

## TECNIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL, EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO.

Martin Hidalgo Reyes

Pedro Cruz Meza

*Universidad Autónoma de Chapingo*

Luz Maria Perez Hernandez

*Colegio de Postgraduados (México)*

### Abstract

Recently, mezcal production has had a period of great economic growth on the domestic and foreign market for being a product of excellent quality, comparable to the best beverages worldwide, given its organoleptic characteristics and the fact of being one hundred per cent organic. Nevertheless, the process of its obtaining is purely handcrafted, a situation limiting its production, for which it is necessary to generate the appropriate technology to increase the production of this alcoholic beverage. This work presents the design of an agave pine cutter machine (*Agave angustifolia haw*) as well as a design for chopping the center bottom part of agave as response to the problems met at cutting in the process of mezcal production in Oaxaca. Both designs apply the technique of displaying the functions of quality, they include from identification and area of necessity the generation and evaluation of design concepts, finishing with detail design. Plans of assembly, of sub –assembly, detail and costs of machinery and impact on the process are shown as results. The work responds to specific needs of Mexican field production, providing technology accessible to the small producer in order to improve his production area.

**Keywords:** *beverage; technology; design*

### Resumen

Recientemente, la producción de mezcal tiene un gran auge en el mercado nacional e internacional por ser un producto de excelente calidad, que se compara con las mejores bebidas del mundo dadas sus características organolépticas y al hecho de ser 100% orgánico. Sin embargo, el proceso de obtención es netamente artesanal, situación que limita su producción, por eso es necesario generar tecnología apropiada para incrementar la producción de esta bebida alcohólica. Este trabajo presenta el diseño de una partidora de piñas de agave (*Agave angustifolia haw*), así como el diseño de una picadora de gajos, como respuesta a la problemática encontrada en la fase de corte del proceso de producción de mezcal en Oaxaca. Ambos diseños aplican la técnica del despliegue de las funciones de calidad, abarcan desde la identificación y el ámbito de la necesidad, la generación y evaluación de conceptos de diseño y finalizan con el diseño de detalle. Como resultados se presentan planos de ensamble, de sub-ensamble, de detalle y los costos de la maquina y del impacto en el proceso. El trabajo da respuesta a una necesidad específica de producción del campo mexicano, brindando tecnología accesible al pequeño productor para mejorar su ámbito de producción.

**Palabras clave:** bebida; tecnología; diseño

## 1. Introducción

Se denomina mezcal a la bebida alcohólica regional obtenida por destilación y rectificación de mostos preparados directa y originalmente con los azúcares extraídos de las cabezas maduras de los agaves, a las que les llama localmente piñas, previamente hidrolizadas o cocidas, y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras, cultivadas o no. El mezcal es un líquido de olor y sabor sui géneris de acuerdo a su tipo. Es incoloro o ligeramente amarillento cuando es reposado o añejado en recipientes de madera de roble blanco o encino, o cuando se aboque sin reposarlo o añejarlo. Es originario del Estado de Oaxaca, México; pero también se produce en los estados de Durango, Guerrero, Guanajuato, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, mismos que conforman la zona protegida por la denominación de origen "mezcal" (NOM 070,1994)

El 28 de noviembre de 1994 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, en México, la resolución mediante la cual se otorgó protección a la Denominación de Origen Mezcal, para ser aplicada a la bebida alcohólica del mismo nombre, en los estados de Guerrero, Oaxaca, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. (IMPI, 2003).

En la actualidad, la elaboración de mezcal resulta atractiva, debido a las altas cotizaciones y gran demanda que este producto ha alcanzado en el mercado nacional e internacional. Sin embargo, hay factores que limitan su elaboración, tales como, falta de materia prima, elevados costos de producción, falta de tecnología acorde a las características y necesidades de los productores de la región, y aunado a lo anterior, la falta de asesoría técnica para su obtención y comercialización. Así entonces, se puede ver por un lado, el gran potencial de este producto en un mercado que es prometedor y, al mismo tiempo, una gran problemática que limita sobre manera a los productores de mezcal en el estado de Oaxaca (Rodríguez, 2000).

Hace pocos años, se inició una etapa de desarrollo de tecnología, para la producción de mezcal en esta región, por parte de distintas instituciones, entre las que se encuentra el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, delegación Oaxaca (CIIDIR – Oaxaca), donde se desarrolla el proyecto "Tecnificación del Proceso de Fabricación del Mezcal en Santiago Matatlán, Oaxaca". Proyecto donde se plantea la necesidad de generar tecnología adecuada, para mejorar las condiciones de producción de mezcal en los palenques de la región.

Este trabajo, se realizó en colaboración con el CIIDIR – Oaxaca para dar respuesta a una de las necesidades del proyecto, que es el diseño de maquinaria para la fabricación de mezcal. Con el resultado de este trabajo, se brinda tecnología accesible al pequeño productor permitiéndole desenvolverse en un mejor ámbito de producción.

Se diseño una partidora de agave (*Agave angustifolia haw*) para el corte en gajos de las piñas, utilizando una metodología de diseño y haciendo uso de las herramientas técnicas disponibles. Como en todo proceso de diseño, se desarrolla un diseño conceptual para obtener la mejor alternativa de solución, posteriormente se desglosan los cálculos correspondientes a cada uno sus componentes, así como un análisis de costos. Finalmente, el trabajo incluye los planos del diseño realizado.

### 1.1 Antecedentes

Linneo fue quién describió por vez primera al género Agave en 1753, el nombre del género en griego significa "admirable". De ahí que con frecuencia se le ha dado al Agave calificativos tales como planta gentil, gallarda, distinguida. El área de distinción es muy

amplia, ya que se extiende desde Norteamérica hasta Colombia y Venezuela. Hasta ahora se conocen 310 especies del género *Agave* (Nobel, 1998).

El mezcal se ha producido tradicionalmente en el estado de Oaxaca, localizado aproximadamente a 400 km. al sureste de la ciudad de México. El agave más utilizado para la obtención de mezcal es el *Agave angustifolia*, sin embargo se aprovechan otras diez especies espontáneas, en especial el *Agave potatorum* Zucc (Figura 1).

**Figura 1 *Agave potatorum* Zucc.**



El cultivo de Agave, la elaboración de mezcal y la obtención de fibras se asienta en una área territorial definida, integrándola 146 localidades ubicadas en 9 Distritos de los Valles Centrales y parte de la Sierra Sur del Estado de Oaxaca. En el 60% de estas localidades, las actividades económicas principales están ligadas al Agave, que constituye la base económica y fuente principal de trabajo e ingresos (Nobel, 1998).

Los ingresos provenientes por siembra de Agave superan en las actuales condiciones de producción a los provenientes del maíz. Las 25000 familias que dependen del cultivo y aprovechamiento del Agave en Oaxaca muestran la importancia de esta actividad (Tabla 1), sin embargo las condiciones socioeconómicas, la predominancia de grupos indígenas y el monolingüismo determinan una fuerte desventaja para los cultivadores de Agave, elaboradores de mezcal y productores de fibra, quienes se ven sujetos a esquemas de explotación y corrupción más acentuados (Bancomext, 1997).

**Tabla 1: Producción de mezcal, superficie cultivada de agave y empleos**

	1994	1996	1998	2000	2002	2005	2010
Sup. cultivada de agave (ha.)	4840	5890	6250	6200	10000	12290	4720
Precio por tonelada de agave (dólares por tonelada)	40	85	100	400	440	280	120
No. de Palenques en operación.	123	223	500	582	590	413	625
Producción de mezcal (1 X 1000 litros)	2875	5875	8500	8400	9000	6300	8000
Empleos generados (personas)	20131	24891	28164	29192	29500	20650	30000

**FUENTE: Ramales2006 y Zavala 2010.**

El número de marcas de mezcal ha aumentado notablemente. En 1994 sólo había 13 marcas de mezcal que empezaron a incrementarse a partir de 1997 cuando ya había 83 marcas, para 2001 había 101 marcas y actualmente existen en el mercado más de 150

marcas de mezcal. Entre las más importantes destacan: “Admirable”, “Encantado”, “Benevá”, “Mayordomo”, , “Máyatl”, “Oro de Oaxaca”, “Monte Albán”, “Gusano de Oro”, “Amejali”, “Donají”, “Chagoya”, “Maguey Azul”, “El Cortijo”, “Tobalá”, entre muchas otras.

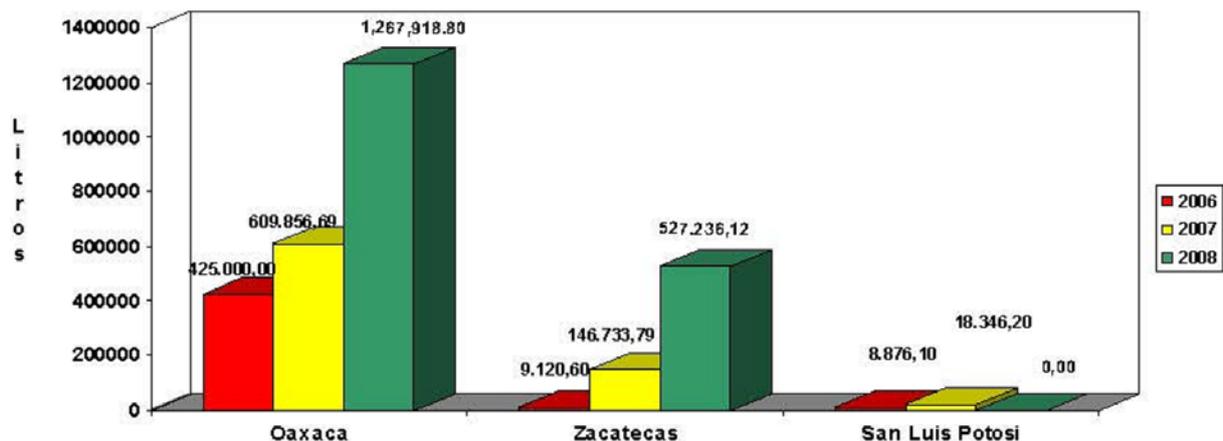
Cabe mencionar que acorde con el incremento de la producción de mezcal la capacidad instalada de envasado ha aumentado de manera significativa. En 1993 la capacidad instalada de envasado era de un millón 750 mil litros y para 2002 se había incrementado a 12 millones de litros. No obstante, en 1994 se utilizaba el 60 por ciento de dicha capacidad instalada ya que se envasaban un millón 50 mil litros, y hoy en día apenas se utiliza el 50 por ciento de la capacidad instalada de envasamiento pues sólo se envasan 5 millones 900 mil litros.

En 1994 la capacidad instalada de envasamiento era mucho menor a la producción de mezcal (un millón 750 mil litros frente a 2 millones 875 mil litros), hoy en día la situación es exactamente diferente: la capacidad instalada de envasamiento (12 millones de litros) es mucho mayor a la producción de mezcal (9 millones de litros). Lo anterior obedece a dos situaciones quizás interrelacionadas: 1) el creciente auge del mezcal en el extranjero obliga a envasar el mezcal, 2) ante el aumento de la demanda en el exterior y los exorbitantes precios que un litro de mezcal llega a costar en el extranjero, de hasta 250 dólares por botella, muchos inversionistas se ven atraídos hacia la industria dedicándose a lo más fácil: adquirir mezcal a granel de los productores a precios bastante bajos para después envasarlo, etiquetarlo y exportarlo a altos precios que les reditúan márgenes considerables de beneficios.

En 1994 sólo se exportaba el 22 por ciento de la producción total, en tanto que hoy en día se exporta el 52 por ciento del total. Así, en 1994 se exportaron 637 mil litros y para 2002 4 millones 700 mil, es decir, durante 1994-2002 las exportaciones en volumen aumentaron a una tasa promedio interanual del 28.38 por ciento

En consecuencia, la entrada de divisas por exportaciones han aumentado significativamente: un millón 274 mil dólares en 1994 a 94 millones de dólares en 2002. El aumento en la demanda ha traído como consecuencia lógica el aumento del precio: en 1994 el precio promedio de exportación era de dos dólares por botella y para 2002 era de 20, aunque algunas marcas se cotizan muy alto en el mercado internacional (Ramales, 2006).

**Figura 2. Producción de mezcal en los últimos años.**



**FUENTE: COMERCAM, 2008.**

La industria del mezcal es quizás después de la migración la segunda fuente de divisas para el Estado de Oaxaca y, finalmente, la simple reseña de los beneficios y usos del maguey es

muy extensa. Existe una relación inmensa de los usos históricos y actuales, de todo lo que puede hacerse con las distintas partes del agave. Vale reiterar que da para casi todo tipo de necesidades: alimento, medicina, vestuario, vivienda, ornato, instrumentos de trabajo, diversión y cultura, e incluso como mortaja (Bancomext, 1997).

## 1.2 Justificación

En México el desarrollo tecnológico en la pequeña y micro agroindustria, ha sido condicionado por una serie de factores de tipo ambiental, geográfico, económico, político y social, es por eso que la investigación enfocada a la agricultura debe ser considerada como generadora de tecnología propia, adecuada a las características distintivas y condiciones de los productores.

Para un productor de mezcal, es difícil adquirir tecnología que le permita aumentar la productividad y con ello la competitividad de su producto. Por ello, se hace necesario buscar y generar alternativas, que además de resolver la necesidad planteada, estén al alcance de sus posibilidades económicas.

El presente trabajo constituye una propuesta tecnológica para la solución al problema de corte de piñas dentro del proceso de elaboración del mezcal, y se pretende que con la aplicación de la mecanización en esta fase, se disminuyan los costos y el tiempo empleado, así mismo se espera un aumento en la productividad.

## 2. Objetivos

- Identificar la problemática específica en la producción de mezcal en el Estado de Oaxaca, para dar una solución técnica adecuada a las condiciones y características de los productores de la región.
- Diseñar una máquina partidora de piñas de *Agave angustifolia haw*, como una alternativa para mejorar el proceso de producción de mezcal.

## 3. Metodología

El diseño de ingeniería de producto es el conjunto de estudios, trabajos y planeación, que suele realizar un equipo multidisciplinar. Sirve para llevar a cabo la realización de un producto desde la identificación de la necesidad, su concepción y diseño de detalle, su fabricación, hasta el fin de su vida útil, incluyendo su desmontaje y reciclaje. Se enfoca principalmente en las funciones que ha de satisfacer dicho objeto, pero también tiene en cuenta su compleja interrelación con los usuarios, sus deseos e incluso al placer emocional que pueden experimentar. Aunque el proceso de diseño requiere mucha imaginación y creatividad, definir una metodología estructurada, permite organizar los problemas, las ideas y las alternativas. En forma general, el trabajo se desarrollara en tres fases: diseño conceptual, diseño de detalle, construcción y evaluación. Los pasos a desarrollar en el presente trabajo de investigación son los propuestos en la metodología de diseño de Shigley, que sugiere lo siguiente: planteamiento del problema, evaluación de los requerimientos del cliente en términos de ingeniería, ponderación de los requerimientos del cliente, resumen de las metas de diseño, benchmarking, realización de funciones, árbol de funciones, sistematización de funciones, evaluación de los sistemas a emplear, evaluación absoluta, comparación de los conceptos obtenidos, evaluación relativa, resultado del diseño conceptual, diseño de detalle, construcción del prototipo, prueba y evaluación.

De manera específica, para realizar el proyecto se siguieron los siguientes pasos:

- Revisión bibliográfica para dar sustento teórico al trabajo.

- Diseño conceptual.
- Diseño a detalle.
- Construcción y prueba.

Diseño conceptual: en esta fase del diseño se define la solución al problema que plantean las especificaciones y se propone un modelo del producto, se define el producto completamente, aunque no sea en detalle.

Diseño de detalle: en esta etapa, una vez que se tiene el concepto de diseño, se afina la propuesta, aumentando la claridad y la comprensión. Como resultado se tienen los cálculos, materiales, y planos de detalle.

## 4. Resultados

### 4.1 Caracterización del proceso de producción de mezcal

Las fases que se consideran para el proceso de obtención del mezcal son las siguientes (CIIDIR, 1999):

1. Preparación de la materia prima. Cuando el agave alcanza la madurez, se procede a la cosecha, separándose las hojas hasta dejar limpio el tallo, llamándosele "piña". Las piñas son transportadas a las fábricas de mezcal a través de diferentes medios de transporte.
2. Cocción de la piña del agave. Tradicionalmente se realiza en un horno a flor de la tierra de forma trunco-cónica y revestido de piedras cuya capacidad varía normalmente de 4 a 6 toneladas. El cocimiento tiene una duración aproximada de 72 horas, cuando las piñas se extraen del horno, presentan una coloración café parduzca y despiden un aroma ahumado y dulce.
3. Seccionado del agave en estado cocido. El seccionado de las piñas se realiza en estado cocido. Para esta labor se utilizan machetes y hachas. Las dimensiones aproximadas a las que se reduce la piña son de 6 x 10 x 12 cm. El seccionado se realiza con el fin de obtener un material más cómodo para trabajarlo en la etapa de molienda.
4. Molienda o desgarre. La molienda consiste en reducir de tamaño el agave previamente fraccionado con el machete, para esto, es colocado en el piso del molino chileno, donde pasará la rueda dentada o lisa, según sea el caso, a fin de reducirlo a una masa fibrosa.
5. Fermentación. Se coloca el material en barricas de roble y se agrega un porcentaje de 5% a 10% de agua tibia. El tiempo de la fermentación varía según la calidad del maguey y la temperatura ambiente; pero se necesitan de 72 a 200 h.
6. Destilación. La destilación se efectúa en aparatos llamados alambiques, elaborados con materiales de la región y adaptados con la capacidad e ingenio de los productores. Los equipos utilizados presentan una gran variedad, van desde los industriales de destilación continua, hasta los más rústicos que predominan en el estado de Oaxaca.
7. Condensación-refinamiento. Este proceso se caracteriza por ser netamente artesanal y la calidad del mezcal se determina a base de la experiencia del productor. La determinación del grado alcohólico se realiza de forma empírica utilizando una pipeta de carrizo.
8. Envasado y comercialización.

El envasado de este producto se realiza principalmente de forma manual y en muy raros casos en forma semiautomática.

La producción de mezcal para su comercialización se realiza en cinco niveles; autoconsumo, local, regional, nacional e internacional.

#### 4.2 Identificación de la problemática para partir las piñas del Agave

- Es común que la recolección y el transporte de las piñas de agave sea en forma manual, posteriormente se reciben las piñas en el palenque, es decir, el lugar donde se llevará a cabo el proceso de obtención de mezcal. En algunos casos las piñas son transportadas en vehículos de carga y se colocan en un lugar cercano al horno para evitar el transporte manual.
- En las pencas existen bordes punzo cortantes que dificultan su manipulación.
- La savia del agave comúnmente llamada “baba” causa gran irritación al contacto con la piel.
- Para facilitar el manejo colocación y cocción de las piñas en el horno, es necesario cortarlas en trozos pequeños llamados gajos.
- La manipulación de las piñas es complicada, sobre todo cuando se retiran del horno, ya que es entonces cuando además de su gran tamaño y peso -63 Kg en promedio-, la temperatura es elevada.
- La manera común de partir las piñas, en los palenques, es haciendo uso herramientas manuales, tales como machetes y hachas (Figura 3). Realizar esta labor de forma manual repercute en el tiempo de producción, requiere de un gran esfuerzo por parte del trabajador y representa un riesgo ya que está expuesto al contacto con las espinas y la savia del Agave.
- En forma manual se requieren tres hombres partiendo piñas, durante cinco horas, para seccionar un promedio de 3.5 toneladas de agave (50 piñas en promedio),.

**Figura 3. Corte de piñas con hachas y machetes**



### 4.3 Diseño conceptual

La fase de diseño conceptual es probablemente la que requiere mayor creatividad dentro del proceso de diseño. La originalidad de un producto depende de las decisiones que se tomen en esta fase; pero el diseño conceptual, además de ser importante por la originalidad de la solución adoptada, también tiene un impacto significativo en el costo de producción.

Al respecto, es importante considerar el efecto que el proceso de diseño tiene, como un todo sobre el costo de fabricación del producto, es también importante notar la forma en que cada etapa del diseño influye en los costos (Watanabe, 2000).

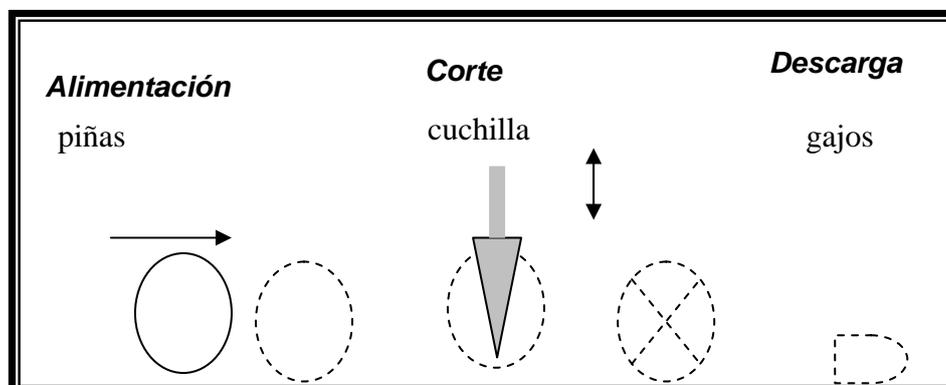
Los factores considerados con la profundidad y detalle pertinente, fueron los mencionados en la metodología de diseño (Watanabe, 1996), que consta de los puntos siguientes:

- Planteamiento del problema.
- Evaluación de los requerimientos del cliente en términos de ingeniería.
- Ponderación de los requerimientos del cliente.
- Resumen de las metas de diseño.
- Realización de funciones.
- Árbol de funciones.
- Sistematización de funciones.
- Evaluación de los sistemas a emplear.
- Evaluación absoluta.
- Comparación de los conceptos obtenidos.
- Evaluación relativa.
- Resultado del diseño conceptual.

### 4.4 Resultados del diseño conceptual

El proceso tecnológico de la partidora inicia al colocar la piña en el área de recepción, a partir de aquí el material pasa a la partidora para ser cortado y el proceso finaliza con la descarga de las secciones o gajos de Agave. De manera específica la máquina realizará las siguientes funciones (Figura 4):

Figura 4. Esquema tecnológico



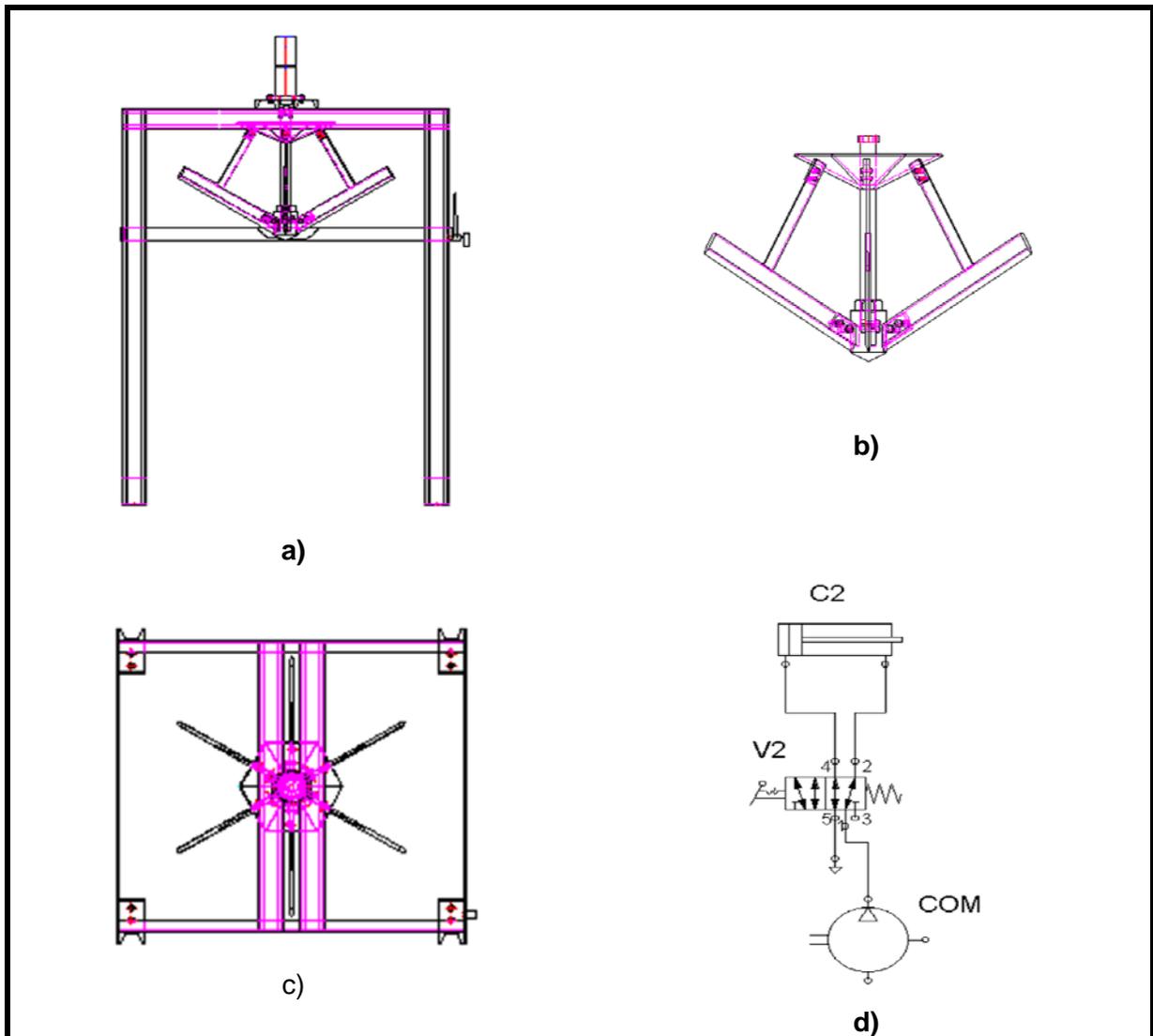
Con esta idea como resultado del diseño conceptual, se tiene la base para la siguiente fase de diseño, el diseño de detalle.

#### 4.5 Diseño de detalle

En esta fase se complementa lo alcanzado, aumentando la claridad y la comprensión. Para ello se recurre a conocimientos referentes a materiales, cálculos, procesos productivos, técnicas de análisis, nuevas tecnologías en el sector, estética, etc.

Así mismo, se definen todos los elementos del producto, se analizan las características de cada pieza que va a hacer posible que los subsistemas desarrollen su función. El diseño de los subsistemas y componentes debe tener en cuenta todos los factores que afecten al producto de la misma manera que se tenían en cuenta en la fase de diseño conceptual, para determinar de manera específica las características de cada pieza. En este trabajo, después de hacer todo el análisis de diseño detallado, se obtuvo el resultado siguiente (Figura 5):

**Figura 5. Plano de ensamble general del equipo diseñado. a) Vista frontal. b) Cabecial de corte. C) vista superior. D) Sistema de accionamiento**



Los resultados del diseño de detalle se resumen en la tabla 2, presentada a continuación:

**Tabla 2. Resumen de resultados de cálculo. Diseño de detalle**

Fuerza de corte.		$F = 1287.62 \text{ N.}$
Cantidad de agave a procesar.		$C_{ap} = 7 \text{ toneladas}$
Masa.	Angulo en la punta	$\alpha_m = 120^\circ$
	Esfuerzo máximo	$\sigma_m = 0.2823 \text{ MPa.}$
	Material	acero 1018 Templado a $(780 - 800)^\circ\text{C}$
Soporte de cuchilla	Esfuerzo máximo	$\sigma_{sc} = 0.5121 \text{ MPa.}$
	Material	Solera de $9.525 \times 38.1 \text{ mm}$ ( $3/8'' \times 1 \frac{1}{2}''$ ), acero 1018 Templado a $(780 - 800)^\circ\text{C}$
Cuchillas.	Esfuerzo máximo	$\sigma_c = 0.288 \text{ MPa.}$
	Material	Solera $12.7 \times 63.5 \text{ mm}$ ( $1/2'' \times 2 \frac{1}{2}''$ ) acero S1 Templado a $(870 - 900)^\circ\text{C}$
	ángulos de filo	$\beta = 28^\circ.$
Tirante.	Esfuerzo máximo	$\sigma_{ti} = 1.152 \text{ MPa.}$
	Material	Solera de $6.35 \times 25.4 \text{ mm}$ ( $1/4'' \times 1''$ ) acero 1018 Templado a $(780 - 800)^\circ\text{C}$
Soporte del tirante.	Esfuerzo máximo	$\sigma_{st} = 1.152 \text{ MPa.}$
	Material	Solera de $6.35 \times 25.4 \text{ mm}$ ( $1/4'' \times 1''$ ) acero 1018 Templado a $(780 - 800)^\circ\text{C}$
Eje.	Esfuerzo máximo	$\sigma_e = 2.08 \text{ MPa.}$
	Material	Tubo de acero 1015 diámetro $38.1 \text{ mm}$ ( $1 \frac{1}{2}''$ ), cedula 40.
Base.	Esfuerzo máximo	$\sigma_b = 0.0157 \text{ MPa.}$
	Material	Placa de $6.35 \text{ mm}$ ( $1/4''$ ) de acero 1018 Templado a $(780 - 800)^\circ\text{C}$
Brida de sujeción.	Esfuerzo máximo	$\sigma_{br} = 0.45 \text{ Mpa.}$
	Material	Solera de $12.7 \text{ mm}$ acero 1018 Templado a $(780 - 800)^\circ\text{C}$

#### 4.6 Análisis económico

Para fines prácticos, en este apartado solo se consideraron a groso modo los costos directos, y se dejó de lado lo que respecta a los costos indirectos.

- Costos de materiales.

Para calcular el monto aproximado en la construcción de la partidora se cuantificó el material y equipo necesario para su fabricación, los datos correspondientes se presentan organizados en la tabla 3. La cotización de los materiales, se realizó únicamente en base al material necesario para la construcción del equipo diseñado. Los valores dados son precios sin IVA incluido.

- Costos de mano de obra.

Los costos de mano de obra se estima en un 100% del costo del material que se requiere de algún tipo de maquinado para la construcción. Por lo tanto, el costo total aproximado de la partidora es de: \$16, 000. 00 M/N

Tabla 3. Cotización de materiales

Nombre	Piezas	Denominación	Material	Cantidad (m)	Peso Parcial (kg)	Precio \$/ u	Precio parcial (\$) m.n.
<b>CABEZAL DE CORTE</b>							
Masa	1	Barra Ø76.2 mm (Ø 3")	Acero 1018	0.11	3.96	10.32 kg	40.86
Cuchilla	6	Solera 12.7x63.5mm (½" x 2 ½")	Acero S1(WA 255)	2.52	15.95	850.00 m	2142.00
Tirante	6	Solera 6.35x25.4mm (¼" x 1")	Acero 1018	1.88	2.38	18.92 kg	45.05
Soporte de cuchilla	6	Solera 9.525x38.1mm (3/8" x 1 ½")	Acero 1018	0.34	0.97	15.15 kg	14.70
Eje	1	Tubo Ø 38.1mm (Ø 1 ½") ced. 40	Acero 1015	0.40	1.60	23.71 kg	38.00
Base superior	6	Placa 6.35mm (¼")	Acero 1018	0.071m <sup>2</sup>	3.54	20.36 kg	78.19
Brida	1	Solera 12.7x63.5mm (½" x 2 ½")	Acero 1018	0.06	0.38	18.92 kg	7.19
<b>BASTIDOR</b>							
Canal "C"	8	76.2mm (3")	ASTM A36	9.9048	60.42	32.16 m	318.60
Solera	4	6.35x50.8mm (¼ x 2")	ASTM A36	4.0448	10.23	13.66 m	55.28
Angulo	4	6.35x101.6mm (¼ x 4")	ASTM A36	0.3048	2.99	60.16	18.34
<b>SISTEMA NEUMÁTICO</b>							
Pistón	1	DNC-63--	-----	-----	5.0	3784,12	3784.12
Racor 60	3	QS-1/4-10	-----	-----	0.02	25	75.00
Racor 70	2	QS-3/8-10	-----	-----	0.026	28	56.00
Válvula	1	H-5-1/4-B	-----	-----	0.508	1 348	1 348.00
Manguera	1	PUN-10x1,5-SI	-----	12	-----	25	300.00
Brida de sujeción	1	FNC-63	-----	-----	0.40	288	288.00
Acoplamiento	1	KSZ-M16x-1,5	-----	-----	0.35	307	307.00
Compresor	1	Cod. 7508	-----	-----	-----	2 398	2398.00
<b>OTROS</b>							
Pintura	1	Amercoat 66	PINTURA	-----	1.5 lt	217.34 lt.	326.01
		Esmalte epoxico	PINTURA		1.5 lt	117.00 lt	175.50
Tratamientos térmicos	1	Temple	-----	-----	18.33	37.03	678.76
		Temple	-----	-----	10.45	35.08	366.58

## 5. CONCLUSIONES

Es necesario e importante impulsar el desarrollo tecnológico en el proceso de producción con el objeto de tener una mayor productividad, de tal forma que esta industria sea más competitiva a nivel nacional e internacional.

El proceso de producción del mezcal ha sido netamente artesanal, lo que de algún modo ha limitado el aumento del volumen de producción, por lo tanto, el diseño de una máquina

partidora de gajos de agave contribuye a mejorar una parte del proceso productivo, siendo a la vez un paso importante en el desarrollo tecnológico de esta industria

Este diseño contribuye a mejorar y a hacer más eficiente la fase de corte de piñas de agave dentro del proceso de obtención del mezcal, como respuesta a uno de los problemas a los que se enfrentan los productores en esta fase.

Las características principales de la partidora de gajos, cumple con las necesidades planteadas tanto por los productores, como por los requerimientos de ingeniería.

La fase de corte de las piñas dentro del proceso de producción del mezcal será más eficiente si se utiliza la partidora de gajos que haciendo uso del método común con herramientas manuales tales como machetes, coas y hachas, la eficiencia teórica es aproximadamente de 300% con respecto a la cantidad de piñas partidas en una jornada de trabajo.

## 6. REFERENCIAS

- Banco Nacional de Comercio Exterior S.N.C. (BANCOMEXT). (1997). *Mezcal: elixir de larga vida*. Gobierno del Estado de Oaxaca. México. CVS Publicaciones. Pág. 12, 13, 15, 30, 35.
- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), OAXACA. 1999. *Tecnificación del proceso de fabricación del mezcal*.
- Jacinto, R. J. (1995). *Estimación de la productividad de Agave angustifolia Haw.* Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados (C.P). Montecillo, México Pág. 26.
- Amigo, J. (2003). *Declaración de protección de la denominación de origen del mezcal*. Obtenido en abril 15, 2010, del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). [http://www.impi.gob.mx/wb/IMPI/modificacion\\_a\\_la\\_declaracion\\_general\\_de\\_proteccion\\_2](http://www.impi.gob.mx/wb/IMPI/modificacion_a_la_declaracion_general_de_proteccion_2).
- Nobel, P. S. (1998). *Los incomparables agaves y cactus*. Editorial Trillas. México. Pág. 14
- Norma Oficial Mexicana. NOM 070-SCFI. (1994). *Bebidas alcohólicas. Mezcal*. México. Obtenido en abril 15, 2010, de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). <http://www.comercam.org/pdf/NOM-070-SCFI-1994.pdf>
- Ramales, M. C. (2006). El proceso de elaboración del mezcal y la importancia económica de la industria. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Tomado de <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/mx/2006/micro-mezcal2.htm>
- Rodríguez, G.J. (2000) La producción del mezcal en Oaxaca. *Revista Línea Productiva*. Año 1 No. 0 Febrero – Abril. Pág. 13
- Sánchez, L. A. (1989). *Oaxaca tierra de maguey y mezcal*. Instituto Tecnológico del Estado de Oaxaca, México. Pág. 5-7, 16, 175.
- Watanabe, J. R. (2000). *Diseño mecánico*. Instituto Politécnico Nacional. México. Vol. II Cap.6:17,35
- Watanabe, J. R. (1996). *Diseño de un soporte hidráulico para una mina de carbón*. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. ESIME-ZACATENCO México, D.F. Pág. 26.
- Zavala, J.C. (2010). Mezcal, la tercera fuente de exportaciones del estado oaxaqueño. Reflexión Informativa Oaxaca –RIOaxaca-. Tomado junio 5, 2010. de [http://www.rioaxaca.com/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6254:09](http://www.rioaxaca.com/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=6254:09)

37-mezcal-la-tercera-fuente-de-exportaciones-del-estado-oaxaqueno&catid=78:juan-carlos-zavala&Itemid=162

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Martín Hidalgo Reyes  
Universidad Autónoma de Chapingo (México)  
Phone: +52(595)9313489  
E-mail : hogladi@hotmail.com