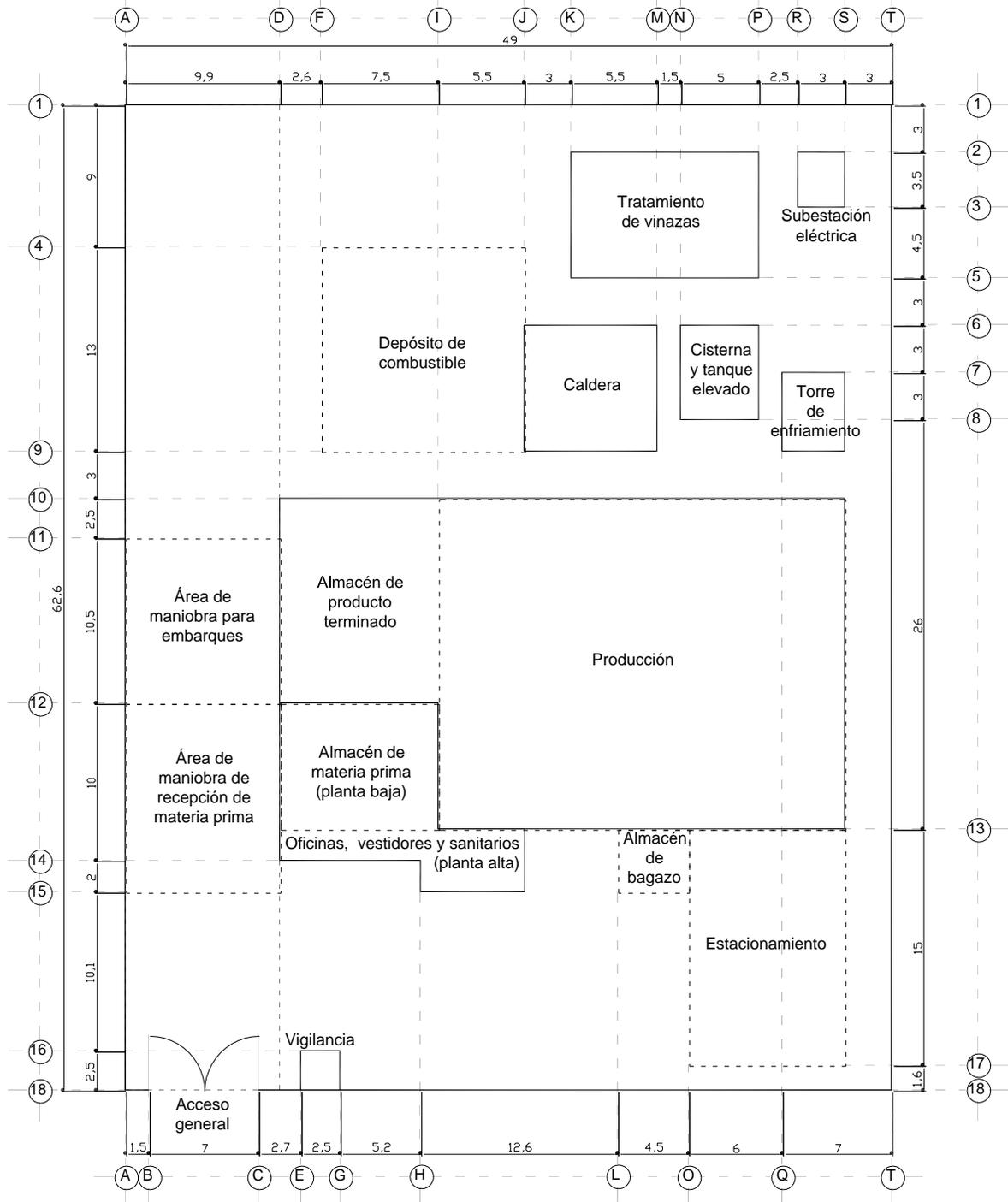


Figura 4. 10 Diagrama de correlación para área de producción.



DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.		
PROPIETARIO: _____		
UBICACIÓN: Carretera Internacional km. 42.7, San Pablo Villa de Mitla, Tlacolula, Oaxaca.		
Escala: 1:400	Acotación: m	Dibujó: R. M. R.



Figura 4. 11 Distribución general de la planta.

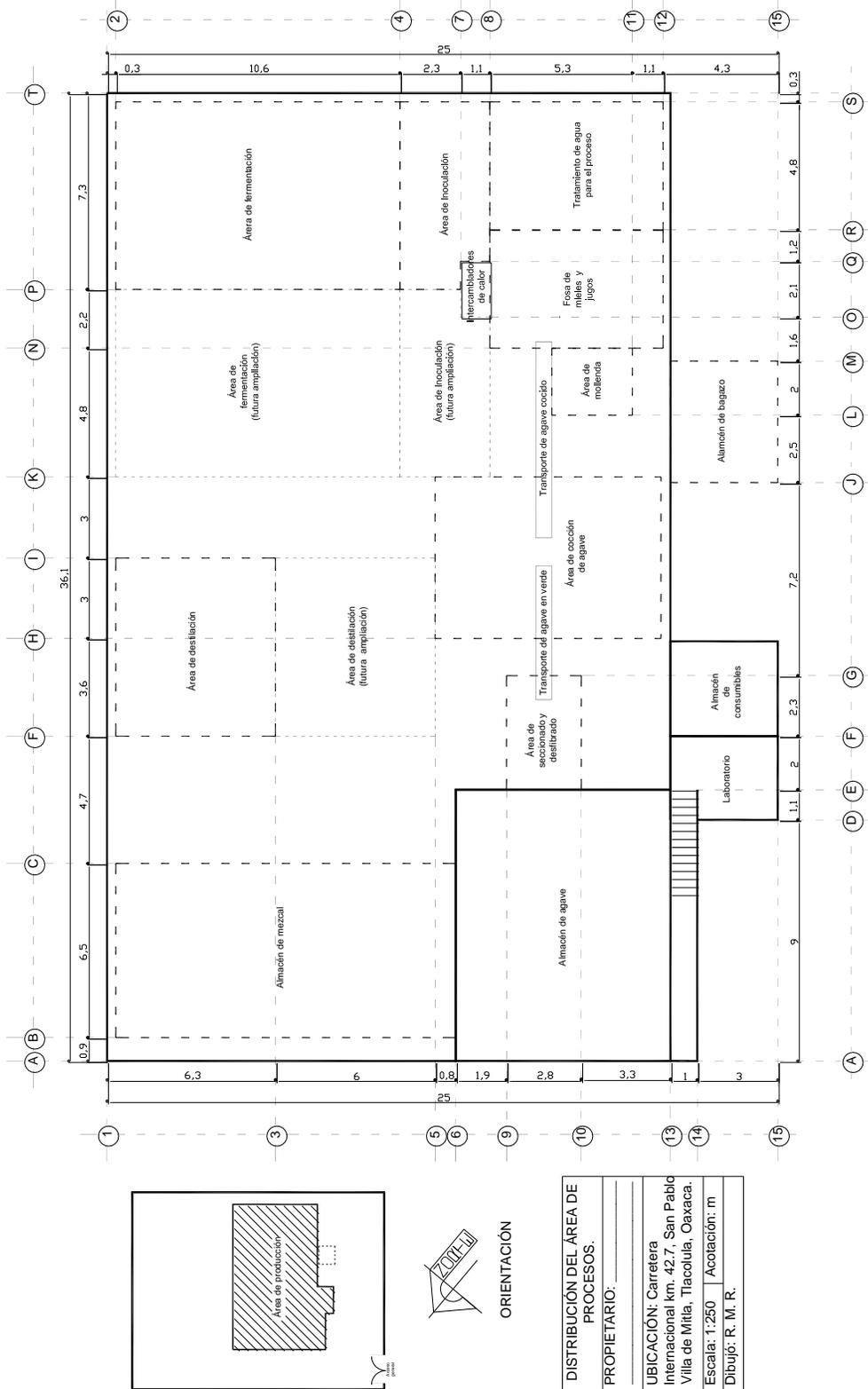


Figura 4. 12 Distribución del área de procesos.

4.2.7 Organización del recurso humano.

Como se menciona en la sección 4.2.4, el personal de esta empresa es reducido, por lo tanto algunos puestos de oficina son multifuncionales; por ejemplo el gerente general, tendrá la capacidad de dirigir la empresa, tramitar la documentación necesaria para afiliar del personal a instituciones laborales, programar las vacaciones del personal y realizar la nómina de salarios de los empleados. Para esto se requiere una secretaria quien participara en actividades de apoyo.

Los servicios de contabilidad, control de calidad y mantenimiento especializado de los equipos serán encargados a empresas o despachos externos a la planta, esto es con la finalidad de disminuir gastos, dado que las operaciones contables son pocas. Por otra parte, el mantenimiento especializado es esporádico, por lo que no sería rentable contar con personal especializado dentro de la empresa.

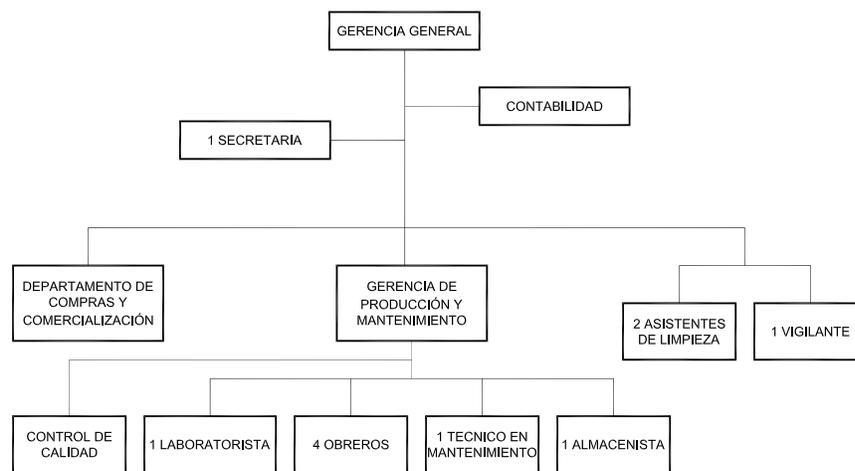


Figura 4. 13 Organigrama general de la empresa.

Cómo se muestra en el organigrama de la empresa (figura 4.13), el personal administrativo está integrado por una gerencia general, una jefatura de producción y un departamento de compras y comercialización, un técnico de mantenimiento, un almacenista, dos personas para la limpieza de la planta y un vigilante quien apoyará con actividades de jardinería, además se requiere de cuatro obreros para el área de producción.

4.3 Estudio económico.

4.3.1 Capacidad de aprovechamiento de la planta.

El aprovechamiento de la capacidad de planta instalada para el primer año, es del 42%. Si se planea duplicar la producción se aprovechará el 83%. Puesto que en la distribución de planta se consideran los espacios requeridos para futuras ampliaciones, es posible triplicar la producción con respecto al primer año, adicionando los siguientes equipos: una autoclave, un destilador, una caldera, seis tanques de fermentación y un depósito de gas L.P, lo que ocasionaría, que la capacidad aprovechada disminuya al 62.5%. El comportamiento del crecimiento productivo se indica en la tabla 4.11.

Tabla 4. 11 Aprovechamiento de la capacidad instalada.

Período anual	Producción anual en litros	Aprovechamiento
2009	307507	42.0%
2010	615014	83.0%
2011	615014	83.0%
2012	922522	62.5%
2013	922522	62.5%

4.3.2 Determinación de los costos variables.

La materia prima, considera los componentes que forman parte directa del producto, en este caso, el agave y las levaduras. En la tabla 4.12 se muestran los costos anuales de materia prima.

Tabla 4. 12 Costo de materia prima.

Materia prima	Cantidad por lote [kg]	Consumo diario [kg]	Costo [\$/kg]	Consumo anual [kg]	Costo total anual [\$/]
Agave	7392	7392	0.95	2306304	2190988.80
Levaduras	12	12	2.50	3744	9360.00
Total					2200348.80

Los costos de mano de obra directa son las que participan directamente en el proceso de producción como son: el almacenista, laboratorista y los obreros. Como se muestra en la tabla 4.13, el jefe de producción aunque se encuentra dentro del área de producción, no participa directamente en esta área.

Tabla 4. 13 Costos de mano de obra directa.

Plaza	Plazas por turno	Turno por día	Sueldo mensual por plaza [\$]	Sueldo anual por plaza [\$]	Sueldo total anual [\$]
Almacenista	1	1	4000.00	48000.00	48000.00
Laboratorista	1	1	4000.00	48000.00	48000.00
Obrero	4	1	3200.00	38400.00	153600.00
Total					249600.00

Las prestaciones se estiman en 35% del sueldo total, el cual incluye: aguinaldo, prima vacacional, participación de los trabajadores en las utilidades (PTU), pago por servicios de salud, fondo de vivienda, sistema de ahorro para el retiro y días de descanso obligatorio, con los cuales la mano de obra directa asciende a: (\$ 249600.00) (1.35) = \$ 336960.00 por año.

El tipo de combustible que se utilizará en el proceso es gas L. P. para la generación de vapor en la caldera, la cual tiene una capacidad de 150 caballos caldera (C.C.) y un consumo de gas L.P. de 223.9 l/h. El tiempo de operación de la caldera es de 10 horas al día y los días laborables al año son 312. Por lo tanto, el consumo de gas anualmente es de 698742.85 litros. El costo del litro de gas L.P. es de \$5.15, por tanto, el costo de combustible anual corresponde a \$ 3598525.71. Se aclara que existe un calentador de agua y un laboratorio que consumen gas de manera esporádica, por lo que para efectos del cálculo estos gastos se suponen despreciables.

Tabla 4. 14 Otros equipos.

Cant	Equipo	Operación [h/día]	[kW]	[kW.h/día]	[kW.h/año]
1	Refrigerador	24.0	0.29	6.96	2540.40
3	Computadora	8.0	0.35	8.40	2620.80
1	Impresora Laser	6.0	0.10	0.60	187.20
	Alumbrado	8.0	20.00	160.00	58400.00
Total					63748.40

En la tabla 4.14 se indican los consumos de energía eléctrica de equipo y áreas auxiliares como son: refrigerador doméstico, equipo de cómputo, impresión y alumbrado, y en la tabla 4.15, se indican los consumos de los equipos de la línea de proceso.

Tabla 4. 15 Consumo de energía eléctrica.

Cant	Equipo	Motores en operación		Potencia por motor		Consumo total
		Cant	[h/día]	[HP]	[kW]	[kW.h/día]
1	Seccionadora	1	2.0	7.5	5.595	11.190
1	Desfibradora	1	2.0	5.0	3.730	7.460
1	Banda con paletas	1	2.0	2.0	1.492	2.984
1	Autoclave	1	0.5	10.0	7.460	3.730
1	Banda con cangilones	1	3.0	2.0	1.492	4.476
1	Molino	1	3.0	25.0	18.650	55.950
1	Bomba de jugos	1	2.0	1.0	0.746	1.492
2	Bomba de inoculados	1	1.0	1.0	0.746	0.746
6	Bomba de fermentados	1	5.0	1.0	0.746	3.730
2	Bomba de mezcal	1	0.2	1.0	0.746	0.149
1	Torre de enfriamiento	3	9.0	2.0	1.492	40.284
1	Caldera	1	8.0	1.0	0.746	5.968
1	Bomba de fosa de desechos líquidos	1	0.2	2.0	1.492	0.298
1	Bomba de pozo a cisterna	1	2.0	2.0	1.492	2.984
1	Bomba de cisterna a tanque	1	2.0	1.0	0.746	1.492
1	Hidroneumático	1	6.0	2.0	1.492	8.952
Total						151.886

Los equipos de proceso, anualmente consumirán 47388.307 kW.h de energía eléctrica. Estimando un costo por kW.h es \$0.92 y un consumo de 111136.707 kW.h al año, entonces el costo por consumo de electricidad es:

$$(111136.707 \text{ kW.h}) (\$0.92 / \text{kW.h}) = \$102690.32$$

En la fabricación de mezcal uno de los elementos importantes es el agua que se utiliza para el proceso, por consiguiente es necesario cuantificar la cantidad diaria requerida de este recurso. Para obtener una calidad adecuada del producto final, el agua debe ser tratada de acuerdo a su utilización dentro del proceso. Los usos del agua son los siguientes. Uso directo: cocción, molienda y fermentación; uso indirecto: generación de vapor para la fase de destilación y como medio refrigerante en el condensador e intercambiadores de calor. De servicios: Lavado y limpieza de autoclave, fosa de descarga de agave cocido, molino, fosa de jugos, tanques de fermentación y destilador; también se utiliza en laboratorio y sanitarios. En la tabla 4.16 se muestran los volúmenes requeridos y sus usos. El metro cúbico de agua, en los Valles Centrales del estado de Oaxaca, tiene un costo de \$ 9.113, por lo tanto, el costo anual de agua es de \$ 22393.50 (ADOSAPACO, 2008).

Tabla 4. 16 Consumo de agua anual.

Uso	Descripción		[l/día]	[l/año]
	Directo	Cocción	Generación de vapor	883
Molienda		Aspersión de agua	740	230880
Fermentación		Agregado al inoculado	3061	955032
Indirecto	Generación de vapor	1373 kg/h. Pérdida por evaporación 2%. Tiempo de destilación nueve horas.	247	77064
	Refrigeración	72 l/h de agua para reposición en la torre de enfriamiento. Tiempo de operación nueve horas.	648	202176
De servicio	Limpieza de los equipos de proceso	Autoclave, silo y banda transportadora.	30	9360
		Molino y fosa de mieles	100	31200
		Lavado de una tina de inoculación y otra de fermentación	100	31200
		Destilador	17	5304
	Laboratorio	Limpieza de instrumental	50	15600
	Aseo de personal	100 litros de agua por empleado (20 personas)	2000	624000
Totales			7876	2457312

Dentro de los materiales consumibles se consideran los equipos de protección, de higiene y herramientas utilizadas por el personal de producción, los cuales, por su uso presentan un consumo frecuente, como se muestra en la tabla 4.17.

Tabla 4. 17 Costos de materiales consumibles.

Cantidad		Unidad	Descripción	Costo en pesos	
Mensual	Anual			Unitario	Anual
32	384	Pza.	Cubre boca	0.75	288.00
8	96	Pza.	Cofia	3.50	336.00
4	48	Pza.	Bata	198.00	9504.00
	2	Pza.	Palas	85.00	170.00
2	24	Pza.	Escobas	14.50	348.00
26	312	Par	Guantes de látex	12.50	3900.00
4	48	Par	Botas de látex	2.50	120.00
4	48	Par	Botas industrial	220.00	10560.00
2	24	Par	Guantes de cuero	45.00	1080.00
50	600	kg	Detergente	12.00	7200.00
10	120	m	Jergas	15.00	1800.00
30	360	m	Franelas	12.00	4320.00
Total				39626.00	

El resumen de los costos variables de la empresa se presenta en la tabla 4.18, observándose un costo total de \$ 6300544.32.

Tabla 4. 18 Costos variables.

Concepto	Costo [\$]
Materia prima	2200348.80
Mano de obra directa	336960.00
Combustible	3598525.71
Electricidad	102690.32
Agua	22393.50
Consumibles	39626.00
Total	6300544.32

4.3.3 Determinación de costos fijos.

Depreciación del activo fijo. Las leyes impositivas vigentes consideran a la depreciación como un cargo deducible de impuestos. Para determinar los cargos anuales por este concepto, se requiere conocer el valor de los activos fijos, como: costo de maquinaria, equipo, herramienta, construcción de edificio, montaje de maquinaria, instalaciones especiales. Enseguida, se determina la vida útil de los activos para aplicar conforme a la ley las respectivas depreciaciones anuales.

Tabla 4. 19 Áreas de los diferentes puestos.

Superficie construida	Área [m ²]
Vigilancia	6
Estacionamiento	150
Recepción de materia prima y maniobras	100
Almacén de materia prima y otros	81
Producción	550
Almacén de producto terminado	84
Laboratorio y mantenimiento	44
Subestación eléctrica	25
Cuarto de máquinas y equipo externo	132
Pozo de agua, cisterna y tanque	30
Embarques y maniobras	72
Almacén de residuos sólidos	20
Tratamiento de residuos sólidos	100
Áreas verdes	675
Total	2069

Con las áreas consideradas en la tabla 4.19 se estima el costo del terreno para la empresa. El costo del metro cuadrado de terreno en Mitla, Tlacolula, Oaxaca, se estima en \$250.00, por lo tanto, el costo total del terreno es de \$ 517250.00. De acuerdo con la selección de maquinaria y a las cotizaciones proporcionadas por algunos proveedores, se obtuvo el monto de la inversión en maquinaria y equipo, el cual se muestra en la tabla 4.20.

Tabla 4. 20 Costos de maquinaria y equipo para el área de producción.

Cant.	Descripción	P. Unitario [\$]	Importe [\$]
1	Autoclave	1267485.00	1267485.00
1	Básculas para una carga de 3 t	22902.00	22902.00
1	Básculas para una carga de 15 kg	2883.00	2883.00
1	Banda transportadora con paletas	100000.00	100000.00
1	Banda transportadora de cangilones	120000.00	120000.00
1	Bomba centrífuga de 2". Motor eléctrico de 1 1/2 HP	12000.00	12000.00
1	Bomba centrífuga de 2" x 1 1/2". Motor eléctrico de 1 HP	10500.00	10500.00
2	Bomba centrífuga AI 1 1/4" x 1". Motor eléctrico de 1 HP	15000.00	30000.00
9	Bomba centrífuga AI 2" x 1 1/2". Motor eléctrico de 1 HP	18000.00	162000.00
1	Caldera de 150 C.C	820000.00	820000.00
1	Desfibradora de agave	120000.00	120000.00
1	Equipo para destilación	1350000.00	1350000.00
1	Hidroneumático	18000.00	18000.00
8	Intercambiadores de calor (jugos, mosto)	15000.00	120000.00
1	Juego de filtros para agua	90000.00	90000.00
1	Juego de herramienta para mantenimiento	5000.00	5000.00
1	Molino de rodillos (5 rodillos)	1200000.00	1200000.00
1	Red de distribución de agua contra incendios	20000.00	20000.00
1	Red de distribución de agua para jardines	10000.00	10000.00
1	Red de distribución de agua para proceso y servicios	25000.00	25000.00
1	Red general de distribución de gas L.P.	15000.00	15000.00
1	Red de flujo de fosa de jugos a tinas de inoculación	5000.00	5000.00
1	Red de flujo de inoculados a las tinas de fermentación	30000.00	30000.00
1	Red de flujo de tinas de fermentación al destilador	45000.00	45000.00
1	Red de flujo de vapor para autoclave y destilador	12000.00	12000.00
1	Seccionadora de agave	150000.00	150000.00
1	Silo para la recepción de agave cocido	120000.00	120000.00
1	Tanque de almacenamiento para Gas L.P. 29 000 litros	43000.00	43000.00
2	Tanques para inoculación	50000.00	100000.00
6	Tanques para la fermentación	70000.00	420000.00
1	Torre de enfriamiento	82500.00	82500.00
Total			6528270.00

Los costos por montaje, instalación eléctrica, ingeniería y supervisión de maquinaria y equipo para el área de producción se estiman del 15% del costo total de los equipos. Por lo tanto, estos costos ascienden a \$ 979240.50.

Tabla 4. 21 Costos de construcción de obra civil.

Cant.	Unidad	Costo total de obra civil	Costo [\$/m ²]	Importe [\$]
163	m ²	Cuarto de máquinas, vigilancia y subestación	3000.00	489000.00
120	m ²	Fosa de tratamiento de desechos líquidos	3800.00	456000.00
759	m ²	Nave de producción, almacenes, laboratorio	4500.00	3415500.00
81	m ²	Oficinas y sanitarios	4000.00	324000.00
30	m ²	Pozo de agua, cisterna y tanque elevado	9000.00	270000.00
322	m ²	Acceso y estacionamiento y patio de maniobras	500.00	161000.00
670	m ²	Barda perimetral	300.00	201000.00
Tota				5316500.00

El monto estimado para la obra civil se muestra en la tabla 4.21, y en la tabla 4.22 se indican los costos de muebles y equipo para oficinas.

Tabla 4. 22 Costos de muebles y equipo para oficinas.

Cantidad	Descripción	P. Unitario [\$]	Importe [\$]
2	Archiveros	1500.00	3000.00
3	Computadora	12000.00	36000.00
4	Escritorios	2500.00	10000.00
1	Fax	4200.00	4200.00
1	Impresora Laser	3500.00	3500.00
1	Máquina de escribir	1800.00	1800.00
4	Muebles para baño	3500.00	14000.00
6	Sillas	150.00	900.00
4	Sillas para escritorio	550.00	2200.00
		Total	75600.00

El resumen de la inversión en activo fijo y el cálculo de las depreciaciones anuales se presentan en la tabla 4.23.

Tabla 4. 23 Depreciación del activo fijo.

Concepto	Costo [\$]	Depreciación [%]	Monto Anual [\$]
Terreno	517250.00	0	0.00
Maquinaria y equipo	6528270.00	8	522261.60
Montaje, instalación eléctrica, ingeniería y supervisión	979240.50	10	97924.05
Construcción de obra civil	5316500.00	5	265825.00
Muebles y equipo de oficina	39600.00	10	3960.00
Equipo de computo	36000.00	25	9000.00
		Monto total	898970.65

Con la finalidad de disminuir los costos de mantenimiento, es conveniente que estos servicios sean realizados por personal externo de la planta. Dicho mantenimiento tiene un costo del 4% anual del equivalente a la adquisición del equipo. En la tabla 4.24 se indican los costos de mantenimiento y los equipos que requerirán este servicio.

El costo para la compra de refacciones y accesorios suplementarios requeridos para el mantenimiento de la empresa, se estiman del 2.6% del costo total del inmueble y maquinaria que requiere de mantenimiento interno; este costo se muestra en la tabla 4.25, y en la tabla 4.26 se presentan los costos totales por mantenimiento.

Tabla 4. 24 Costos por mantenimiento con servicio externo.

Cant.	Descripción	Costo [\$]	
		Unitario	Mantenimiento 4%
1	Báscula para 3 toneladas	22902.00	916.08
1	Báscula para 15 kg	2883.00	115.32
1	Seccionadora	150000.00	6000.00
1	Desfibradora	120000.00	4800.00
1	Banda transportadora para agave en verde	100000.00	4000.00
1	Bandas transportadoras con cangilones	120000.00	4800.00
1	Sistemas de transmisión de autoclave y molino	2467485.00	98699.40
1	Destilador	1350000.00	54000.00
1	Caldera	820000.00	32800.00
1	Torre de enfriamiento	82500.00	3300.00
Total		5235770.00	209430.80

Tabla 4. 25 Costo de refacciones y accesorio para el mantenimiento interno.

Concepto	Costo [\$]	
	Por partida	Mantenimiento 2,6%
Inmueble (toda la obra civil)	5316500.00	138229.00
Equipo de mantenimiento interno	1292500.00	33605.00
Total	171834.00	171834.00

Tabla 4. 26 Costos de mantenimiento.

Costo por mantenimiento	Importe [\$]
Externo	209430.80
Interno	171834.00
Total	381264.80

El mantenimiento para las instalaciones eléctricas, hidráulicas y equipos de bombeo será proporcionado por un técnico contratado por la empresa, con un sueldo mensual de \$4000.00; el costo por prestaciones es el 35% del sueldo, por lo tanto, el sueldo anual total del técnico es \$ 64800.00. Los costos de la partida de mano de obra indirecta se muestran en la tabla 4.27.

Tabla 4. 27 Costos de mano de obra indirecta.

Cant	Concepto	Sueldo mensual [\$]		Sueldo [\$] Anual total	Prestaciones [\$] (35%)
		Unitario	Total		
1	Técnico para mantenimiento de la planta	4000.00	4000.00	48000.00	64800.00
1	Jefe de producción	8000.00	8000.00	96000.00	129600.00
2	Limpieza general	2400.00	4800.00	57600.00	77760.00
Total					272160.00

Costos por administración. En el subcapítulo 4.2.7 se delimitó el recurso humano y se elaboró el organigrama general de la empresa, estando constituido por un gerente general, comercialización y compras, una secretaria y un vigilante. El sueldo mas prestaciones de este personal y del departamento de compras y comercialización se indican en la tabla 4.28.

Tabla 4. 28 Gastos de administración.

Cantidad	Concepto	Sueldo mensual por empleado [\\$]	Sueldo total anual [\\$]
1	Gerente general	10000.00	120000.00
1	Compras y comercialización	6000.00	72000.00
1	Secretaria	3200.00	38400.00
1	Vigilancia	2400.00	28800.00
		Subtotal	259200.00
		Más 35% de prestaciones	90720.00
		Total anual	349920.00

Los costos mensuales para el pago de servicios y transporte de compras y comercialización se estiman en \$1000.00, por lo que estos gastos anuales son de \$12000.00. El servicio externo de contabilidad recibe un pago de \$ 2500.00 por mes, que al año ascienden a \$30000.00. Otro gasto administrativo es la compra de materiales consumibles y servicios en oficina, como son: cartuchos de impresión, papelería en general, talones de facturas, CD's, teléfono, mensajería entre otros. Estos gastos son de \$ 2000.00 mensuales, que al año nos dan a \$ 24000.00. Por tanto, el gasto total administrativo anual es de:

$$\$ 349920.00 + \$ 12000 + \$ 30000.00 + \$ 24000.00 = \$ 415920.00$$

Costos de control de calidad. Debido a los costos que pueden presentar la adquisición de equipo especial para laboratorio, se pretende solicitar el servicio externo a un laboratorio especializado para la realización de las pruebas que exige la NOM-070-SCFI-1994 en la tabla 1 de su apartado 6.1.1. Los costos por control de calidad están con base en la cotización proporcionada por Laboratorio de Calidad Química Veracruzana S. C. para las siguientes pruebas como se muestra en la tabla 4.29.

Tabla 4. 29 Costos por análisis de mezcal.

Determinación	Método	Unidad	Costo [\$]
Porcentaje de Alcohol en volumen a 293° K (20°C)	NMX-V-013-NORMEX-2005. Punto 5.0 Método Volumétrico Alcohólímetro	% Alc. Vol.	200.00
Extracto Seco	NMX-V-017-NORMEX-2005 Punto 5.0 Método Gravimétrico	g/l	100.00
Alcoholes Superiores (Aceite de fusel)	NMX-V-014-1986	mg en 100 ml	250.00
Metanol	NMX-V-21-S-1986	mg en 100 ml	550.00
Acidez total	NMX-V-16-S-1980	mg en 100 ml	100.00
Envío de resultados			150.00
Precio de análisis en una muestra			1350.00
IVA			202.50
Total			1552.50

Las pruebas se realizarán cada 15 días, por lo tanto el costo anual será (\$1552.50) (24) = \$ 37260.00

Con la finalidad de obtener la certificación de la calidad del mezcal, es conveniente asociarse al COMERCAM. Esta se logra una vez que los resultados de las pruebas de laboratorio cumplen con lo establecido en la NOM-070-SCFI-1994. Los costos para asociarse se muestran en la tabla 4.30 y son de acuerdo a la actividad del productor.

Tabla 4. 30 Costos para asociarse al COMERCAM.

Actividad	Pago de inscripción [\$]	Pago por anualidad [\$]
Productor de agave	500.00	500.00
Productor de agave y mezcal o productor de mezcal	1000.00	1000.00
Productor de agave-mezcal- envasador o productor de mezcal-envasador	5000.00	5000.00
Envasador comercializador	5000.00	5000.00
Comercializador	5000.00	5000.00

Para el caso de la empresa, únicamente corresponden los costos de inscripción y el pago de anualidad como productor de mezcal, por lo tanto, el costo total es de \$ 2000.00. Entonces, los costos totales para el control de calidad y la certificación por parte del COMERCAM ascienden a \$ 39260.00 anuales.

El costo fijo total se resume en la tabla 4.31.

Tabla 4. 31 Resumen de costo fijo.

Concepto	Costos [\$]
Depreciación	898970.65
Gastos de mantenimiento	381264.80
Mano de obra indirecta	272160.00
Gastos administrativos	415920.00
Costos de control de calidad	39260.00
Total	2007575.45

4.3.4 Depreciación y amortización

En la tabla 4.23 se indican los porcentajes de depreciación autorizados por el gobierno mexicano y con esos datos se elabora la tabla 4.32. La inversión total de la planta es de \$12899610.50, sin incluir el terreno, y de acuerdo con el valor de salvamento a cinco años equivalente a \$8413757.25, se obtiene una amortización de 65.22%.

Tabla 4. 32 Depreciación y amortización (miles de pesos).

Concepto	Valor	%	Año a futuro					Valor de salvamento
			2009	2010	2011	2012	2013	
Maquinaria y equipo de producción	6528.3	8	522.3	522.3	522.3	522.3	522.3	3917.0
Equipo de oficina	39.6	10	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	19.8
Equipo de computo	36.0	25	9.0	9.0	9.0	9.0	0.0	0.0
Obra civil	5316.5	5	265.8	265.8	265.8	265.8	265.8	3987.4
Inversión diferida	979.2	10	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	489.6
	12899.6		899.0	899.0	899.0	899.0	890.0	8413.8

4.3.5 Activo circulante

La inversión que se requiere tener para el pago de estos gastos en un mes son: mano de obra directa: \$ 28080.00; mano de obra indirecta: \$ 22680.00; sueldos administrativos: \$ 29160.00; electricidad: \$ 9874.07; combustible: \$ 346012.09; agua: \$ 2153.22 y consumibles el área de producción: \$ 3810.19, haciendo un total de \$ 441769.57. No se consideran los costos de los servicios externos, puesto que para este tiempo aun no es requerido. El efectivo que deberá tenerse en inventario de materia prima equivalente a la producción de 45 días se calcula empleando la tabla 4.12, obteniéndose el siguiente: \$ 317358.00. Con los datos obtenidos, valores e inversiones e inventarios, se determina el activo circulante, el cual corresponde a \$ 759127.57.

4.3.6 Pasivo circulante

Utilizando una tasa de 3% y el activo circulante de \$759127.57 se obtiene el pasivo circulante, el cual tendrá un valor estimado de \$253042.52. Este valor es el capital adicional necesario para que la empresa empiece sus operaciones.

4.3.7 Inversión inicial en activo fijo

El activo que se muestra en la tabla 4.33 tiene un incremento del 5% con respecto al costo total de los conceptos de activo fijo y diferido.

Tabla 4. 33 Activo fijo y diferido.

Concepto	Costo [\$]
Terreno	517250.00
Construcción de obra civil	5316500.00
Maquinaria y equipo	6528270.00
Muebles y equipo de oficinas	75600.00
Montaje, instalación eléctrica, supervisión y administración del proyecto	979240.50
Subtotal	13416860.50
Más 5% de imprevistos	670843.03
Total	14087703.53

4.3.8 Financiamiento de la inversión

Calculada la inversión fija y diferida se propone la solicitud de un crédito bancario de cinco millones de pesos con un interés del 30% a un plazo de cinco años. Con base en los datos anteriores y empleando la ecuación 2.18 se determina las anualidades a pagos iguales, los cuales se tabulan en la tabla 4.34.

Tabla 4. 34 Pago de la deuda.

Año	Interés (miles de pesos)	Pago (miles de pesos)		Deuda después del Pago (miles de pesos)
		fin de año	a capital	
0				5000.00
1	1500.00	2052.91	552.91	4447.09
2	1334.13	2052.91	718.78	3728.31
3	1118.50	2052.91	934.41	2793.90
4	838.17	2052.91	1214.74	1579.16
5	473.75	2052.91	1579.16	0.00

4.3.9 Ingresos por ventas sin inflación.

En el estudio de mercado se determinó producir 307507 litros anuales, si cada litro se vende a \$ 35.00, entonces los ingresos por ventas se calculan para cada año tomando en cuenta la capacidad instalada de la planta, estos datos se muestran en la tabla 4.35.

Tabla 4. 35 Ingresos sin inflación.

Período anual	Litros vendidos	Precio unitario [\\$]	Ingresos [\\$]
2009	307507	35.00	10762752.00
2010	615014	35.00	21525504.00
2011	615014	35.00	21525504.00
2012	615014	35.00	21525504.00
2013	615014	35.00	21525504.00

El balance general se determina con la ecuación (2.19), y se presenta en la tabla 4.36.

Tabla 4. 36 Balance general de activos.

Activo	Circulante	Valores e inversiones [\\$]	441769.57
		Inventarios [\\$]	317358.00
	Fijo y diferido [\\$]		14087703.53
Total [\\$]			14845268.58
Pasivo	Circulante	Deudas e impuestos [\\$]	253042.52
	Fijo	Prestamos a cinco años [\\$]	5000000.00
Total [\\$]			5253042.52
Capital [\\$]			9593788.58

4.3.10 Resultado proforma con inflación, financiamiento y producción constante

Este resultado se obtiene al tomar en cuenta la inflación del 20% de los ingresos y costos. En la tabla 4.37 se presenta el estado de resultados.

4.3.11 Estrategia de introducción al mercado con base en la rentabilidad.

Una estrategia para consolidarse en el mercado es bajar el precio sin reducir la rentabilidad, por lo que ahora se procede a calcular el precio mínimo de venta sin afectarla. Para determinar cuál es el precio mínimo al que se puede vender el litro de mezcal y que la inversión siga siendo rentable, realizamos el siguiente análisis

utilizando cifras redondeadas en miles de pesos: Inversión inicial= 13417; Flujo neto efectivo anual= 2315; Valor de salvamento = 8414.

Tabla 4. 37 Estado de resultados.

Año	Inicial	2009	2010	2011	2012	2013
Producción [l]	307507.20	307507.20	307507.20	307507.20	307507.20	307507.20
(miles de pesos)						
+ Ingreso	10762.8	12915.3	15498.4	18598.0	22317.6	26781.2
- Costos de producción	6300.5	7560.7	9072.8	10887.3	13064.8	15677.8
- Costos de administración	415.9	499.1	598.9	718.7	862.4	1034.9
- Costos financieros		1500.0	1334.1	1118.5	838.2	473.7
= Utilidad antes de impuesto (UAI)	4046.3	3355.5	4492.5	5873.5	7552.2	9594.7
- Impuestos 47%	1901.8	1577.1	2111.5	2760.5	3549.5	4509.5
= Utilidades después de impuestos (UDI)	2144.5	1778.4	2381.0	3113.0	4002.7	5085.2
+ Depreciación	899.0	1078.8	1294.5	1553.4	1864.1	2237.0
- Pago de capital		552.9	718.8	934.4	1214.7	1579.2
= Flujo neto de efectivo		2304.3	2956.8	3732.0	4652.0	5743.0

Como la producción de mezcal se encuentra en sus momentos críticos, aplicamos un premio al riesgo a la inversión por 10%, tomando a este valor como la *TMRA* y *VPN* igual a cero, se tiene:

$$VPN = -13417 + FNE \left[\frac{1.1^5 - 1}{0.1 \cdot 1.1^5} \right] + \frac{8414}{(1.1)^5} = 0$$

Calculado el valor de *FNE* = 2161181 pesos, se construye la tabla 4.38 para calcular el ingreso mínimo que se puede tener en la empresa, considerando que los gastos son los mismos que se muestran en la tabla 4.37, pues se pretende producir la misma cantidad de mezcal anualmente, obteniéndose el ingreso anual es de \$ 9.082 millones; si la producción sigue siendo de 307507.2 litros de mezcal, entonces el precio mínimo de venta por litro es:

$$PU = \frac{9081744.51}{307507.20} = 29.53$$

La inversión en esta empresa es rentable a un vendiendo el litro de mezcal a \$ 29.53, laborando en un turno y utilizando el 42% de la capacidad instalada. De aquí se

deduce que la rentabilidad aumenta a medida en el aprovechamiento de la capacidad instalada se aproxima al 100% (figura 4.14).

Tabla 4. 38 Ingreso mínimo por ventas.

Año	Inicial
Producción	307507.20
Miles de pesos	
+ Ingreso	9082
- Costos de producción	6284
- Costos de administración	416
= Utilidad antes de impuesto (UAI)	2381
- Impuestos 47%	1119
= Utilidades después de Impuestos (UDI)	1262
+ Depreciación	899
= Flujo neto de efectivo	2161

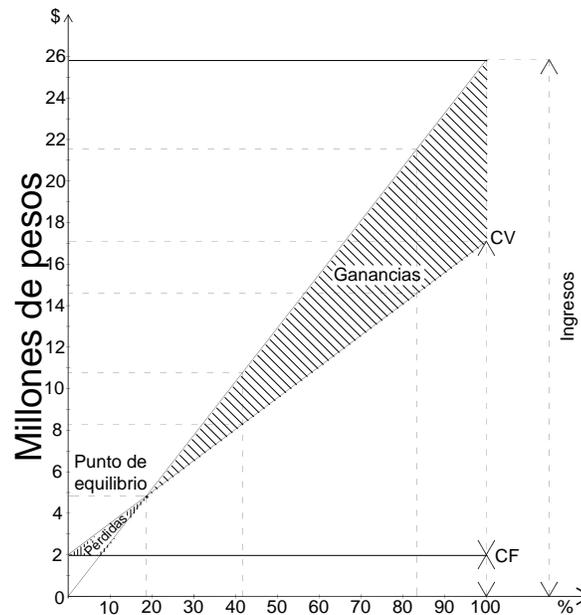


Figura 4. 14 Diagrama de capacidad instalada-ingresos.

4.3.12 Cronograma de inversión.

El cronograma que se muestra en la figura 4.15 incluye la programación de las actividades propias para la instalación de la planta, desde adquirir el terreno hasta el tiempo en que la empresa presenta la puesta en marcha de las actividades productivas de 45 días.

Actividad	Tiempo en meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elaboración del estudio	■	■	■									
Trámites legales		■	■									
Trámites de financiamiento				■								
Adquisición de terreno		■										
Preparación del terreno				■								
Construcción de obra civil					■	■	■	■				
Adquisición de maquinaria y equipo							■	■				
Recepción e instalación de maquinaria									■	■		
Instalaciones hidráulicas, eléctricas y gas						■	■	■				
Compra de mobiliario										■		
Colocación de mobiliario											■	■
Pruebas											■	■
Inicio de producción												■

Figura 4. 15 Cronograma de inversión.

4.4 Sumario.

En este capítulo, se desarrollo la ingeniería básica, dicha herramienta permitió establecer la capacidad de planta, además de definir la ubicación de manera que se disponga de la materia prima e insumos para cumplir con la demanda de mezcal. También se determinó la cantidad de mano de obra y la productividad de cada equipo requerido para cada una de las fases del proceso industrializado. La distribución en planta de estos equipos también fue desarrollada en este capítulo, con la finalidad de tener una minimización en los tiempos generados por los recorridos de la materia en proceso. La distribución de planta, permite la flexibilidad de la empresa, logrando duplicar la producción adicionando un mínimo de inversión para la construcción de dos tinas de inoculación y cuatro de fermentación. Los espacios para la instalación de estos equipos se encuentran considerados en la distribución de planta. Se continuó con el estudio financiero, con el que se determinó la factibilidad de la planta con la finalidad de determinar si existe rentabilidad económica del proyecto bajo las condiciones planteadas. Los resultados obtenidos, se presentan en el capítulo V.

CAPÍTULO V. Resultados.

5.1 Estudio de mercado.

5.1.1 Pronóstico de la demanda insatisfecha.

El volumen de la capacidad de planta inicial es de 300 mil litros de mezcal, dato obtenido de la comparación de la demanda pesimista y el pronóstico de la oferta. El área oscura de la figura 5.1 indica el crecimiento de la demanda insatisfecha para el período de 2006 a 2015.

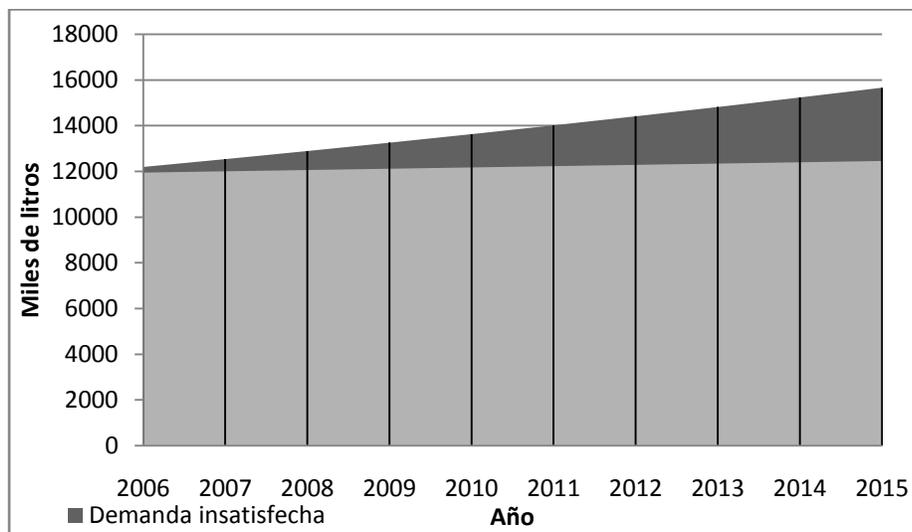


Figura 5. 1 Demanda insatisfecha de mezcal a futuro

5.1.2 Tamaño óptimo de la planta.

La capacidad de planta estimada, permitió determinar el tamaño de los equipos necesarios para el procesamiento de 7293 kg de agave diarios. Las características principales de los equipos más importantes se indican en el anexo B. La selección de equipos y espacio permite, que la planta sea flexible, pues se han considerado las áreas necesarias para la instalación de equipos futuros en el caso que se desee aumentar la producción de mezcal. Dichas áreas corresponden a la ocupada por las tinajas de inoculación y fermentación, las cuales presentarían cuellos de botella dentro de la cadena productiva. Con lo que respecta a los demás equipos seleccionados, y

de acuerdo a su productividad para el procesamiento de 7392 kg, estos permiten ser ocupado en un turno (ocho horas), por lo que para posibles ampliaciones se tendrá que adicionar otro turno, de tal manera que el aprovechamiento de los equipos instalados se aproxime al 100%, lo que permite que la eficiencia de la planta se maximice.

5.1.3 Pronóstico del precio.

La proyección del precio, de acuerdo con los datos obtenidos por medio del método de mínimos cuadrados, presenta un crecimiento colocando al mezcal para el año 2009 en \$ 28.00 el litro y para el año 2015 en \$ 32.5 el litro vendido a granel. Estos datos se esquematizan en la figura 5.2.

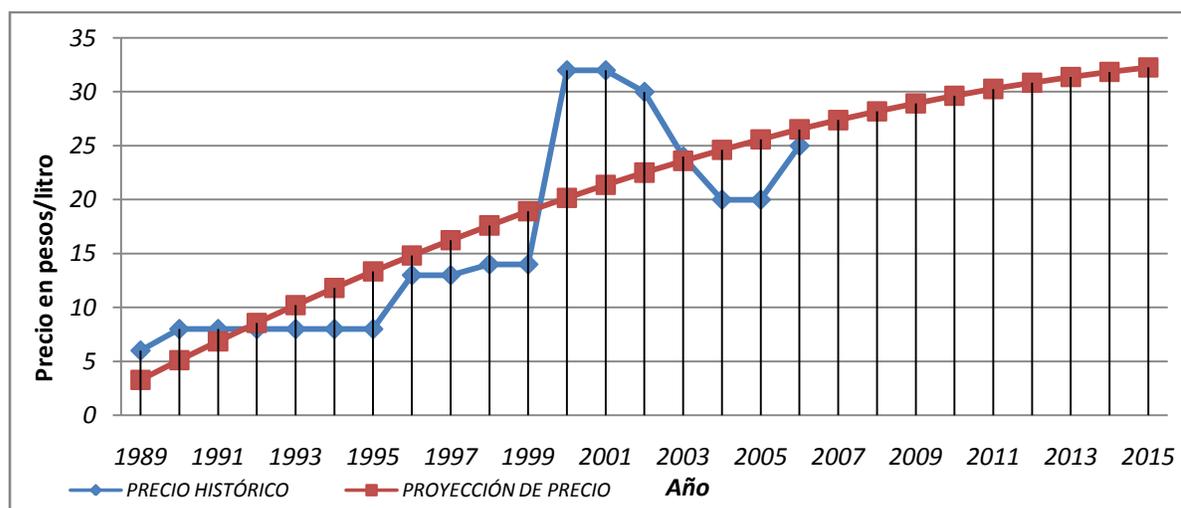


Figura 5. 2 Ajuste de precio y proyección a futuro.

5.2 Estudio técnico.

5.2.1 Determinación de las condiciones de la ubicación de la planta.

La planta a que se refiere este estudio se encuentra ubicada dentro del municipio de San Pablo Villa de Mitla perteneciente al distrito de Tlacolula Oaxaca, dentro de la región de los Valles Centrales, a 46 kilómetros de la capital Oaxaqueña.

Este municipio recibe la señal de radio y televisión que transmite la repetidora regional ubicada en la Ciudad de Oaxaca; opera con teléfonos públicos y privados; oficinas de

correos y telégrafos; dispone de servicios de transporte público como una central camionera de segunda clase y servicio de taxis a la ciudad de Oaxaca. También dispone de un centro de salud rural tipo “C” y consultorios médicos particulares. Las vías de acceso a la comunidad son como se muestra en la figura 4.4. Según las apreciaciones del Ayuntamiento, la población beneficiada del servicio de agua potable es del 99%; el 90% tiene alumbrado público; y el 85% dispone de drenaje urbano. La Villa de Mitla está considerada como un centro comercial y turístico. La fabricación y venta de productos artesanales como hilados y tejidos de lana realizados en telares domésticos y la elaboración de mezcal presentan gran demanda, lo que constituye, una importante fuente de ingresos.

5.2.2 Cuantificación de masa y energía en el proceso.

Se estableció que para satisfacer la demanda insatisfecha, es necesario procesar 7392 kg de agave al día, además, se requiere de otros materiales, así como de energía para las operaciones de cocción y molienda. En la tabla 5.1 se presentan las cantidades de masa y energía requerida en cada fase del proceso.

Tabla 5. 1 Masa y energía en el proceso.

Fase	Materia	Cantidad	Energía	Cantidad	Observación
Cocción	Agave	7392 kg			
	Vapor	110376 kg/h. 882.93 kg.			
			Flujo de calor	67.757 kJ/s 243925.20 kJ/h	
Molienda	Agave	7392 kg			
	Mieles	441.46 kg			
	Jugos	5682 kg			
	Agua	740 kg			
	Bagazo de agave	1710 kg			Sale del proceso.
Fermentación	Formulado	6864 kg 6123 m ³ .			Mezcla de jugos, mieles y agua.
	Agua	3 061 m ³ .			50% del formulado
	Levaduras	12 kg			
Destilación	Mosto	9925 kg			
	Vapor	960.38 kg/h 8643.42 kg			
			Flujo de calor	599.07 kJ/s 2156660.94 kJ/h	

5.2.3 Establecimiento de las condiciones de operación.

5.2.3.1 Tiempos muertos y movimientos.

Los tiempos y movimientos se utilizan para medir el trabajo y su resultado es el tiempo que una persona requiere para ejecutar sus actividades programadas. Los objetivos que se buscan con estos conceptos es: disminuir los tiempos de ejecución de una actividad, mejorar la calidad, además de la confiabilidad del producto, minimizar los desperdicios de materia prima lo cual conducirá a la reducción de costos de producción, maximizar la seguridad, salud y bienestar de los trabajadores, además suelen considerar la protección al medio ambiente.

Tabla 5. 2 Tiempos y movimientos del recurso humano y maquinaria.

Actividad	Tiempo en horas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Pesado, seccionado, desfibrado y transporte de agave.	■	■																						
Cocción.			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Drenado de mieles amargas.						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vaciado de autoclave.	■	■																						
Transporte y molienda de agave cocido.			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Enfriamiento de jugos.						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Transporte de bagazo.																								
Bombeo de jugos a las tinas de inoculación.																								
Inoculación.																								
Bombeo de inoculado a las tinas de fermentación.																								
Fermentación.																								
Bombeo del primer lote de mosto al destilador.	■	■																						
Destilación del primer lote.																								
Bombeo del segundo lote de mosto al precalentador.																								
Destilación del segundo lote.																								

■ Tiempo de operación de maquinaria y equipo.

■ Tiempo de operación del recurso humano de producción.

5.2.3.2 Cuantificación de mano de obra.

Uno de los factores importante para disminuir los costos de operación es cuantificar la mano de obra necesaria para el buen desempeño de las actividades del área de producción, esta se cuantificó empleando la tabla 4.11. En la tabla 5.3 se enlistan la cantidad de obreros, el puesto y las actividades a desarrollar.

Tabla 5. 3 Mano de obra requerida en el área de producción.

Cant.	Puesto	Actividades a realizar	Observaciones
1	Almacenista	Recibir la materia prima, materiales de consumo en el área de producción y administración, además de los equipos y refacciones de la planta. También, llevar un control de los volúmenes de producción y embarque de mezcal.	
1	Laboratorista	Realizar un control bacteriológico de la inoculación y fermentación. Supervisar la fase de destilación, además, preparar las muestras de mezcal para su respectiva certificación.	
4	Obrero	Preparar la materia prima previa a cocerse (Seccionar y desfibrar las piñas de agave, y posteriormente cargar la autoclave), supervisar la cocción vaciar la autoclave, moler el agave, separar el bagazo, operar y supervisar el sistema de bombas (abastecimiento general de la planta, en la inoculación, fermentación, destilación, torre de enfriamiento e intercambiadores de calor cocido), así como la operar la caldera.	
1	Mantenimiento	Mantener en buenas condiciones de operación los equipos y mobiliario de la planta. Realizar mantenimientos de rutina a toda la maquinaria de producción como es inspeccionar que los equipos cuenten con los niveles de lubricación, supervisar la tornillería, así como revisar que la energía eléctrica sea la recomendada por los fabricantes. Además, programar los mantenimientos que requieran ser realizados por servicios externos.	
1	Supervisor	Inspeccionar que todas las actividades productivas se realicen de a cuerdo a lo programado. También llevar un control de inventario y rendimiento de materia prima, así como de los materiales consumibles en la producción. Este empleado junto con el de mantenimiento, supervisarán que los servicios de mantenimiento externo se ejecuten según se especifique en el servicio brindado por las compañías foráneas.	

5.2.3.3 Cantidad y capacidad de equipo.

Empleando el diagrama de flujo de proceso mostrado en la figura 4.5, se elabora la tabla 5.4 para justificar la capacidad de equipo. En dicha tabla se enlistan los equipos con capacidad estandarizada, también, los equipos que se construirán de acuerdo a las necesidades de tecnificación y a la materia que se procesara. Considerando principalmente al autoclave por tener una construcción compleja; además existen un

gran número de fabricantes en el mercado. La caldera, a pesar de que también tiene un grado de complejidad en su operación, en este caso se determina como un equipo secundario debido a que no intervienen directamente en el proceso; de igual forma se encuentra una variedad de fabricantes, las condiciones de selección tendrán un impacto directo en la relación costo beneficio y en los rendimientos de estos.

Tabla 5. 4 Equipos requeridos.

Equipos de capacidad estandarizada	Equipos fabricados según necesidades
Básculas de 3 t y 10 kg	Seccionadora de agave
Autoclave	Desfibradora de agave
Compresor	Silo para la recepción de agave cocido
Filtros para agua	Molino de rodillos
Bombas (jugos, inoculado, fermentado, agua, enfriamiento, alimentación de agua)	Tuberías (jugos, inoculado, fermentado, agua, enfriamiento, alimentación de agua)
Caldera	Tanques para inoculación
Tanque de almacenamiento de gas L. P.	Tanques para la fermentación
Hidroneumático	Red de distribución de gas L.P.
	Torre de enfriamiento
	Pozo profundo de agua
	Cisterna y tanque elevado para agua
	Líneas de vapor
	Red de distribución de aire comprimido
	Fosa y red de tratamiento de desechos líquidos
	Banda transportadora con paletas
	Banda transportadora de cangilones
	Pre calentador
	Destilador
	Intercambiadores de calor (jugos, mosto)

5.3 Estudio financiero.

5.3.1 Análisis y determinación del punto de equilibrio.

Según la grafica 5.2, el precio de mezcal a granel por litro puesto en palenque para el año 2008, será de aproximadamente \$ 28.00, no certificado, de esta manera, el precio de venta por litro de mezcal por parte de ésta empresa es de \$35.00, considerando el valor agregado que adquiere con la certificación del COMERCAM. La cantidad de mezcal producido anualmente por la empresa es de 307507 litros; los costos fijos son \$ 2007575.45 y los costos variables de \$6300544.32, por lo tanto, los costos variables unitarios se obtienen como sigue:

$$C_v = \frac{CV}{Q} = \frac{6300544.32}{307507.2} = \$ 20.49$$

Sustituyendo en la ecuación 2.16 se obtienen las unidades vendidas para alcanzar el punto de equilibrio.

$$Q_E = \frac{2007575.45}{35 - 20.49} = 138349.43 \text{ l}$$

En la tabla 5.5 se tabulan los costos variables, los costos totales y los ingresos a diferentes unidades vendidas, y se grafican en la figura 5.3.

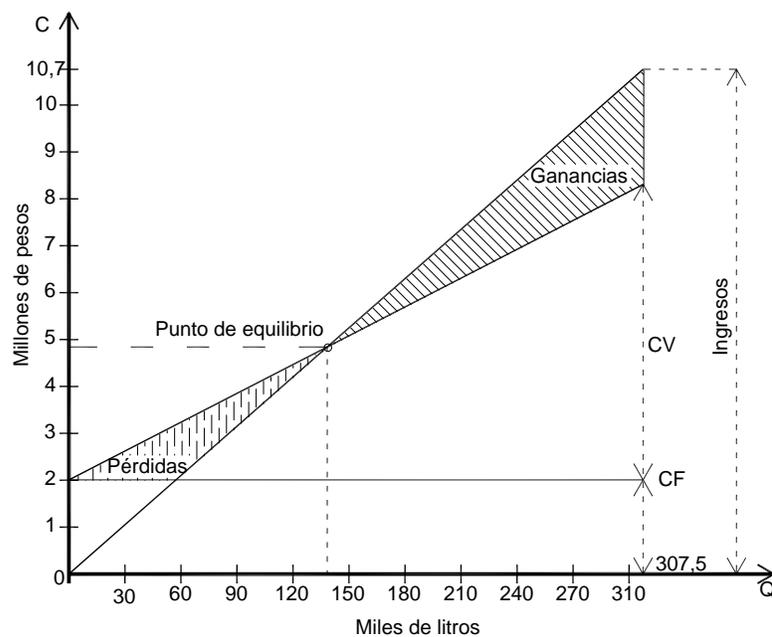


Figura 5. 3 Punto de equilibrio.

Tabla 5. 5 Valores para determinar el punto de equilibrio.

Unidades litros	Costos Fijos [\$]	Costos Variables [\$]	Costos Totales [\$]	Ingresos [\$]
0	2007575.45	0.00	2007575.45	0.00
30000	2007575.45	614672.86	2622248.31	1050000.00
60000	2007575.45	1229345.72	3236921.17	2100000.00
90000	2007575.45	1844018.57	3851594.02	3150000.00
120000	2007575.45	2458691.43	4466266.88	4200000.00
137847	2007575.45	2834654.72	4842230.17	4824660.01
150000	2007575.45	3073364.29	5080939.74	5250000.00

Tabla 5. 6 (Continuación).

Unidades litros	Costos Fijos [\$]	Costos Variables [\$]	Costos Totales [\$]	Ingresos [\$]
180000	2007575.45	3688037.15	5695612.60	6300000.00
210000	2007575.45	4302710.01	6310285.46	7350000.00
240000	2007575.45	4917382.86	6924958.31	8400000.00
270000	2007575.45	5532055.72	7539631.17	9450000.00
300000	2007575.45	6146728.58	8154304.03	10500000.00
307507	2007575.45	6300544.32	8308119.77	10762752.00

5.3.2 Evaluación económica de la planta.

La evaluación económica se ejecutó con inflación y financiamiento producción constante. Primeramente se determinó que la inversión total de la empresa, cuyo valor fue de \$13416860.50 y está integrado por una inversión inicial de \$8416860.50 y un interés de 35%, el crédito solicitado a una institución bancaria es de \$5000000.00 con un interés de 30% a un plazo de cinco años. Con estos datos se determina la *TMAR* mixta:

$$TMAR_{mixta} = \frac{8416860.50}{13416860} (0.35) + \frac{5000000}{13416860} (0.30) = 0.33$$



Figura 5. 4 Flujo de efectivo.

En la figura 5.4 se muestra el diagrama de flujo para la evaluación económica empleando la tabla 4.36, con las cifras redondeadas a miles de pesos, y posteriormente se calcula el *VPN*.

$$VPN = -8417 + \frac{2304}{(1+0.33)} + \frac{2957}{(1+0.33)^2} + \frac{3732}{(1+0.33)^3} + \frac{4652}{(1+0.33)^4} + \frac{26679}{(1+0.33)^5}$$

$VPN = 4.42$ millones de pesos.

Calculo de la TIR.

Empleando la ecuación 2.20 y tomando a i como la *TMAR* mixta, se calcula la *TIR* obtenida cuando el VPN es igual a cero, por lo tanto, sustituyendo en 2.20 se tiene:

$$8417 = \frac{2304}{(1+i)} + \frac{2957}{(1+i)^2} + \frac{3732}{(1+i)^3} + \frac{4652}{(1+i)^4} + \frac{26679}{(1+i)^5}$$

Resolviendo se estima que $i = 49.97\%$

Una vez obtenidos los datos, donde se determinó que $VPN=4.42$ millones de pesos y la *TIR*, $i=49.97\%$, se determina que es conveniente solicitar el financiamiento de cinco millones de pesos, puesto que se cumple con los criterios de aceptación mostrados en la tabla 2.7. **Por lo tanto, el proyecto resulta rentable.**

5.4 Sumario.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la ingeniería básica (capítulo IV). Los principales resultados indican que para satisfacer la demanda insatisfecha creciente para los próximos años esta asciende a 300 mil litros anuales. Por lo tanto para ofertar esta cantidad de mezcal se requiere de 7392 kg de maguey al día, con este dato se determina la capacidad de los equipos y la mano de obra necesaria para el desarrollo del proceso productivo. Con la selección de los equipos y mano de obra, se estiman los costos fijos y variables, para evaluación económica del proyecto. El punto de equilibrio se ubica en los 137847 litros vendidos en un año. Por tanto, empleando el 42% de la capacidad instalada y logrando la venta total de la producción, se obtienen utilidades por \$ 2454632.23. El VPN de la inversión se calculó de 4.42 millones de pesos y la *TIR* de 49.97%.

Discusión.

Normatividad.

El maguey es una planta que forma parte del inventario de los recursos naturales, especialmente en el estado de Oaxaca, por lo que su explotación orientada hacia el aprovechamiento deberá estar regulada por la Ley General del Equilibrio Ecológico, la cual establece que para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como para la protección al ambiente, es necesario propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 1998). Por lo anterior, la planta tecnificada productora de mezcal deberá cumplir con esta ley y con las normas oficiales mexicanas que emita la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), como una forma de respetar los instrumentos de política ambiental nacional. Lo que quiere decir que si dicha planta desarrolla sus actividades dentro de la ley y en un marco sustentable, estará protegiendo y garantizando a largo plazo la calidad de los recursos naturales mencionados como materias primas básicas para su producción. Además, la tecnología adoptada por la planta de producción de mezcal deberá contribuir al desarrollo regional, a las actividades económicas, no dañar el medio ambiente, promoviendo la protección y el bienestar de los habitantes de la región como factor importante de la producción regional (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 1998).

Otras normas empleadas son las aplicadas para la elaboración de mezcal como: de productos alimenticios, de salud, del trabajo, higiene y seguridad y las demás que apliquen para su operación; algunas normas que se aplicaran durante la operación son NOM-120-SSA1-1994, NOM-142-SSA1-1995, NOM-070-SCFI-1994 y Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Para garantizar la calidad del producto y evitar problemas para la empresa con las instituciones reguladoras, se vigilará el cumplimiento de estas normas, las cuales contienen las disposiciones

sanitarias, especificaciones del producto, muestreo, métodos de pruebas y denominación de origen.

Aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos.

Las mieles amargas, son un producto ácido que se produce en la cocción del agave, por lo que se recomienda utilizarlo en tierras de cultivo que tengan un pH básico, aunque lo ideal, es que el residuo se trate en una fosa antes de desecharlo (Bautista et al., 2001). Por otra parte, la vinaza, producto remanente de la fase de destilación, forma el impacto ambiental de mayor importancia en la producción de mezcal. Por contener un pH ácido, y debido a la falta de conocimiento en otros usos y aplicaciones, son desechadas, siendo base principal para la contaminación de los mantos acuíferos. Investigaciones realizadas con la vinaza de cocui, determinaron que este desperdicio cuenta con nutrientes, útiles para la producción de fertilizantes, composta y alimento para animales (Leal et al., 2003).

El bagazo de agave, es un residuo altamente contaminante debido a los altos contenidos de azúcares, lignina, celulosa y hemicelulosa. Este desecho es un subproducto sólido que tiene una composición química que lo hace resistente a la acción de los microorganismos (Baena, 2005); por lo que requiere de dos a tres años para su degradación, asimismo, su contaminación más perceptible, es el mal olor generado en su proceso de descomposición, además, es un nicho para la reproducción de roedores y patógenos. Uno de los riesgos más graves, es que se comporta como material combustible cuando se deshidrata (Navarro, 2006). Estas fibras, han tenido aplicación para la elaboración de ladrillos o como relleno de tapicería (Bautista et al., 2001). En algunos estudios, el bagazo ha sido utilizado para la elaboración de artículos como mesas, sillas, artesanías y fertilizantes. El aprovechamiento de este desecho, puede generar nuevos empleos y por ende, la disminución de su contaminación. La Universidad de Guadalajara, realizó estudios sobre el diseño de objetos a base de bagazo (85%) y materiales polímeros (15%), empleando para ello, una máquina termoformadora, la cual tiene un costo de aproximadamente 300 mil pesos (Navarro, 2006).

González et al., (2005), analizaron alternativas de aprovechamiento del bagazo de *agave tequilana* Weber, y propusieron dos líneas de investigación para obtener productos con valor agregado a partir de los residuos; una consiste en utilizarlo como fuente de carbono de bajo costo para la producción de biopolímeros y carbohidrasas, y la otra, es la obtención de compuestos fenólicos a partir de la lignina presente en las fibras. Finalmente argumentan que el bagazo es un material viable para ser usado como sustrato en procesos fermentativos, y que existen posibilidades para desarrollar procesos de bioconversión técnicamente factible, eficiente y económicamente atractivo.

Otra aplicación de las fibras de agave, es su uso como fertilizante y como sustrato para plantas de invernadero, que consiste en su biodegradación. Esta se desarrolla con dos herramientas biotecnológicas: el compostaje con lombrices y por microorganismos. Estos dos elementos disminuyen los volúmenes de materia orgánica, mediante la degradación de las proteínas, grasas y azúcares, y las transforman en compuestos, agua o sustratos industriales los cuales se utilizan para mejorar el suelo y las plantas, y que resultan de mejor calidad que los utilizados de importación por los agrónomos mexicanos. Un estudio realizado con el bagazo de maguey verde (*agave salmiana*), registró un sustrato con 8.15% de lignina y 37.3% de celulosa, características necesarias para el crecimiento y desarrollo de hongos comestibles (*pleurotus ostreatus*). Con esta alternativa, se genera una opción para el aprovechamiento de estos desperdicios y se obtienen beneficios ambientales y socioeconómicos (Baena, 2005).

Producción de mezcal.

Se pronostica que a corto plazo, los volúmenes de mezcal envasado de exportación podrían duplicarse, y en el mediano plazo quintuplicarse, siempre y cuando se apoyen los eslabones de envasado y comercialización. Los mercados potenciales de exportación para el mezcal, son aquellos países cuyas exportaciones de vinos y licores muestran una mayor tasa media de crecimiento anual (TMCA) como: Nueva Zelanda (47.9%), Suecia (47.0%), España (32.0%), Países Bajos (21.2%), Francia

(10.1%) y Alemania (8.7%). En 1994, de 2.875 millones de litros producidos, el 78 % (2.238 millones) se consumieron en el mercado nacional y el resto (el 22% ó 637 mil litros) se exportaron a diferentes países de América, Europa y Asia (Diagnóstico de la cadena productiva, 2004).

Debido a que en el estado de Oaxaca, no se cuentan con datos históricos recientes sobre la oferta y la demanda del mezcal, se estimaron estos datos mediante métodos de análisis numérico y posteriormente se realizaron las proyecciones de la demanda, oferta y precio del mezcal para adecuarlas a nuestro objeto de estudio.

Tecnificación industrial.

Algunos investigadores han evaluado económicamente sus procesos industriales, previos a la construcción, tal es el caso de Montoya et al., (2005) quienes emplearon el Software Aspen Plus para realizar la evaluación económica del proceso de obtención de etanol a partir de maíz y de la caña de azúcar. Estos autores encontraron que la utilización de caña de azúcar presenta una mayor factibilidad económica.

Otros investigadores han recurrido a la automatización de las plantas industriales, ya que esta ofrece grandes oportunidades para el desarrollo de proyectos de inversión de alta rentabilidad. Las corporaciones que no tomen decisiones frente a los cambios que genera el entorno, están condenadas a perder su rentabilidad y desaparecer. Los proyectos de automatización y su adquisición requieren proveerse de nuevas tecnologías y su adquisición en el extranjero tiene costos muy altos y pueden hacer no rentables a muchas iniciativas. La posibilidad de un desarrollo nacional de las tecnologías que los proyectos de automatización necesitan, resulta totalmente válida, si las empresas modifican algunas prácticas de gestión a las que están acostumbradas (Vilaboá, 2004). La mejora de un proceso presenta un reto para las industrias, éstas invierten una cantidad importante de capital para adquirir nueva maquinaria, capacitar al personal y alcanzar nuevos estándares de calidad más

competitivos, y destinan muy poco para el desarrollo de tecnología (Domínguez, 2006).

Evaluación económica de la planta.

Por lo anterior, la evaluación económica para la instalación de un planta de esta capacidad, permite obtener utilidades de 2.5 millones de pesos utilizando el 42% de su capacidad instalada. De aquí se deduce que la industrialización y comercialización de mezcal a nivel mundial, representaría ingresos importantes para los agricultores del agave (Cruz et al., 2003).

Y que las áreas de ingeniería (mecánica, química, civil, industrial y las demás) deben ser aplicadas para aprovechar los innumerables recursos naturales, renovables y no renovables, que desde su localización, extracción, transformación y aprovechamiento requieren de conocimientos sólidos en diversas áreas, para su mejor adecuación y evitar la transferencia de tecnología de una industria a otra, pues según Vega, (2005) las tecnologías frecuentemente se han transferido por tradición en procesos de producto, maquinaria, nuevos y mejores métodos de producción, procesos de fabricación de nuevos productos, sistemas operativos y de comercialización más modernos y muchas otras. México cuenta con una diversidad de áreas que no han sido aprovechadas adecuadamente, por lo que esto se vuelve un potencial para incrementar la industrialización del país y la comercialización de los productos mexicanos con un mayor valor agregado. Las herramientas para afrontar el desempleo, se adquieren mediante la práctica y el ejercicio de la profesión (Cruz et al., 2003).

Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

Con la estimación de los costos variables y fijos (tablas 4.18 y 4.31) se obtuvo el punto de equilibrio (figura 5.3), determinándose que éste se mantiene con una venta anual de 137 847 litros (tabla 5.5), en tanto que un incremento en las ventas genera mayores utilidades, como se puede observar en la misma figura 5.3. Posterior a la evaluación económica se determinó la conveniencia de instalar una planta productora de mezcal, ya que con una utilización del 42% de la capacidad instalada se reciben utilidades por 2.5 millones de pesos, y con la utilización del 83%, las utilidades ascienden a siete millones (figura 4.14). Por lo tanto se demuestra que la ingeniería básica de una planta productora de mezcal determina que la rentabilidad aumenta a medida que la capacidad de la planta es aprovechada.

Recomendaciones.

Este trabajo presenta un panorama amplio sobre las necesidades tecnológicas de una planta productora de mezcal, por lo que, para trabajos futuros, se recomienda realizar el diseño detallado de los equipos requeridos para el proceso, conforme a la capacidad de planta definida, para evitar la sobrecapacidad o deficiencia de sus operaciones.

Es importante el seguimiento de los proyectos, porque conducen al desarrollo tecnológico permitiendo a largo plazo la industrialización del sector además de generar indicadores propios que permitan su eficientización y rentabilidad económica.

El sector mezcalero debe de incorporar un programa de gestión ambiental que le permita maximizar los recursos naturales. Además de contar con un proyecto para la mitigación del impacto ambiental restituyendo la materia prima a corto plazo. Asimismo deberá generar propuestas para la reutilización de subproductos obtenidos del ciclo de vida del proceso.

Referencias

Agroproduce Oaxaca, (2007) Sistema producto maguey-mezcal. *Órgano Informativo de la fundación produce Oaxaca A.C.* Año 02, Numero 16, Febrero 2007, Oaxaca. Fundación Produce Oaxaca A.C.

Álvarez, J. (2004) *Plan de negocios de exportación de mezcal La Feria al mercado de la República Federativa del Brasil*. Tesis de Maestría. Escuela de Negocios Departamento de Administración de Empresas, Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México.

Antonio, J. (2005) "Globalización y estrategias de desarrollo rural sostenible en las unidades socioeconómicas campesinas de Oaxaca México". *Instituto de Investigaciones Sociológicas*, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca.

Baca, G., (2006) *Evaluación de proyectos*. Quinta edición, México. McGraw-Hill-Interamericana.

Baena, A., (2005) *Aprovechamiento del bagazo de maguey verde (A. salmiana) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí, para la producción de Hongo Ostra (pleurotus ostreatus)*. Tesis de maestría. San Luis Potosí, Instituto Potosino de Investigaciones Científica y Tecnológica A. C.

Banco de comercio exterior, (2002) Países hacia donde se exportó mezcal. BANCOMEXT, México, <http://www.bancomext.com.mx>. [Accesado en marzo de 2007]

Bautista, J., García, L., Barboza, J. y L. Parra, (2001) "El agave tequilana Weber y la producción de tequila" en *Acta Universitaria*. Año/vol. 11, número 2. Agosto 2001, pp. 26-34.

Berenson, M. y D. Levine, (1992) *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. 4ta. Edición, México, Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana S. A.

Caballero, M. y L. Silva, (2007) “Tecnología para una planta híbrida productora de mezcal y miel *Agave angustifolia* Haw” en el CIIDIR IPN Unidad Oaxaca. *III jornadas Politécnicas de Investigación 2007*, 14 y 15 de noviembre de 2007, Oaxaca.

Casas, R. (2006). Between traditions and modernity: Technological strategies at three tequila firms. *Technology in Society*, Vol.28, Pp.407-419.

CNSPMM, (2005) Estados que cuentan con la denominación de origen mezcal, *Comité Nacional del Sistema producto Maguey Mezcal*. [En línea]. México, disponible en: <http://www.cnspmm.org/estados.html>. [Accesado el día 25 de mayo de 2007]

CNSPMMAC, (2007) Descripción del proceso de producción del mezcal, *Comité Nacional del Sistema producto Maguey Mezcal A. C.* [En línea]. México, disponible en: <http://www.magueymezcal.org>. [Accesado el día 10 de abril de 2007]

Colunga, M., (2006) *Base de datos de nombres técnicos o de uso común en el aprovechamiento de los agaves en México*. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS007. México D. F., Centro de Investigación Científica de Yucatán AC.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (1998) *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero de 1988. México.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, (1984) *Ley General de Salud*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 7 de febrero de 1984. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación, el día 9 de mayo de 2007. México.

Cruz, M., Moreno, I., Guzmán, M. y H. Cruz, (2003) “La globalización y los retos empresariales que los profesionales de las industrias de proceso y de la transformación que deben asumir en el siglo XXI. En *Tecnología, Ciencia y Educación*. Año/vol. 18, no. 001, enero-junio de 2003. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM, Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México pp.25-31.

Domínguez, J., (2006) "Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos" En *Ingeniería y Ciencia*, año/vol. 2, no. 004 Universidad EAFIT, Medellín Colombia, pp. 145-162.

Durán, J., Franco, R., António, V. y H. Jarquín, (1998) *Diseño de una planta productora de mezcal*. Tesis de Maestría. México, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Escutia, V. y F. Monroy. (2006), "Industrialización difusa y complejos industriales en zonas rurales, caso de IUSA en el municipio de Jocotitlán, Estado de México". En revista *Quiviera*, año/vol. 8, no. 002, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, pp. 184-208.

Fernández, A. y S. Vásquez, (2002) *Estudio de tiempos y movimientos en el proceso artesanal del mezcal a través de la ingeniería industrial en Santiago Matatlán Tlacolula, Oax.* Tesis de Licenciatura. Oaxaca, Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Fernández, G., Mayagoitia, V., y A. Quintero, (1999) *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Primera edición. México. Instituto Politécnico Nacional.

García, A. (n.d.) Planos de los distritos de Oaxaca. Oaxaca.

García, R., (2000) *Manual de fórmulas de ingeniería*. Sexta reimpresión de la segunda edición, México, Limusa Noriega editores.

Gobierno del Estado de Oaxaca, (2000) "Anexo Estadístico del Cuarto Informe de Gobierno de José Murat Casab" <http://oaxaca.gob.mx/mezcal/spanish/indica.htm> [Accesado 15 de noviembre de 2006].

González, Y., González, O. y J. Nungaray, (2005) "Potencial del bagazo de agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidras por bacterias celulósicas" En *e-Genesis revista Digital Ciencia y tecnología* [En línea]. Año/vol. 3, diciembre de

2005, Universidad de Guadalajara, disponible en: www.e-Gnosis.udg.mx [Accesado el 29 de diciembre de 2007]

Haik, Y., (2003) *Engineering desing process*. Primera Edición, USA. Brooks/Cole-Thomson.

Hall, R., y M. Lieberman, (2006) *Microeconomía, principios y aplicaciones*. Tercera edición, EUA, THOMSON Cengage Learning Editores.

Hidalgo, M., (2001) *Diseño de una máquina partidora de piñas de agave (Agave angustifolia Haw), para la producción de mezcal en el estado de Oaxaca*. Tesis de maestría. México, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco.

Inche, J., Vergiú, J., Mavila, D., Godoy, M. y A. Chung, (2004) "Diseño y evaluación de una planta de reciclaje de envases Tetra Pak a pequeña escala" En Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Vol. (7)2, Lima, Perú, pp. 07-17.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (2005) Censo nacional de población 2005, INEGI, México. <http://www.inegi.gob.mx>. [Accesado en agosto de 2007]

Karlsson, M. y A., Wolf, (2007). Using optimization model to evaluate the economic benefits of industrial symbiosis in the forest industry. *Cleaner Production*. pp.1-9

Leal, I., Chirinos, E., Leal, M., Morán, H. y W. Barrera, (2003) "Caracterización fisicoquímica de la vinaza del Agave cocui y su posible uso agroindustrial" en *Multic*. vol.3, no.2, dic. 2003, pp.83-88.

Lugo, E., (2005) *Diseño de un sistema de control para el proceso de fermentación de mezcal*. Tesis de maestría. México, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco.

Molina Guerrero, J.A., Botello Álvarez, J. E., Estrada Baltazar ,A., Navarrete Bolaños, J. L., Jiménez Islas, H., Cárdenas Manríquez, M., y R. Rico Martínez, (2007), Compuestos volátiles en el mezcal, *Revista Mexicana de Ingeniería química*, Vol. 6 No. 1, pp. 41-50.

Monterrosa, H., (2005) *Ayer y hoy del mezcal; Breve historia del mezcal en Lua´ (Oaxaca)*. México, Ediciones Conocimiento Indígena.

Montoya, M., Quintero, J., Sánchez, O., y C. Cardona, (2005) “Evaluación económica del proceso de obtención de alcohol de carburante a partir de caña de azúcar y maíz” en *Universidad EAFIT*. Vol. 41, no. 139, julio-septiembre de 2005, Medellín, Colombia, pp. 76-87.

Moreno, J., y J. Ramos, (2007) *Teoría económica, guía de ejercicios, problemas y soluciones*. Primera edición, Barranquilla Colombia, ediciones UNINORTE.

Najar, C. y J. Álvarez, (2007), “Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias de un molino de arroz”, En *Diseño y tecnología*, Año/vol. 10, no. 1, 2007, pp 22-32.

Navarro, A., (2006) “El agave es más que tequila” *La gaceta*. Año 6, edición 460, 13 de noviembre de 2006, Guadalajara. Edición de Eduardo Castañeda, disponible en: www.udg.mx/gaceta.

Ponce, C., (2007) *Pronóstico IPyC 2008, congruente y oportuno*. Reporte especial, 2 de Octubre de 2007, México, disponible en: <http://www.comfin.com.mx/comunicados/ixe/07/oct/pronostico02.pdf>. [Accesado el 29 de Diciembre de 2007]

Pozos, J., (2001) *Determinación de las propiedades físico–mecánicas del Agave angustifolia (espadín azul), utilizado en la fabricación de Mezcal*. Tesis de maestría.

México, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco.

Quiroz, J., (2001) *Lo que quería saber del mezcal y temía preguntar*. Oaxaca, Universidad José Vasconcelos de Oaxaca.

Ramales, M. y M. Barragán, (2006) “La industria del mezcal y la economía oaxaqueña” en *Revista académica de economía* [En línea]. México, disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/ramales-mezcal-a.htm>. [Accesado el 3 de noviembre de 2006]

Ramales, M. y E. Ortiz, (2006) “El proceso de elaboración de mezcal y la importancia económica del mezcal” en *Revista académica de economía* [En línea]. México, disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2006/mcro-mezcal2.htm>. [Accesado el 3 de noviembre de 2006]

Rojas, O y L. Rojas, (2006) “Diseño asistido por computador” En *Diseño y Tecnología*, Año/vol. 9, no. 001, 2006, pp 7-15.

Sánchez, A., (2005) *Oaxaca tierra de maguey y mezcal*. Segunda Edición, de Areli Martínez. Impreso en la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oax., México.

SAGARPA, (2007) Avance de siembras y cosechas. *Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación*. [En línea]. México, disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comfichados.html. [Accesado el día 31 de agosto de 2007]

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) Delegación Oaxaca, Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SEDAF) Gobierno del Estado de Oaxaca, Consejo Oaxaqueño del maguey y mezcal A. C. (COMMAC), (2004) *Diagnóstico de la cadena productiva del sistema producto maguey-mezcal*. Oaxaca.

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (1994) Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. Norma Oficial Mexicana, NOM-070-SCFI-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de noviembre de 1994. México.

SE, (2007) Archivo general de productos exportados, Secretaría de Economía, delegación Oaxaca, datos proporcionados por el Lic. Reyes Alcoltzi, el día 3 de septiembre de 2007.

Secretaría de Salud, (1995) Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. Norma Oficial Mexicana, NOM-120-SSA1-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de agosto de 1995, México.

Secretaría de salud, (1997) Bienes y servicios. Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial. Norma Oficial Mexicana, NOM-142-SSA1-1995, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 9 de julio de 1997, México.

Silva, L., (2002) *Diseño de una maquina cortadora de agave para el proceso del mezcal (enfoque metodológico)*. Tesis de maestría. México, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco.

Silva, L., Caballero, M., Alonso, M., Ríos, V., Vera, A. y P. Santiago (2006). Diversificación del aprovechamiento del agave mezcalero *Agave angustifolia haw.* a través de la generación de tecnología apropiada para la producción de mieles y mezcal en el estado de Oaxaca. Informe Técnico de proyecto de Investigación y desarrollo tecnológico. Financiado por la Fundación A.H.H. A.C.

Tavêr, J. y J. Duhovnik (2005). Engineering change management in individual and mass production. Robotics and Computer Integrated Manufacturing. Vol.21,Pp.205-215.

Vega, L., (2005) “La negociación en proyectos de ingeniería, desarrollo tecnológico e investigación aplicada” En *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Año/vol. VI, no. 004, octubre-diciembre de 2005, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, pp. 265-279.

Vera, A., (2005) *Principales compuestos volátiles del mezcal de Agave angustifolia Haw y Agave potatorum Zucc del estado de Oaxaca*. Tesis de Maestría. Oaxaca, Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Vilaboa J., (2004) “Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile” en *Revista Facultad de Ingeniería*. Año/vol. 12, no. 001, 2004, Arica, Chile, pp.33-41.

Consulta realizada vía electrónica a la Asociación de Obras y Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca (ADOSAPACO), el día lunes 11 de febrero de 2008.

ANEXOS.

Anexo A

Tabla A- 1. Propiedades térmicas del agua.

Líquido saturado	T $^{\circ}K$	k $W / m.^{\circ}K$	ρ kg / m^3	C_p $J / kg.^{\circ}K$
Punto de fusión 273 °K	275	0.556	1000	4217
	280	0.568	1000	4203
	285	0.580	1000	4192
	290	0.591	999	4186
Punto de ebullición 372 °K	295	0.602	998	4181
	300	0.611	996	4178
	310	0.628	993	4174
	320	0.641	989	4174
calor latente en el PE $2,26 \times 10^6$ J/kg	330	0.652	985	4178
	340	0.661	980	4184
	350	0.669	973	4190
	360	0.676	967	4200
	370	0.680	960	4209
	373,15	0.681	958	4212
	380	0.683	953	4220
	390	0.684	945	4234
400	0.685	937	4250	

Tabla A- 2. Propiedades termodinámicas del vapor saturado.

T $^{\circ}K$	$P \times 10^{-5}$ Pa	ν m^3 / kg	ρ kg / m^3	λ ó $h_{fg} \times 10^{-6}$ J / kg
323.00	0.12247	12.1400	0.08237	2.382
328.00	0.15630	9.6440	0.10370	2.370
333.00	0.19783	7.7270	0.12940	2.358
338.00	0.24840	6.2440	0.16020	2.346
343.00	0.30960	5.0770	0.19700	2.334
348.00	0.38310	4.1580	0.24050	2.321
353.00	0.47080	3.4290	0.29160	2.308
358.00	0.57470	2.8440	0.35160	2.296
363.00	0.69700	2.3730	0.42140	2.283
368.00	0.84050	1.9930	0.50180	2.269
373.00	1.00760	1.6810	0.59490	2.257
373.15	1.01330	1.6730	0.59770	2.257
380.00	1.28750	1.3370	0.74790	2.238
390.00	1.79520	0.9800	1.02000	2.211
400.00	2.45630	0.7308	1.36800	2.183

Tabla A- 3 Densidad aparente del agave en verde.

Peso del recipiente: 0.9 kg			Volumen del recipiente: 20 dm ³
Muestra	Peso total (kg)	Peso de Agave (kg)	$\rho_a (kg / m^3)$
1	11.540	10.64	532.00
2	11.440	10.54	527.00
3	11.400	10.50	525.00
4	11.500	10.60	530.00
5	11.400	10.50	525.00
6	11.480	10.58	529.00
Promedio			528.00

Densidad del jugo de agave y mosto.

La densidad del jugo de agave cocido se obtuvo de la siguiente manera: Se utilizó una probeta graduada de un litro, la cual tiene una tara de 0.25 kg; y una báscula con rango de 0 a 15 kg. En la tabla A.4, se presentan los resultados obtenidos de seis muestras.

Tabla A- 4 Densidad del jugo de agave.

Peso de la probeta: 0.25 kg			Volumen de la probeta: 1 dm ³
Muestra	Peso total (kg)	Peso del jugo de agave (kg)	$\rho_j (kg / m^3)$
1	1.404	1.154	1 154
2	1.402	1.152	1 152
3	1.396	1.146	1 146
4	1.396	1.146	1 146
5	1.404	1.154	1 154
6	1.400	1.150	1 150
Promedio			1 150

La densidad del mosto se obtuvo de igual manera que la densidad del jugo de agave, los resultados se muestran en la tabla A.5.

Tabla A- 5 Densidad del mosto.

Peso de la probeta: 0.25 kg		Volumen de la probeta: 1 dm ³	
Muestra	Peso total (kg)	Peso del fermentado (kg)	ρ_M (kg / m ³)
1	1.300	1.050	1 050
2	1.280	1.030	1 030
3	1.275	1.025	1 025
4	1.260	1.010	1 010
5	1.275	1.025	1 025
6	1.275	1.025	1 022
Promedio			1 027

Anexo B

Tabla B- 1. Báscula de uso pesado.

Equipo:	Báscula uso pesado.		Cantidad:	Una
Características:	Marca:	BRAUNKER		
	Capacidad:	3 000 kg		
	División mínima:	1 000 kg		
	Plataforma de bajo perfil de 1220 x 1220 mm.			
	Cuatro celdas de carga tipo viga al corte			
	Caja sumadora de plexar			
	Acero al carbón para uso pesado			
	Indicador digital modelo YP100			
	Proveedor: La casa de la báscula S.A. de C.V. Javier Rojo Gómez #52, Iztapalapa, C.P. 09300, México D.F.			
	Costo:			\$ 21 404.00

Tabla B- 2. Báscula laboratorio.

Equipo:	Báscula.		Cantidad:	Una
Características:	Marca:	BRAUNKER		
	Modelo:	M3030		
	Capacidad:	15 kg		
	División mínima:	5 gr		
	Plataforma:	305 x 305 mm		
	Cubierta de acero inoxidable			
	Estructura de acero al carbón			
	Indicador digital modelo YP100			
	Proveedor: La casa de la báscula S.A. de C.V. Javier Rojo Gómez #52, Iztapalapa, C.P. 09300, México D.F.			
	Costo:			\$ 2 883.00

Tabla B- 3. Hoja de datos de la Seccionadora.

Equipo:		Seccionadora de agave		Cantidad:	Una
		Productividad: 4 tn/h			
Cant.	Unidad	Descripción	Denominación	Material	Peso kg
Cabezal de corte					
1	Pza.	Masa	Barra diám. 76.2 x 110 mm	Acero 1018	3.96
6	Pza.	Cuchilla	Solera, 63.5 x 12.7 x 420 mm Tratamiento térmico: temple.	Acero S1 (WA 255)	15.95
6	Pza.	Tirante	Solera 25.4 x 6.35 x 313 mm	Acero 1018	2.38
6	Pza.	Soporte de cuchilla	Solera 38.1 x 9.525 x 57 mm	Acero 1018	0.97
1	Pza.	Eje	Tubo diám. 38.1 x 67 mm, cédula 40	Acero 1015	1.60
6	Pza.	Base superior	Placa de 6.35 mm x 0.071 m ² .	Acero 1018	3.54
1	Pza.	Brida	Solera 63.5 x 12.7 x 60 mm	Acero 1018	0.38
Bastidor					
8	Pza.	Canal "C"	Viga "C" 76.2 x 1 240 mm	ASTM A36	60.42
4	Pza.	Solera	50.8 x 6.35 x 675 mm	ASTM A36	10.23
4	Pza.	Angulo	101.6 x 6.35 x 60 mm	ASTM A36	2.99
		Pintura	Amercoat 66, (esmalte epóxico)		
Elementos neumáticos					
1	Pza.	Pistón	DCN-63		
3	Pza.	Racor 60	QS-1/4-10		
2	Pza.	Racor 70	QS-3/8-10		
1	Pza.	Válvula	H-5-1/4-B		
12	Metro	Manguera	PUN-10x1.5-SI		
1	Pza.	Brida de sujeción	FNC-63		
1	Pza.	Acoplamiento	KSZ-M16x-1.5		
1	Pza.	Compresor	Cod. 7508		

Tabla B- 4. Hoja de datos de banda transportadora de agave en verde.

Equipo:	Banda transportadora con paletas de arrastre.		Cantidad:	Una
Características:	Producto a mover	Agave en verde (var. <i>angustifolia</i> Haw)	Densidad aparente:	528 kg/m ³
	Tamaño de trozo mínimo:	0.5 dm ³	Tamaño de trozo máximo	1 dm ³
	Cantidad diaria	7 392 kg	Tiempo:	2 h
	Productividad:	4 tn/h	Agave crudo.	
	No. de paletas:	34	Distancia entre paletas	35 cm
	Velocidad de la banda:	265 m/h		
	Bastidor:	Cajón:	Paletas:	Cadenas
Material	Acero al carbón	Acero inoxidable		
Acabado	AMERCOAT 66 (acabado epóxico)			
Alto	4.00 m	4.00 m	0.15 m	
Ancho	1.50 m	0.50 m	0.05 m	
Largo	4.00 m	4.00 m	0.49 m	
inclinación:		45°		
Sistema motriz				
	Marca de motor:		Potencia:	
	RPM:		Amperaje:	
	Voltaje:			
	Reductor de velocidad:		Tipo	Corona- sinfín
	Relación de velocidad			
	Acoplamiento motor-banda			

Tabla B- 5. Hoja de datos de banda transportadora de agave cocido.

Equipo:	Banda transportadora con cangilones.			Cantidad	Una
Características:	Producto a mover	Agave cocido (var. <i>angustifolia</i> Haw)	Densidad aparente:	663 kg/m ³	
	Tamaño de trozo mínimo:	0.5 dm ³	Tamaño de trozo máximo	1 dm ³	
	Cantidad diaria	7 392 kg	Tiempo:	3 h	
	Productividad:	2.5 tn/h			
	No. de cangilones:	29	Distancia entre cangilones	35 cm	
	Velocidad de la banda:	97 m/h			
	Bastidor:	Cajón:	Cangilones	Tornillería	
Material	Acero al carbón	Acero inoxidable	Acero Inoxidable	Acero Inox. 304	
Acabado	AMERCOAT 66 (acabado epóxico)				
Alto	2.25 m	4.25 m	0.20 m		
Ancho	1.10 m	0.50 m	0.20 m		
Largo	2.45 m	2.45 m	0.49 m		
Inclinación		60°			
Sistema motriz	Marca de motor:		Potencia:		
	RPM:				
	Voltaje:		Amperaje:		
	Reductor de velocidad:		Tipo	Corona- sinfín	
	Relación de velocidad				
	Acoplamiento Motor-banda				

Tabla B- 6. Hoja de datos de tinas de inoculación.

Equipo:	Tanque de inoculación.			Cantidad	Dos
	Producto: Jugo de agave.			Densidad:	1 150 kg/m ³ .
Características:	Capacidad:	7.00 m ³	Geometría:	Cilíndrico vertical	
	Diámetro:	2.00 m	Altura:	2.40 m	
	Fondo:	Cónico			
	Descarga:	Inferior	Diámetro de descarga	50.8 mm	
	Material:	Acero Inoxidable	Espesor de placa:	Seleccionar	
	Estructura:				

Tabla B- 7. Hoja de datos de tinas de fermentación.

Equipo:	Tanque de inoculación			Cantidad	Dos
	Producto: Jugo de agave.			Densidad	1027 kg/m ³ .
Características:	Capacidad:	11.00 m ³	Geometría:	Cilíndrico vertical	
	Diámetro:	2.27 m	Altura:	2.72 m	
	Fondo:	Cónico			
	Descarga:	Inferior	Diámetro de descarga	50.8 mm	
	Material:	Acero Inoxidable	Espesor de placa:	Seleccionar	
	Estructura:				

Tabla B- 8. Hoja de datos de la caldera

Equipo:	Caldera de vapor de agua	Cantidad	Una
Marca:	POWERMASTER	Modelo:	WB-FMG:
Capacidad evaporativa máxima:	2 374 kg/h	Combustible:	Gas L. P.
Caballos caldera efectivos:	150 C.C		
Características de operación			
Altitud en Mitla, Tlacolula, Oaxaca.:	1565 m.s.n.m.	Presión de diseño:	10.5 kg/cm ² .
Consumo aproximado de combustible:	223.9 l/h	Presión de operación:	1.2 kg/cm ² .
Características relevantes del equipo:			
Superficie de calefacción:	69.70 m ² .	Operación:	Automática
Volumen interior del hogar:	2.07 m ³ .	Hogar de flama:	9.78 m ² .
Equipo Auxiliar			
Bomba de alimentación de agua.	Marca:	Grundfos.	Interior de acero inoxidable.
	Tipo:	Centrífuga	Multipasos, de alta eficiencia para condensados de hasta 355.35 °K
	Modelo:	CR3-5	
	Capacidad:	55 l.p.m.	
	Motor eléctrico:	¾"	Acoplada
		Arrancador magnético, filtro para la succión y manómetro de carátula de 0-21 kg/cm ² .	
Tanque receptor de condensados:	Modelo:	TCC-N150	Capacidad de agua a nivel medio: 785 l.
	Material:	Placa de acero	Espesor: 4.7 mm
	Diámetro:	970 mm	Longitud: 1520 mm
Lote de válvulas especiales.			
Válvula principal de vapor.	Tipo:	Compuerta	Presión: 8.8 kg/cm ² .
	Diámetro:	102 mm	
Válvula de alimentación de agua:	Tipo:	Esfera, con extremos roscados	
	Diámetro:	38 mm	
Válvula de retención.	Tipo:	Check columpio	
	Diámetro:	38 mm	
	Tipo:	Check esfera con resorte precargado.	
	Diámetro:	38 mm	
Accesorios adicionales			
Chimenea:	Diámetro:	36 cm	Altura: 5.4 m
	Material:	Lámina galvanizada	Calibre: 20
	Sombrero plano, bota aguas y anillo de vientos.		
Costo total del equipo (Incluye instalación)			\$ 820 000.00
Proveedor: Termodinámica enica S. A. de C. V. Federico T. de la Chica # 17-203, Ciudad Satélite, Estado de México, C.P. 53100. Tel.:5393-5700, Fax: 5393-9607.			

Tabla B- 9. Hoja de datos de la autoclave.

Equipo:	Autoclave para la cocción de agave.			Cantidad	Una	
Producto a cocer:	Agave (var. <i>angustifolia</i> Haw)		Densidad aparente:	528 kg/m ³		
	Tamaño de trozo		Mínimo: 0.5 dm ³	Máximo 1 dm ³		
	Cantidad diaria: 7 392 kg		Tiempo: 8 h			
	Temperatura de cocción: 393.15 °K		Presión de cocción.	1.2 kg/cm ² .		
	Medio de calentamiento:		Vapor de agua			
Características del autoclave.						
Características del autoclave.	Capacidad:	14 m ³ .	Posición:	Horizontal		
	Flujo másico de vapor:	110.37 kg/h	Temperatura de vapor:	393.15 °K		
	Presión de diseño	... kg/cm ² .	Presión de trabajo	1.2 kg/cm ² .		
	Diámetro de alimentación de vapor:	Seleccionar	Distribución interna de vapor en la autoclave.	Diseñar		
Componente						
Componente	Dimensiones			Material	Designación	Acabado
	Diámetro	Largo				
Cuerpo cilíndrico	2.26 m	3.5 m		Placa de acero Inoxidable	Seleccionar espesor	
Cabezas torisféricas				Acero Inoxidable	Diseñar y seleccionar	
Alto						
	Alto	Largo	Ancho			
Estructura base	Diseñar	Diseñar	Diseñar	Viga I	Acero al carbón 1018	AMERCOAT 66 (acabado epóxico)
Compuerta	Diseñar	Diseñar	Diseñar	Acero Inoxidable	Diseñar y seleccionar	
Distribución de vapor	Diseñar	Diseñar	Diseñar	Acero inoxidable	Diseñar y seleccionar	
Aislamiento				Seleccionar	Seleccionar	

Tabla B- 10. Hoja de datos del molino.

Molino de rodillos para la extracción de mieles de agave.			Cantidad:	Uno
Equipo:	Molino de rodillos		Número de rodillos:	Cinco.
	Producto a triturar:	Agave cocido (var. <i>angustifolia Haw</i>)	Densidad:	663 kg/m ³ .
	Productividad:	4 000 kg/h		
	Tamaño de trozo:	Mínimo: 0.5 dm ³ .	Máximo: 1 dm ³ .	
Características de los rodillos:	Diámetro:	Diseñar.	Largo:	Diseñar.
	Material:	Seleccionar	Acabado:	Seleccionar.
	Peso:	Calcular	Velocidad angular de los rodillos.	Calcular
	Diámetro de flecha:	Diseñar.		
	Rodamientos:	Seleccionar.	Soporte de rodamientos	Seleccionar
Sistema motriz	Marca de motor:	Seleccionar	Potencia:	Seleccionar.
	RPM		Voltaje	210 volts
	Fases:	2		
Transmisión motor-rodillo:	Tipo:	Poleas-bandas	Relación de velocidad:	Calcular
	Diámetro de flecha de motor:	Según el motor seleccionado.	Diámetro de flecha de rodillo:	Diseñar.
	Tamaño de polea motriz:	Seleccionar.	Tamaño de polea accionada:	Seleccionar
	Tamaño de bandas	Seleccionar.	Cantidad:	Calcular
Transmisión entre rodillos	Tipo:	Seleccionar.	Relación de velocidades:	1:1.
	Material:	Seleccionar.		
Bastidor	Material:	Seleccionar.	Dimensiones:	Diseñar.
	Sistema de anclaje:	Diseñar		

Tabla B- 11. Hoja de datos del evaporador

Equipo: Evaporador		No. de partida:
Capacidad: 5 000 l	Tiempo de operación por lote: 5 h	Conectada en: Único
Comportamiento por unidad.		
	Lado de la carcasa	Interior del serpentín.
Fluido circulado	Mosto de <i>agave angustifolia</i> Haw.	Vapor de agua
Total de fluido que entra	5 000 l	1 221.16 l/h (1 373.08 kg/h)
Gravedad específica del líquido	0.9737	0.8893
Calor específico del líquido	2.3028 kJ/kg.°K	4.2398 kJ/kg.°K
Calor latente de los vapores		2202.6 kJ/kg
Temperatura de entrada	302 °K	393 °K
Temperatura de salida	366 °K	°K
Presión de operación	kg/cm ²	kg/cm ²
Velocidad	Calcular	Calcular
Caída de presión	kg/cm ²	kg/cm ²
Construcción		
Presión de diseño		
Presión de prueba		
Temperatura de diseño	°K	°K
Tubo:	Diám. Int. Calcular; Diám. Ext. Calcular	Longitud Espaciamiento
Carcasa	Diám. Int. Calcular; Diám. Ext. Calcular	Espesor: Seleccionar
Tapa de la carcasa	Tapa del cabezal flotante	
Placas tubulares estacionarias	Flotantes	
Nota:		
Observaciones.		

Tabla B- 12. Hoja de datos del precalentador de mosto

Equipo: Precalentador de mosto.		No. de partida:
Capacidad: 5 000 l	Tiempo de operación por lote: 5 h	Conectada en: Único
Comportamiento por unidad.		
	Lado de la carcasa	Interior del serpentín.
Fluido circulado	Mosto de <i>agave angustifolia</i> Haw.	Mezcal.
Total de fluido que entra	5 000 l	1 20 l/h
Gravedad específica del líquido	0.9737	
Calor específico del líquido	2.3028 kJ/kg.°K	
Calor latente de los vapores		kJ/kg
Temperatura de entrada	302 °K	Calcula
Temperatura de salida	Calcular	Calcular
Presión de operación	kg/cm ²	kg/cm ²
Velocidad	Calcular	Calcular
Caída de presión	Calcular	Calcular
Construcción		
Presión de diseño		
Presión de prueba		
Temperatura de diseño	°K	°K
Tubo:	Diám. Int. Calcular; Diám. Ext. Calcular	Longitud Espaciamiento
Carcasa	Diám. Int. Calcular; Diám. Ext. Calcular	Espesor: Seleccionar
Tapa de la carcasa	Tapa del cabezal flotante	
Placas tubulares estacionarias	Flotantes	
Nota:		
Observaciones.		