

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química

Estudio de factibilidad para una fábrica de harina de maíz
nixtamalizado por proceso hidrotérmico

Ivania Lorena Mérida Figueroa

Guatemala
2007

Estudio de factibilidad para una fábrica de harina de maíz
nixtamalizado por proceso hidrotérmico

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química

Estudio de factibilidad para una fábrica de harina de maíz
nixtamalizado por proceso hidrotérmico

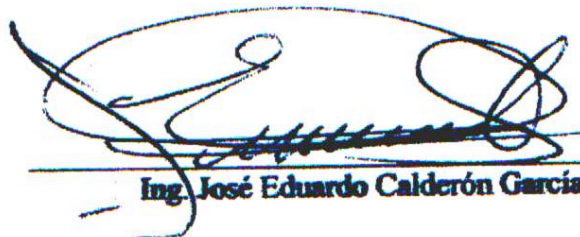
Trabajo de graduación presentado por Ivania Lorena Mérida Figueroa
para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería Química

Guatemala
2007

Vo. Bo.:

(F) 
Ing. José Eduardo Calderón García
Asesor

Tribunal examinador:


Ing. José Eduardo Calderón García


Dr. Ricardo Bressani


Ing. Jorge Alfonso A. Marroquin Rivera

Fecha de aprobación: Guatemala 9 de noviembre de 1998.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE GRÁFICOS Y CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	vii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS.....	15
V. PROBLEMA A RESOLVER.....	16
VI. METODOLOGÍA.....	17
VII. RESULTADOS.....	18
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	45
IX. CONCLUSIONES.....	47
X. BIBLIOGRAFÍA.....	48

LISTA DE GRÁFICOS Y CUADROS

	Página
Gráfico	
1. Proceso industrial para elaborar harina de maíz nixtamalizado	7
2. Proceso hidrotérmico para elaborar harian de maíz nixtamalizado	10
3. Curva de aprendizaje y capacidad de la planta.....	25
Cuadro	
1. Diferencia entre el proceso hidrotérmico y el proceso industrial	11
2. Información económica del maíz	19
3. Regulaciones de calidad para la harina de maíz nixtamalizado-Guatemala	20
4. Regulaciones de calidad para la harina de maíz nixtamalizado-México	21
5. Mercado potencial para la harina de maíz nixtamalizado	22
6. Información del censo 1994	23
7. Capacidad de la planta	24
8. Ponderación para la localización de la planta	26
9. Equipo de proceso	29
10. Requerimiento diario de materia prima y materiales auxiliares	30
11. Personal	32
12. Elementos del costo	36
13. Costo de producción por tonelada métrica de harina de maíz	37
14. Gastos de operación	38
15. Precio de venta al distribuidor	38
16. Unidades vendidas	38
17. Estado de resultados del primer año	39
18. Utilidad acumulada	41
19. Estructura de costos.....	42
20. Comparación del proceso hidrotérmico y el proceso industrial	43

LISTA DE GRÁFICOS Y CUADROS

	Página
Gráfico	
4. Proceso industrial para elaborar harina de maíz nixtamalizado	7
5. Proeso hidrotérmico para elaborar harian de maíz nixtamalizado	10
6. Curva de aprendizaje y capacidad de la planta.....	26
Cuadro	
21. Diferencia entre el proceso hidrotérmico y el proceso industrial	11
22. Información económica del maíz	20
23. Regulaciones de calidad para la harina de maíz nixtamalizado-Guatemala	22
24. Regulaciones de calidad para la harina de maíz nixtamalizado-México	22
25. Mercado potencial para la harina de maíz nixtamalizado	24
26. Información del censo 1994	25
27. Capacidad de la planta	26
28. Ponderación para la localización de la planta	28
29. Equipo de proceso	31
30. Requerimiento diario de materia prima y materiales auxiliares	32
31. Personal	34
32. Elementos del costo	38
33. Costo de producción por tonelada métrica de harina de maíz	39
34. Gastos de operación	40
35. Precio de venta al distribuidor	40
36. Unidades vendidas	40
37. Estado de resultados del primer año	41
38. Utilidad acumulada	43
39. Estructura de costos.....	44
40. Comparación del proceso hidrotérmico y el proceso industrial	45

RESUMEN

Las tortillas constituyen uno de los principales alimentos de la dieta diaria de los guatemaltecos. Las tortillas se elaboran tradicionalmente a partir de masa de maíz nixtamalizada. La harina de maíz nixtamalizada es una alternativa diferente para la elaboración de tortillas, en donde se invierte menos tiempo, energía y espacio para la preparación de la masa.

La demanda de harina de maíz nixtamalizada va en aumento ya que es un mercado que está en desarrollo. La planta tendrá la capacidad de cubrir el el 20% de la demanda del mercado en el año 2010, con una producción máxima de 225 TM/día de harina, equivalentes a 81,000 TM/año.

Considerando el suministro de materia prima y la cercanía del mercado como los factores de mayor peso para la localización de la planta, ésta estará ubicada en Escuintla.

La inversión necesaria para este proyecto está estimada en \$14,400.00. Al obtener el costo de operaciones se determinó que en el primer año de operación de la planta se tendrá una utilidad neta de \$2, 604,748. Así mismo se obtuvo para este proyecto un Valor Actual Neto de \$5, 762,363 y una Tasa Interna de Retorno de 33.5%. Logrando tener una recuperación de la inversión aproximadamente en el año 4 del proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

Las tortillas es uno del los principales producto de consumo sobre todo en el área rural de Guatemala. Se ha determinado que en las áreas rurales de México y Centro América, el maíz provee el 70% de las calorías y aproximadamente el 50% de las proteínas de la dieta diaria (18). A medida que aumenta la migración del área rural a la urbana, se incrementa cada vez más la demanda de tortillas en ésta última.

Las tortillas se elaboran a partir de masa de maíz nixtamalizado. El proceso de nixtamalización involucra la cocción alcalina del maíz durante 45 min aproximadamente, reposo del maíz cocido de 8 a 14 hrs, lavado y transformación del maíz en masa por medio de molienda. Este proceso tiene larga duración y requiere mucha energía, agua y trabajo físico y además genera aguas de deshecho contaminadas.

En los últimos años ha surgido mucho interés por buscar nuevos procesos para convertir el maíz en tortilla sin alterar su calidad. Un adelanto en este sentido, ha sido la preparación de harinas deshidratadas o instantáneas. Esto ha traído muchas ventajas como: la conveniencia para el ama de casa, menos requerimiento de energía y trabajo físico y además se obtiene un producto estable y fácil de manejar y almacenar. El proceso utilizado generalmente para la elaboración de la harina, aún tiene operaciones que requieren de mucha energía y agua y a la vez se generan aguas contaminadas. Por estas razones, actualmente todos los esfuerzos van enfocados a elaborar harinas de maíz instantáneas más eficientemente.

Entre las nuevas alternativas propuestas para elaborar la harina, algunas han generado un producto bastante similar al convencional. Sin embargo muchas de estas alternativas utilizan otro tipo de maquinaria muy costosa, que dificulta su aplicación en plantas ya instaladas.

Con el propósito de disminuir los problemas de procesamiento para elaborar la harina de maíz nixtamalizado sin hacer una gran inversión en maquinaria, es que se estudió la alternativa de utilizar el proceso hidrotérmico. Este proceso fue desarrollado por el Dr. Ricardo Bressani. De acuerdo a los análisis hechos por la Ing. Irene Coronado, los resultados obtenidos al evaluar la harina elaborada por éste proceso indican que al hidratarse adecuadamente se puede obtener una tortilla de calidad comparable a la tortilla convencional.

II. ANTECEDENTES

Al proceso de cocinar, remojar y lavar el maíz se le conoce como nixtamalización o cocción alcalina. El maíz nixtamalizado se muele posteriormente con piedras para formar una masa suave y húmeda. A partir de la masa se hacen tortillas suaves o de mesa, nachos, tostadas, tamales, totopos, tacos, enchiladas, pupusas, sopa de tortilla, pozol, atoles y otros productos. Durante los últimos 10 años, las ventas de maíz y boquitas de maíz han crecido precipitadamente. Esta tendencia provee una oportunidad de mercado para la expansión de las industrias ya existentes y la creación de nuevas industrias. (22)

Los productos de maíz nixtamalizado han sido y son la principal fuente de alimento en México y Centroamérica fue el principal ingrediente de la dieta Maya, constituyendo el 73% de las calorías. En las áreas rurales de México y Centroamérica, el maíz provee el 70% de las calorías y aproximadamente el 50% de las proteínas de la dieta diaria (18).

Los principios básicos de la producción de tortillas no han cambiado desde la antigüedad, sin embargo el avance industrial más significativo ha sido la producción de harina de maíz nixtamalizado, la cual es un producto con una vida de anaquel estable. Esta harina se ha popularizado debido a que reduce el trabajo requerido, energía, espacio, tiempo de proceso, y equipo. Además es conveniente y fácil de utilizar. Sin embargo, los alimentos hechos de harina de maíz nixtamalizado pueden tener menos sabor y mayor costo unitario que los elaborados con masa fresca (22).

A. PROCESO TRADICIONAL DE ELABORAR MASA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

En Centroamérica y México muchas tortillas son hechas aún por el método heredado de los aztecas. Actualmente la forma tradicional de elaboración consiste en cocinar el maíz con agua y cal en ollas sobre el fuego, dejarlo remojar por 8-16 horas, descartar el licor y lavar a mano el nixtamal. Posteriormente este es molido a mano en piedra o pequeños molinos (22).

B. PROCESO INDUSTRIAL PARA ELABORACIÓN DE MASA Y DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

1. Ingredientes: Los tres ingredientes básicos necesarios para la producción de la masa son el maíz, la cal y el agua, sin embargo otros ingredientes son utilizados para extender la vida de anaquel y mejorar el sabor (22).

- a. Maíz: La calidad de la tortilla, los parámetros para la cocción y el color del producto dependen de las características de la materia prima. El grado

óptimo debe de ser sano, sin rajaduras o grietas, con un tamaño uniforme y una dureza entre intermedia y dura. El color de la tortilla es altamente influenciado por el color del grano y la mazorca, y por la cantidad de cal utilizada durante la cocción (22).

El maíz ideal deberá tener una densidad de 772 kg/m³, una densidad de 13 kg/m³, grano de color amarillo o blanco, mazorca blanca, grano de intermedio a grande y con corona redondeada, poco profunda y sin arrugas. Se requiere una alta proporción de endospermo duro, y el pericarpio se debe de remover fácilmente durante la cocción alcalina. Además, debe de tolerar sobre cocimiento y abuso durante la manipulación y procesamiento (22).

Se deben controlar las condiciones de almacenamiento para retener la calidad del maíz, y se debe de evitar la contaminación con aflatoxinas antes y durante el almacenamiento. El maíz se debe de secar para evitar que se raje. Los granos se dañan fácilmente si se manejan inadecuadamente durante el almacenamiento, carga y descarga en los silos (22).

a. Cal: En la industria se utiliza cal de grado alimenticio, por ejemplo la cal hidratada. La solubilidad de la cal en el agua disminuye a medida que la temperatura aumenta. Sólo es posible disolver 0.67 g de cal por litro de agua a 79.5°C (175°F), mientras que a una temperatura de 21°C (70°F) se pueden disolver 1.2 g/L. La concentración de cal utilizada más frecuentemente es 3.33 g/L, y la temperatura de cocción es de 85 a 100°C (185 a 212°F) (22).

El tratamiento con cal permite remover el pericarpio con facilidad durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana, e influye en el sabor, aroma, color, vida de anaquel y valor nutricional de las tortillas (6)

Algunas veces se utilizan altas concentraciones de cal para incrementar el pH de las tortillas a un nivel en el que se retarda el deterioro por microbios (23).

Durante la cocción y el remojo, menos de 0.2% de cal es retenida por el grano, el resto se va en el agua de cocción y de lavado. Las concentraciones altas de cal aumentan las pérdidas de material seco del maíz (13), aumentando así el costo del procesamiento del agua desechada durante el proceso. Si no se le da el tratamiento correcto al agua de deshecho en las fábricas de tortillas, la alta demanda de oxígeno por parte de ésta puede dañar el medio ambiente (19).

b. Agua: En ella el maíz se cocina y la cal se disuelve parcialmente. Generalmente, para la producción de la masa de maíz, éste se cocina con 2.5 a 3 partes de agua y 1% de cal, en base al peso del grano. Durante la cocción, el almidón se gelatiniza parcialmente, y otros componentes del grano se hidratan y cambian. El agua es absorbida y ligada durante el remojo. Además es necesario agregar agua durante la molienda. La cantidad de agua utilizada depende del tiempo de cocción, el cual depende a su vez de la cantidad de materia prima utilizada y de la textura deseada de la masa.

El agua también es muy importante cuando las tortillas se hacen a partir de harina de maíz nixtamalizado, ya que la textura de la masa está altamente influenciada por la cantidad de agua utilizada para reconstituir la harina. (22).

c. Gomas: Las gomas son utilizadas en la fabricación de tortillas para mejorar las propiedades de almacenamiento y funcionalidad. Actúan como estabilizadores, ayudando a contrarrestar los efectos de los cambios naturales de los ingredientes. Se cree que las gomas mejoran la textura de la tortilla, no permiten que se peguen las tortillas entre sí, mejoran la tolerancia a los procesos de congelado y descongelado, y aumentan el rendimiento. Los niveles recomendados varían de 0.25 a 0.5% del peso de la harina. (22).

La goma más utilizada por la industria de harina de maíz nixtamalizado es la carboximetil celulosa, ésta aumenta la absorción de agua y la viscosidad, y retarda el envejecimiento. Otras gomas utilizadas son: guar, xantán y arábica. La goma más barata es la guar, seguida por carboximetil celulosa, sin embargo, ésta última es la que más evita que las tortillas se peguen entre si (22).

d. Emulsificantes: Son pocos los estudios realizados del efecto de los emulsificantes en las tortillas de maíz (22).

La adición de mono glicéridos produce tortillas más suaves, más enrollables, y menos secas. Debido al efecto en las proteínas y el almidón, los emulsificantes y los surfactantes ayudan a retardar el envejecimiento (22).

2. Elaboración de la masa: Para la elaboración industrial de la masa, generalmente el maíz se mezcla con 2.5 a 3 partes de agua y 1% de cal (el contenido de cal varía de 0.8 a 5%), basado en el peso del grano. Los cuatro pasos principales son: calentar la mezcla, mantener la temperatura, disminuir la temperatura y dejar en remojo. El tiempo de cocción varía desde algunos minutos, hasta 1.5 horas, pero más que todo del 5 a 45 minutos. Después de la cocción, se apaga la fuente de calor y el grano se deja en remojo de 8 a 16 horas. En algunos casos se deja remojar en el mismo tanque en donde se cocinó, o se transfiere a otro contenedor. Aunque la cocción depende de las características del maíz y la interacción con el tiempo, la concentración de cal, agitación y tipo de equipo, generalmente se requieren temperaturas de 68°C (155°F) para que se cocine el grano (22).

La masa utilizada para la producción de tortillas de mesa tiene un contenido de humedad de 52 a 55%, por lo cual tiene una vida de anaquel muy corta. (20).

El equipo utilizado para la elaboración de la masa va a variar dependiendo si el proceso se va a ser continuo o por batch. Los diferentes equipos utilizados en cada uno de los pasos para elaborar la masa se describen a continuación.

a. Cocción por batch y remojo: Para la cocción del maíz por batch, se utilizan tres métodos comerciales:

1) Quemadores de gas y agitación manual de la mezcla de maíz-agua-cal en recipientes abiertos: Este método tiende a consumir mucha energía, es laborioso y difícil de controlar. Generalmente es utilizado por pequeños procesadores en los Estados Unidos, y es el más utilizado en México. Para disminuir el consumo de energía se substituyen los quemadores de gas por tubos rociadores inyectados con vapor. Los contenedores destapados se utilizan tanto para la cocción como para el remojo, y generalmente tienen una capacidad de 180 a 900 kg por contenedor (19).

2) Caldera Hamilton: Este tipo de caldera es calentada indirectamente con vapor, y la mezcla es agitada Mecánicamente. Está diseñada para cocinar en o cerca del punto de ebullición y obtener un calentamiento uniforme de la mezcla (19). Después de ser cocinada la mezcla en la caldera, ésta se bombea a un contenedor para el remojo. La capacidad varía de 136 a 270 kg. (22).

3) Caldera cerrada verticalmente: En ésta se agita y calienta el maíz y la solución de cal mediante un sistema de inyección directa de vapor. El tanque se utiliza para cocinar y remojar. Para obtener más agitación, se inyecta aire comprimido. El sistema está diseñado para cocinar a temperaturas abajo del punto de ebullición (85°C o 185°F), por lo que el tiempo de cocción es mayor que en la caldera Hamilton. Las calderas verticales tienen una capacidad de 1360 a 2730 kg. (19).

Tanto la caldera Hamilton como la vertical, trabajan con temperaturas controladas y dan buenos resultados. Además de tener una alta eficiencia (19).

b. Cocción continua: Este proceso se diseñó para contrarrestar las variaciones de la cocción entre distintos *baches* y para producir un nixtamal en menos tiempo y, con mayor control de humedad y obtener así un producto más uniforme. Consiste en la alimentación de los granos limpios a una solución caliente de cal (80°C o 176°F) y con un pH de 11 a 12.

La solución es introducida bajo presión al fondo de un tanque y fluye hacia arriba a través de los granos. El maíz se descarga desde el fondo del tanque a una velocidad controlada y se lava para remover el pericarpio. Posteriormente, el nixtamal con una humedad del 50% se muele para producir la masa. Este proceso se puede llevar a cabo durante 5 a 7 horas, con menor equipo, labor y espacio que el proceso convencional. Además recicla la solución de cal, reduciendo así los costos. A pesar de sus ventajas, el proceso de cocción continua casi no se utiliza (11).

c. Lavado: Después del remojo, se separa el maíz del licor de remojo, y el nixtamal se lava con agua a presión o con rociadores. Este paso se elimina la mayoría del pericarpio y el exceso de cal. Comercialmente, el proceso de lavado se hace en dos tipos de equipo:

1) Lavador de tambor: Consiste de un contenedor que transporta el nixtamal a un cilindro rotatorio perforado con escapes internos y rociadores de agua localizada cerca del tambor. El nixtamal pasa después a un contenedor en donde escurre el exceso de agua.

2. Sistema de mallas lowboy: Consiste de un recipiente equipado con mallas internas y rociadores. El nixtamal es lavado continuamente desde el fondo del recipiente. En ambos equipos, el nixtamal es transportado a una tolva que alimenta el molino de piedra (22).

d. Molienda con piedra: El nixtamal lavado se muele utilizando dos piedras labradas, una estacionaria y otra que rota a 500 a 700 rpm. industrialmente se utilizan piedras volcánicas o sintéticas. La reducción de partículas es directamente proporcional a la profundidad de las grietas. Para enfriar las piedras, prevenir el desgaste excesivo y enfriar la masa, se agrega agua durante la molienda. Para un molino con capacidad de 600 kg. / hrs, se agrega aproximadamente 0.6 a 1.2 l/min. El contenido de humedad depende del producto que se desea producir. (22).

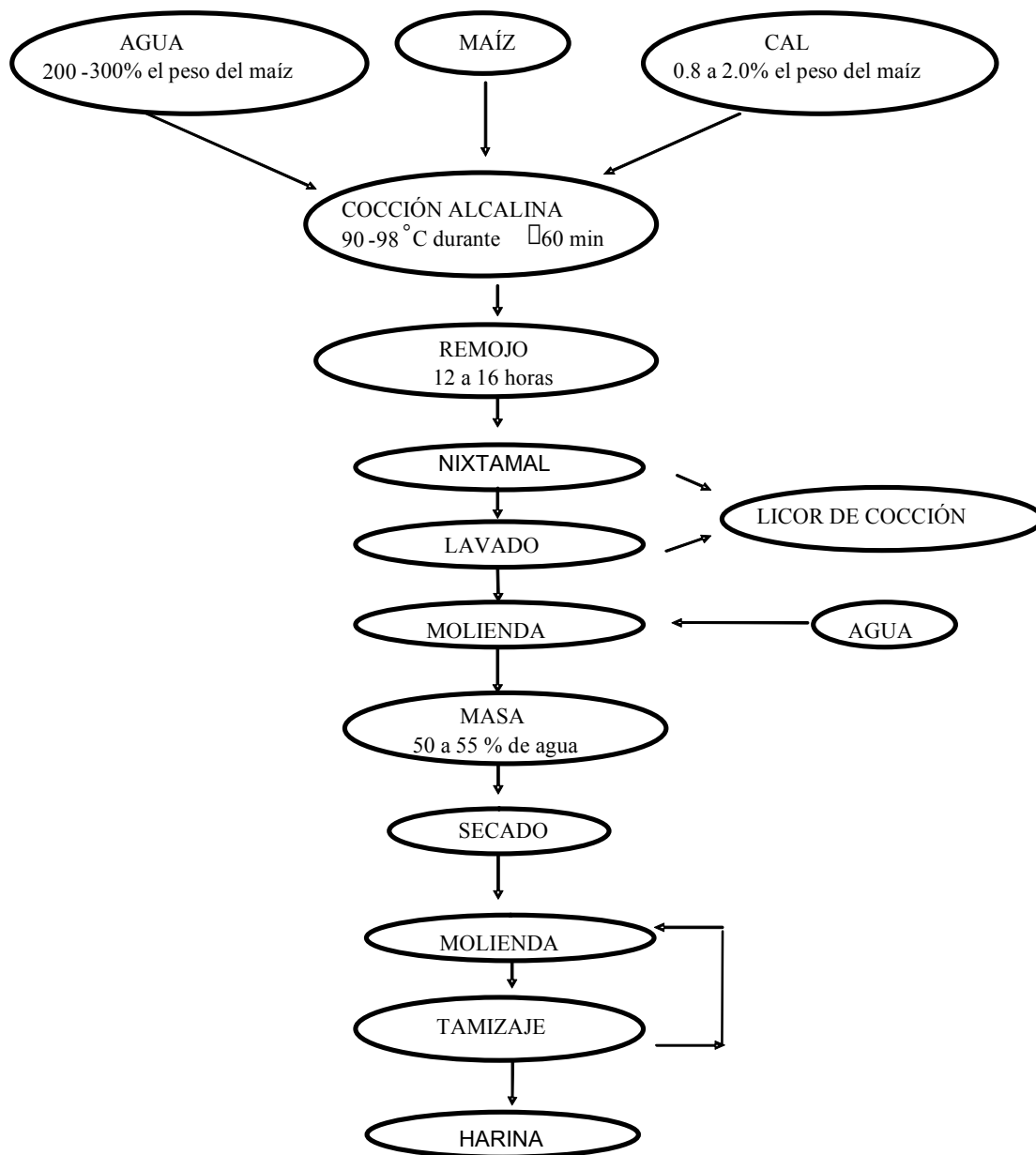
El tamaño de partícula de la masa depende de distintos factores: del grado de cocción del nixtamal, labrado de la piedra, abertura o presión entre las piedras, cantidad de agua utilizada durante la molienda, y el tipo de maíz. Para la producción de tortillas de mesa, el nixtamal se cocina más, el labrado de las piedras es poco profundo y la abertura entre las piedras se ajusta para aplicar más presión. (22).

e. Elaboración de la harina: Para este proceso el maíz es previamente seleccionado con base a la integridad del grano y a su contenido de humedad pues un alto porcentaje conlleva problemas de almacenamiento. El maíz almacenado en silos se transporta al área de proceso y entra a un proceso de cocinado y remojo como se explicó anteriormente, sin embargo el tiempo de remojo se puede acortar para que el grano no absorba tanta agua. Después se hace una molienda gruesa del nixtamal, la cual se seca generalmente en toneles grandes o torres de secado a través de los cuales fluye aire caliente a contracorriente. La masa se seca hasta obtener un contenido de humedad de 10 a 12%, luego se muele hasta obtener el tamaño de partícula deseado y se cierne (Figura 1). Posteriormente se seleccionan varios grupos de partículas de distintos tamaños y se mezclan para producir harinas de maíz con una distribución de tamaño de partícula óptimo para distintas aplicaciones. Generalmente la harina se empaca en bolsas de 2 y 50 lb (1 y 25 kg.) de papel con una capa interna de polietileno.

El rendimiento industrial del este proceso varía entre 86 y 95% dependiendo del tipo de maíz, su calidad en términos de integridad del grano y las condiciones del proceso en sí. (4).

La ventaja de la harina es que tiene una vida de anaquel de un año si se almacena en un lugar seco, y sólo es necesario agregarle agua para formar la masa, la cual puede utilizarse para tortilla u otros productos utilizando equipo comercial. Muchos fabricantes utilizan harina de maíz nixtamalizado porque es fácil de procesar y no requiere de mucha labor, espacio y equipo, además de evitar problemas como tratamientos para el agua de desecho, calidad del maíz y control de procesos de manufactura. Sin embargo en algunas fábricas se prefiere utilizar la masa fresca, ya que es más barata y se obtienen productos con mejor sabor. La mayor ventaja del uso de harina de maíz nixtamalizado es que ayuda mejorar la flexibilidad del producto y la consistencia. Además se puede mezclar fácilmente con otros ingredientes antes de ser procesada. Actualmente se producen harinas de maíz nixtamalizado para la producción de tortillas de maíz amarillo y blanco, tamales y otros productos (22).

Gráfico1. PROCESO INDUSTRIAL PARA ELABORAR HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA



C. VIDA DE ANAQUEL DE LA HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

La harina de maíz nixtamalizado tiene la ventaja de tener un contenido de humedad de 8 a 12% por lo que tiene una mayor vida de anaquel (22). Sin embargo, durante el almacenamiento ocurren cambios físicos y químicos, tales como el incremento de la acidez de la grasa, en especial a una humedad de 83%. (18).

En un estudio hecho por Carillo-Pérez *et al* (1989) se observó que la absorción de agua y la viscosidad disminuían a medida que incrementaba el nivel de deterioro (7). La vida de anaquel de la harina de maíz nixtamalizado se puede extender si ésta se almacena en bolsas de polietileno con baja transmisión de agua. El contenido de humedad crítica en el cual se hace visible el crecimiento de hongos es de 14.5-15% (22).

Cuando la harina tiene un contenido de humedad de 8 a 12%, es estable contra la contaminación microbiana, mientras que si la humedad es mayor de 12%, la harina es atacada fácilmente por mohos y levaduras. Casi no se dan problemas de contaminación por bacterias ya que el mínimo de humedad requerida para el crecimiento de estos organismos es tan alto que si se alcanza, la harina se transformaría en masa. Para evitar la rancidez de la harina es necesario empacarla a altas temperaturas.

El control de calidad de la harina de maíz nixtamalizado es muy sencillo, ya que sólo es necesario medir el índice de absorción de agua, la distribución de partículas y el pH (22). Para las harinas mexicanas se tienen las siguientes medidas de funcionalidad: pH entre 7.1 y 7.2 (mejor sabor), índice de absorción de agua 1.3 g de agua a 70°C/g de harina seca. Entre mayor es la absorción de agua, menor es la vida de anaquel. Además las harinas mexicanas con las que se obtienen tortillas de calidad aceptable, tienen una granulometría promedio de 32% de U.S. mesh 60, 37% de U.S. mesh 70 y 25% de U.S. mesh 80.

Pero para obtener harina de buena calidad es preciso tener un control de calidad adecuado de las materias primas, principalmente del maíz. Existen micotoxinas en una gran variedad de granos y otros alimentos. Las condiciones en que se cosechan los granos en Guatemala favorecen el crecimiento de hongos. Según estudios recientes reportaron la presencia de seis distintos hongos en muestras de maíz obtenidas en diferentes mercados de Guatemala. Los resultados obtenidos por varios autores son contradictorios, ya que algunos reportan reducción parcial de algunas micotoxinas, mientras que otros reportan reducción total. En muchos estudios, los niveles de micotoxinas en el maíz son relativamente altos, requiriendo de concentraciones mayores de cal durante el proceso. (4).

D. PROCESO HIDROTÉRMICO PARA ELABORAR HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

El proceso hidrotérmico fue desarrollado por el Dr. Ricardo Bressani y es básicamente, una variación del proceso industrial actual para elaborar harina de maíz nixtamalizado. Las características de la materia prima necesaria para la elaboración de la harina no difieren en lo absoluto del método industrial, pero las proporciones a utilizar y el agua de desecho generada si disminuye.

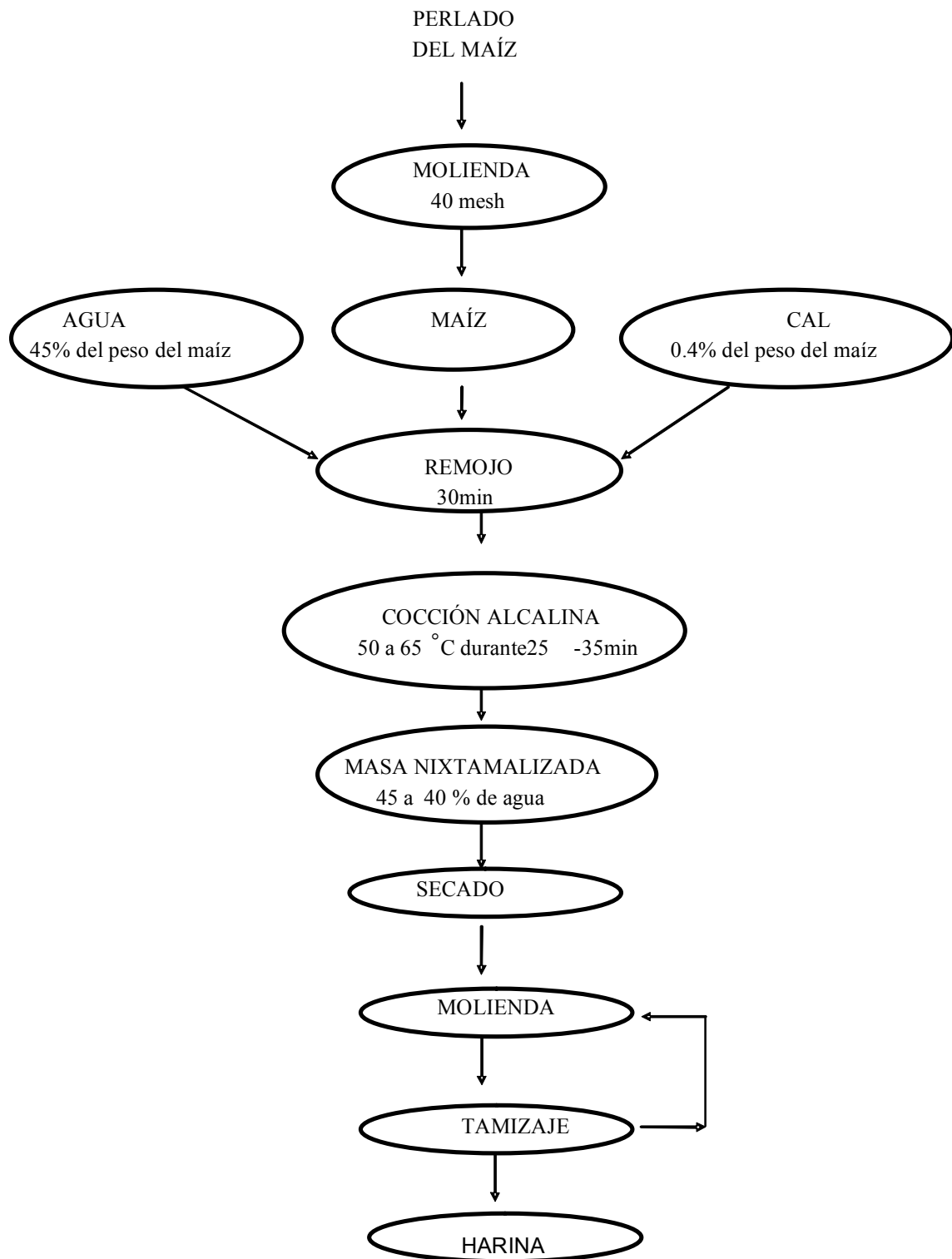
Según Coronado, (1997) el proceso hidrotérmico tiene algunos pasos previos a la cocción del maíz. El primero de los pasos consiste en perlar el grano, esto significa eliminar el pericarpio o cáscara. Después el maíz se muele en seco y se agrega una solución de cal (0.4% en base al peso seco del maíz, Figura 2), esta mezcla se deja reposar por 30 minutos a temperatura ambiente para distribuir homogéneamente el agua y la cal. Posteriormente la mezcla se cocina a una temperatura entre 55° y 65°C. El maíz cocinado se deshidrata en un horno convencional a una temperatura entre 100 y 103°C, hasta obtener una humedad entre 10 y 12%. Al final la harina se debe moler nuevamente. (9).

Para obtener una harina similar a la harina industrial y que al hidratarse de una tortilla de buena calidad, se recomienda que el maíz perlado se muele hasta obtener una granulometría de 40 mesh antes de cocinarse, no puede ser un polvo muy fino, porque formaría una pasta. La reducción del grano se hace con el objeto de aumentar el área expuesta, haciendo más fácil la penetración del agua. Así mismo se disminuye la cantidad de agua y energía a utilizar, logrando más fácilmente la gelificación del maíz.

Además también se recomienda cocinar el maíz durante 25 a 35 min, con 45% de agua de cocción con la cual se obtiene una tortilla con suficiente humedad. Es importante que la humedad no varíe en más de 5% durante el cocimiento, pues esto cambia algunas propiedades fisicoquímicas (9).

Varias son las ventajas que se derivan al utilizar el proceso hidrotérmico (Cuadro 1). Para que se obtenga una tortilla de buena calidad, el agua debe penetrar en el grano hasta absorber un 50% de agua aproximadamente, por lo que el proceso industrial utiliza mayor tiempo de cocción y de remojo que el proceso hidrotérmico ya que se procesa el grano entero de maíz. Otro factor muy importante que disminuye los costos de proceso es la humedad inicial de la masa a deshidratar. Con este proceso, la deshidratación se inicia con un 10% menos de humedad aproximadamente que la masa que sale del proceso industrial tradicional. Otra ventaja es que el volumen de aguas contaminadas disminuye, porque el nixtamal no se debe lavar después del remojo. (9).

Gráfico 2. PROCESO HIDROTÉRMICO PARA ELABORAR HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO



Cuadro 1.DIFERENCIAS ENTRE EL PROCESO HIDROTÉRMICO Y EL PROCESO INDUSTRIAL

PROCESO INDUSTRIAL	PROCESO HIDROTÉRMICO
200% a 300% de agua inicial	PROCESO HIDROTÉRMICO
0.8% a 2.0% de cal	Molienda en seco
12 a 16 horas de remojo	45% de agua inicial
Licor de cocción	0.4% de cal
50 a 55% de humedad en la masa antes del secado.	30 min de remojo aprox.
Pérdida de materia seca	No hay licor de cocción
	40-45% de humedad en la masa antes del secado
	Molienda previa al secado
	No hay pérdida de materia seca

E. OTRAS TECNOLOGÍAS

El método tradicional para la elaboración de tortillas de maíz dura aproximadamente de 14 a 15 horas y requiere de mucho trabajo. Las operaciones de cocción y remojo utilizan aproximadamente el 70 a 80% de este tiempo, lo cual es conveniente para el ama de casa rural. En la industria la molienda y el secado son las operaciones de mayor costo. El maíz nixtamalizado se debe de deshidratar desde un 56% de humedad hasta un 10 a 12% para obtener la harina. Debido a que cualquier método que disminuya el tiempo y costo de la harina de tortilla de maíz nixtamalizado y que dé tortillas aceptables es ventajoso, se han llevado a cabo varios estudios para optimizar el proceso. (5).

En una de las evaluaciones se llevó a cabo un proceso de cocción a presiones de 5 y 15 psig en condiciones húmedas y secas para tiempos de 15, 30 y 60 minutos. La cocción a 15 psig en condiciones secas y particularmente para un tiempo de 60 minutos, reduce la calidad nutricional del producto. Las tortillas obtenidas fueron aceptables pero la tecnología no se utiliza. (6).

Khan *et al.* (1982) hicieron un estudio comparativo de tres métodos de cocción y obtuvieron que aunque en el método tradicional hay mayor cantidad de pérdidas, se producen tortillas de mejor calidad, textura color y aceptabilidad. La cocción bajo presión da lugar a una masa pegajosa y tortillas indeseables, y la cocción por el método comercial produce tortillas de menor calidad (15).

Bedolla *et al.* (1983) encontraron que los métodos de cocción afectan las pérdidas de materia seca durante el procesamiento y concluyeron que el remojo previo a la cocción, reduce el tiempo de este proceso en un 40% (2). Además se obtuvo que la reducción de la viscosidad, y el aumento de pérdidas de material seco, absorción de agua, contenido de calcio y almidón susceptible a procesos enzimáticos se dio más rápidamente para el maíz remojado antes de la cocción. (4).

Se han propuesto otros procesos alternativos para producir harina de maíz nixtamalizado. El objeto de estos métodos es producir harina de maíz nixtamalizado a través de un proceso continuo, rápido y más eficiente en cuanto a labor, energía y espacio necesario. Sin embargo, generalmente los métodos propuestos no producen harinas de calidad comparable con la harina de maíz nixtamalizado producida comercialmente. (22).

Existe un proceso continuo de cocción por extrusión en el cual se evita la gelatinización del almidón y que se infle el producto. El producto se ve afectado por el tamaño del grano, la humedad de la alimentación, velocidad y configuración del equipo, tamaño y forma del molde, y calor introducido. Generalmente se mezclan los granos de maíz con la cal (0.2 a 0.3% del peso del maíz) y el agua para alcanzar un contenido de humedad del 34%. La mezcla cruda se alimenta continuamente al extrusor y sale con una humedad de aproximadamente 18 a 20%. Un 10% de humedad adicional es removida por secado continuo a 600C (140°F). El producto, con aproximadamente 10% de agua, se muele en un molino de martillo y posteriormente se cierne. (16).

Bazúa *et al.* (1979) procesaron el maíz en grano con distintas concentraciones de cal (0.1 a 1 %), utilizando el método de extrusión (1). De los resultados organolépticos se obtuvo que es posible hacer tortillas de aceptación cultural utilizando el método de extrusión. (5).

Los productos fritos se pueden producir directamente a partir de maíz entero molido, cal y agua, formando tiras que se fríen inmediatamente. Sin embargo, la textura y el sabor son significativamente distintos de los producidos por el método convencional, por lo que este proceso no se ha utilizado comercialmente en los Estados Unidos. (22).

Otro proceso para producir harina de maíz nixtamalizado propone utilizar un secador de tambor. Se mezcla harina de maíz entero con agua y cal, posteriormente se cocina y se seca en un secador de doble tambor con un espacio entre tambores de 0.007mm, una presión interna de 110 a 183 kg/M², y una rapidez de 2 rpm. Las tortillas producidas a partir de esta harina tienen propiedades similares a las producidas tradicionalmente (22). Molina *et al.* (1977) llevaron a cabo un proceso similar en el cual la harina de maíz se mezclaba con tres partes de agua y 0.3% de cal en base seca (17). La masa se mezclaba y se pasaba por un secador de doble tambor calentado con vapor a 15, 20 o 25 psig (temperatura superficial de 93, 99, y 104 respectivamente) a 2, 3 y 4 rpm. Las tortillas preparadas con la harina instantánea obtenida tenían características fisicoquímicas y organolépticas idénticas a las preparadas por el método tradicional, pero eran distintas a las del producto comercial (5).

Johnson *et al.* (1980) estudiaron el proceso de micronización para producir harina de maíz nixtamalizado (14). La micronización es un proceso que utiliza rayos infrarrojos para calentar en seco el grano, obteniendo así un calentamiento rápido del grano y cocinando éste desde adentro hacia afuera. Se disminuyó el pH para mejorar el sabor y el color. Las tortillas hechas con esta harina tenían una textura y rolabilidad comparable con las tortillas comerciales. La vida de anaquel es de un mes. (5).

F. PROCESAMIENTO DE TORTILLAS Y OTROS PRODUCTOS A PARTIR DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

La harina de maíz nixtamalizado se puede dividir en dos amplias categorías: harina para tortillas de mesa y harina para productos fritos y tamales. Ambas están disponibles en distintos colores (blanco y amarillo) y niveles de pH (5.5 a 9). La harina para tortillas es fina y tiene un alto índice de absorción de agua; se mezcla con gomas, acidulantes y preservantes. La harina de maíz para productos fritos es gruesa y tiene un pH más alcalino y una menor retención de agua. Está diseñada para evitar el ampollamiento durante el horneado y la fritura y para absorber cantidades óptimas de aceite durante esta última. (22).

La harina de maíz nixtamalizado es reconstituida con agua de chorro. La cantidad de agua necesaria y el mezclado adecuado son los puntos más críticos para obtener las mejores propiedades de la masa. Se utilizan tanques volumétricos para medir las cantidades de agua, y ésta se mezcla con la harina de forma lenta y suave. La velocidad recomendada de la mezcladora es 15 25 r.p.m., y el mejor mezclador es un aspa tipo sigma. Se sugiere un tiempo de mezclado de 10 min. El propósito del mezclado húmedo es rehidratar los sólidos sin hacer que se peguen a causa del trabajo mecánico excesivo. Para lograr la equilibración del agua la masa hidratada se debe de dejar reposar de 5-10 min después del mezclado. (22).

La cantidad de agua requerida comúnmente para hidratar la harina y producir tortillas es 1.0 a 1.2 l/kg. de harina de maíz nixtamalizado. Para productos fritos sólo se necesita 0.9 a 1.0 litros de agua por kilogramos de harina. (22).

III. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala la tortilla es uno de los alimentos básicos que consume la mayoría de la población. Esta representa la mayor parte de las proteínas y calorías consumidas por el guatemalteco diariamente.

La tortilla se prepara a partir de masa de maíz nixtamalizado. El método tradicional de preparación de la masa, involucra el cocimiento del maíz con cal y requiere de mucho tiempo (14 a 15 h) y esfuerzo para su elaboración. La harina de maíz nixtamalizado o instantánea presenta muchas ventajas como menos uso de energía y tiempo necesario para elaborar las tortillas y es un producto estable que puede almacenarse casi durante un año.

Aunque la producción industrial de harina de maíz para tortilla en la región centroamericana existe desde hace ya varios años, la tecnología usada por la industria consiste básicamente en una adaptación del método tradicional de preparar masa de maíz nixtamalizado. La tecnología actual para la elaboración de la harina de maíz tiene dos operaciones que tienen un alto requerimiento de energía. Estas son el cocimiento del maíz y la deshidratación de la masa. Ambos pasos son los responsables de una proporción relativamente alta de los costos de producción. Cualquier método que reduzca el tiempo y costo de proceso sin variar la calidad de la harina de maíz, resulta ventajoso.

El proceso hidrotérmico presenta algunas variaciones que mejoran el proceso industrial actual disminuyendo el tiempo y energía necesaria para obtener una harina de calidad y características comparables a la existente en el mercado, sin hacer grandes inversiones de maquinaria o equipo adicional. Además el proceso hidrotérmico utiliza una menor cantidad de agua y se generan por lo tanto menos efluentes contaminantes.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Determinar la factibilidad de la producción de harina de maíz nixtamalizado por proceso hidrotérmico de calidad comparable con la harina industrial actual, ofreciendo tanto una reducción en el agua de proceso y de efluentes contaminados, como una reducción en el tiempo de proceso.

B. Objetivos específicos

1. Realizar el estudio de mercado para la planta productora de maíz nixtamalizado por proceso hidrotérmico.
2. Realizar el estudio técnico del proyecto.
3. Realizar el estudio económico para determinar la rentabilidad del proyecto.

V. PROBLEMA A RESOLVER

El proceso industrial utilizado actualmente en Guatemala para la elaboración de harina de maíz nixtamalizado, tiene dos operaciones con un alto requerimiento de energía y que representan una gran proporción del costo de proceso. Estas operaciones son: el cocimiento del maíz y la deshidratación de la masa cocinada.

Con este proceso se generan una gran cantidad de aguas de desecho contaminadas que deben tratarse.

VI. METODOLOGÍA

A. Elaboración de Estudio de Mercado.

B. Determinación de la capacidad de la planta.

C. Selección de la localización de la planta.

D. Descripción del proceso para el procesamiento de harina de maíz nixtamalizado

E. Selección y descripción del equipo

F. Determinación de la distribución en planta

G. Organización de la planta

H. Estimación de costos mediante el método de Viola y cotizaciones en el mercado.

I. Determinación de la rentabilidad del proyecto.

VII. RESULTADOS

A. ESTUDIO DE MERCADO

Al analizar el mercado de un proyecto, es preciso reconocer todos los factores que tendrán algún grado de influencia sobre las decisiones que se tomarán al definir la estrategia comercial. Son cinco, en este sentido, los submercados que se reconocerán al realizar un estudio de factibilidad: proveedor, competidor, distribuidor, consumidor y externo. Este último puede descartarse y sus variables incluirse, según corresponda, en cada uno de los cuatro anteriores. (21)

1. MERCADO PROVEEDOR

El mercado proveedor se refiere a las diferentes empresas que proveerán las materias primas y materiales auxiliares, siendo a veces un factor tanto o más crítico que el mercado consumidor. Muchos proyectos como éste, tienen una dependencia externa de la calidad, cantidad, oportunidad de la recepción y costo de los materiales. En este proyecto la materia prima más importante es el maíz por lo cual deben considerarse factores como: alternativas de obtención, calidad del maíz, perecibilidad, necesidad de infraestructura para el almacenaje y seguridad en la recepción.

a. Maíz: Como se puede notar en la información obtenida por Banco de Guatemala y el Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (Tabla 7.1), la producción promedio de maíz en los últimos cinco años ha sido de 1. millones de TM/año . Debe notarse que en los últimos cinco años la producción local de maíz ha disminuido un 20% y las importaciones se incrementaron casi en un 50% . El precio promedio del maíz para el período de 1997/1998 es de Q1,600 /TM (tasa de referencia Q6.40:\$1.00).

No se estima que la producción del maíz blanco tienda a aumentar, debido a que no se cuenta con mucha área libre para el cultivo. Además se proyecta que la producción aumentará con más lentitud que el crecimiento demográfico, por lo cual se incrementará la necesidad de importación con el paso del tiempo . Actualmente la demanda de maíz para consumo humano, se cubre con la producción local.

Algunas de las empresas que manufacturan harina de maíz nixtamalizada utilizan el maíz blanco que se cultiva en la Costa Sur o en el Altiplano del país; aunque en Petén se cosecha también maíz blanco no se utiliza por ser de baja calidad. En algunas ocasiones estas empresas han tenido que importar maíz de México o Estados Unidos cuando el abastecimiento local no cumple con sus especificaciones de calidad.

Cuadro 2. MAÍZ AREA DE PRODUCCIÓN , RENDIMIENTO ,IMPORTACIÓN , EXPORTACIÓN Y PRECIO PROMEDIO

Años:1984/85-1997/98

Año agrícola 1/	Area cosechada (miles mz.)	Producción (miles qq.)	Rendimiento (qq/mz)	Año calendario	Importación 2/		Exportación 2/		
					Miles de qq.	Miles de U.S. \$	Miles de qq.	Miles de U.S. \$	Precio Medio
1984/85	988	26043	26	1984	114	1003	0	10	34
1985/86	942	23661	25	1985	324	2716	218	1951	9
1986/87	968	23420	24	1986	815	5801	1	17	28
1987/88	1092	26451	24	1987	473	4811	23	1293	57
1988/89	920	28776	31	1988	815	5930	7	443	62
1989/90	858	27104	32	1989	351	3814	9	119	13
1990/91	906	28099	31	1990	2590	18373	3	98	38
1991/92	955	27132	28	1991	2284	17032	10	213	21
1992/93	1037	30060	29	1992	2077	15009	16	261	16
1993/94	1000	28827	29	1993	3176	23325	57	807	14
1994/95	869	25819	30	1994	3325	22765	40	851	21
1995/96	782	23078	30	1995	3832	24829	1096	7960	7
1996/97	823	24693	30	1996	4714	43728	336	6123	18
1997/98	841	21977	26	1997	4733	33064	1493	19921	13

1/ Comprende el período de mayo de un año a abril del siguiente.

2/ Partidas SAC 10-05-10-00, 10-05-90-20, 10-05-90-30 y 10-05-90-90

a/ Cifras Estimadas

b/ Cifras a Septiembre

Fuente: Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (1984/86-1992/93) y Banco de Guatemala.

Debido a que el maíz blanco se cultiva en la mayoría de países para satisfacer las necesidades nacionales, el volumen que se comercializa en el plano internacional es bajo, varía en un promedio de 1.5 - 2.0 millones de TM/año. Los principales exportadores son Sudáfrica y Estados Unidos. Se espera en un futuro que Sudáfrica abastezca los mercados de Europa y Asia. Estados Unidos actualmente esta desarrollando el cultivo del maíz blanco y se estima que será el proveedor del mercado Latinoamericano.

b. Cal: La cal es otra de las materias primas necesarias para el proceso de nixtamalización, aunque ésta se use en menor cantidad. En Guatemala existen varias fuentes de obtención de cal, por lo que no se reportan importaciones en los últimos años. Gran parte de la cal que se extrae en Guatemala se procesa y se vende en El Salvador .

La cal que se usa para la nixtamalización es la cal hidratada, que se suspende fácilmente en el agua. El precio promedio de la cal hidratada es de Q0.58/kg equivalentes a Q576.00/TM.

2. MERCADO COMPETIDOR

El mercado competidor no se refiere solamente a la simple competencia por la colocación del producto, también involucra la competencia por obtener materias primas o servicios del mercado proveedor. También debe considerarse el mercado competidor directo, entendiendo por ello las empresas que elaboran y venden productos similares al del proyecto.

El mercado competidor directo en éste proyecto son por una parte los fabricantes de masa de maíz por método tradicional (tortillerías y amas de casa) y por otra parte todos los fabricantes de harina de maíz nixtamalizado. Según Bressani, (1990) en Guatemala se procesaban 250 TM/año de maíz para la elaboración de harina nixtamalizada que equivale a una producción de 19 TM/mes de la harina. Actualmente hay un volumen adicional de este producto que es procesado por Maseca y consiste en aproximadamente 30,000 de TM/año (90TM/día), es decir el 99% de la producción total en Guatemala.

Las marcas comerciales de harina para tortillas presentes en el mercado son: Maseca, Tortiyá, Minsa, Nixtamasa y Masmasa. Las presentaciones que existen en el mercado para las diferentes marcas son dos básicamente: a) paquete de 10 bolsas de 1 kg y b) saco de 22.7 kg (50 lb). El precio de venta para la harina en paquete varía de Q39.00 a Q45.00/paquete; y para la harina empacada en saco varía de Q70.00 a Q90.00/saco. Actualmente el producto con mayor costo en el mercado es el de Maseca a Q90.00/saco.

De acuerdo a la información anterior se puede estimar que el costo promedio en el mercado de la harina de maíz nixtamalizada es de Q3.59/kg. La industria Maseca es la mayor productora de harina de maíz nixtamalizada a nivel mundial. Maseca tiene 19 plantas de producción en Estados Unidos y Latinoamérica. Otras compañías que producen la harina son: Minsa (con 6 plantas) y Agroinsa (con 2 plantas). En 1994 las empresas productoras de la harina para tortillas cubrieron un 27 % del mercado en Estados Unidos y Latinoamérica, el resto fue cubierto por los productores tradicionales de masa para tortillas. (24)

Los parámetros de calidad y características físico químicas de la harina que exige la comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) del Ministerio de Economía se describen en tabla 7.2. (8)

Cuadro 3. REGULACIONES DE CALIDAD IMPUESTAS POR EL GOBIERNO DE GUATEMALA PARA LA HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA

Especificaciones químicas:	
Humedad máxima	14.5 %
Cenizas	1.8 %
Mínimo de proteínas	7.5 %
Máximo de fibra cruda	2.5 %
Extracto de éter	4.5 %
Especificaciones físicas:	
Al menos el 80% de las partículas finas de la harina deben pasar por un mesh 50 (300µm) y el 100% a través de un mesh 40(425µm)	

Las normas de calidad bajo las cuales trabaja la industria Maseca en México son las siguientes: (5)

Cuadro 4. REGULACIONES DE CALIDAD IMPUESTAS POR EL GOBIERNO DE MÉXICO PARA LA HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA

Especificaciones químicas	
Humedad máxima	10.0 % (en el momento de empaque)
Cenizas	2.0 %
Mínimo de proteínas	7.5 %
Máximo de fibra cruda	3.0 %
Extracto de éter	5.0 %
Reacción de Ligninas	negativa
Especificaciones físicas	
1. Las tortillas deben de pasar el test de rolabilidad (i.e. no deben tener rajaduras al enrollarse.)	
2. Al menos el 85% de las partículas finas de la harina deben pasar por un mesh 60 (250µm) .	

3. MERCADO DISTRIBUIDOR

El mercado distribuidor es quizás el que requiere el estudio de un menor número de variables en torno al producto terminado, como lo son : condiciones de almacenamiento y distribución , tipo de empaque y vida de anaquel . En efecto, la disponibilidad de un sistema que garantice la entrega oportuna de los productos al consumidor toma en muchos proyectos, un papel relevante. Es el caso de productos perecederos, donde el retraso más mínimo puede ocasionar pérdidas enormes.

En el caso de la harina de maíz nixtamalizado, se ha comprobado que su vida de anaquel es de casi un año si se almacena adecuadamente, y si el producto tiene un 10% de humedad máxima al momento del empaque. Además la harina es empacada en bolsas de polietileno con baja permeabilidad de gases y recubierta por bolsa de papel para proteger el producto durante el manejo.

4. MERCADO CONSUMIDOR

El mercado consumidor es probablemente el que más tiempo requiere para su estudio. La complejidad del consumidor hacen que se tornen varios estudios específicos sobre él, ya que así podrán definirse diversos efectos sobre la composición del flujo de caja del proyecto. Los hábitos y motivaciones de compra serán determinantes al definir al consumidor real. El mercado al cual se enfoca la harina de maíz son las industrias, tortillerías y amas de casa que actualmente elaboran tortillas u otros productos a partir de masa.

En Guatemala la sustitución de la masa fresca por masa hecha a partir de harina de maíz instantánea ha sido paulatino. En áreas urbanas el cambio ha sido más rápido por razones como la conveniencia de tener un producto que requiere de menos espacio, equipo y tiempo para elaborar la masa. Por tanto se espera que el mercado consumidor de la harina instantánea siga creciendo, hasta sustituir por completo el proceso tradicional o artesanal de elaborar la masa de maíz.

Para considerar el tamaño del mercado potencial de la HMN, se deben considerar principalmente a todas las personas que consumen tortillas.

De acuerdo a los resultados de una evaluación nutricional realizada por el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP) en Guatemala y Centroamérica en 1969, el consumo de maíz nixtamalizado fue de 318 g/día (116 Kg/año) en el área rural y 102 g/día (38 Kg/año) en el área urbana.

Según estudios de consumo de alimentos realizados en Guatemala en 1991 se determinó que el consumo de maíz fue de 325 y 180 g/día (119 y 66 Kg/año) para el área rural y urbana respectivamente. (10)

Se puede ver que el consumo de maíz no ha variado significativamente en los últimos 30 años, el incremento ha sido más notorio sólo en el área urbana, esto puede deberse a las migraciones de campesinos a la ciudad capital.

Con base a la información anterior, podemos estimar el Mercado Potencial de la harina de maíz nixtamalizado de la siguiente manera:

Cuadro 5. MERCADO POTENCIAL DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA

Año	1998	2000	2005	2010
Población Total ¹ (MM habitantes)	11,50	12,22	13,97	15,98
Población Urbana (MM habitantes) 46 %	5,29	5,62	6,43	7,35
Consumo maíz per capita en MN ₃ /año (base: 66 kg/año) ²	349,12	371,05	424,17	485,15
Población Rural (MM) 54 %	6,21	6,60	7,54	8,63
Consumo maíz per capita en MN ₃ /año (base: 119 kg/año)	738,94	785,37	897,80	1026,87
Consumo Total de maíz/persona (MM TM/año)	1,09	1,16	1,32	1,51
Mercado Potencial de HMN (MM TM/año)	0,98	1,04	1,19	1,36
Urbano (MM TM/año)	0,31	0,33	0,38	0,44
Rural (MM TM/año)	0,67	0,71	0,81	0,92

Como ya se mencionó anteriormente, Maseca es el mayor productor de harina de maíz nixtamalizada en Guatemala (0.03 millones de TM/año). El volumen que produce representa casi el 100% del volumen total de harina de maíz nixtamalizada que se produce en todo el país. Debido a esto podemos establecer que actualmente el tamaño del mercado de las harinas de maíz nixtamalizada es de 0.03 millones de TM/año.

Se puede observar entonces, que el tamaño de mercado es sólo el 3% del mercado potencial calculado en el cuadro 4, o bien el 10 % del mercado potencial urbano.

En 1994, el 27% de la masa usada para tortillas en Estados Unidos y Latinoamérica fue elaborada con harina de maíz nixtamalizada (24). Esto significa que el tamaño de mercado de la harina de maíz nixtamalizada en 1994 fue el 27% del mercado potencial.

Tomando en cuenta lo anterior podemos esperar que el tamaño de mercado de la harina de maíz nixtamalizada en Guatemala se desarrolle hasta alcanzar al menos un 27% del mercado potencial. Pero ese desarrollo no será tan acelerado como en otros países de Centroamérica como Honduras y El Salvador en donde actualmente hay siete y cinco plantas respectivamente, que producen harina de maíz nixtamalizada, mientras que en Guatemala hay sólo tres. Esto se debe principalmente a que en muchos de los hogares rurales-indígenas en su mayoría cosechan el maíz para autoconsumo

Del Censo realizado en 1994 obtenemos la siguiente información:

Cuadro 6. INFORMACIÓN DEL CENSO DE 1994

Población Total	Indígena	42%
	No indígena	56%
Población Urbana		46%
	Indígena	24%
	No Indígena	73%
Población Rural		54%
	Indígena	51%
	No Indígena	47%
Población económicamente activa		38%
Hogares que cocinan con leña		67%
	Hogares Urbanos	31%
	Hogares Rurales	74%

Como se observa en el cuadro anterior en la mayoría de los hogares rurales cocinan con leña. Esto nos indica que la mayoría de la población rural, aún no cuenta con los recursos económicos para cambiar a estufas de gas y que sus hábitos de consumo no cambian rápidamente. Debido a esto podemos asumir que en las áreas rurales va a ser más difícil cambiar el hábito de consumo de masa fresca por harina de maíz nixtamalizada, mientras que en las áreas urbanas por razones de tiempo y espacio para la elaboración de masa, el uso de harina de maíz nixtamalizada va a resultar más conveniente para preparar las tortillas.

Se estima que en el año 2010 (año 10 del proyecto que se está evaluando) el tamaño del mercado de la harina de maíz nixtamalizada HMN en Guatemala, sea de 0.4 millones TM/año (30% del Mercado Potencial calculado en Tabla 7.4). Esto cubrirá parte de la demanda urbana.

5. MERCADO EXTERNO

Se refiere a los proyectos que tienen la necesidad de recurrir a fuentes externas de abastecimiento de materias primas. Para este proyecto, la planta se abastecerá de la producción local de maíz principalmente. Pero se debe considerar que no siempre se va a obtener maíz de buena calidad, por lo que en algunas ocasiones será necesaria la importación. Posiblemente nuestro principal proveedor de maíz importado será Estados Unidos.

C. CAPACIDAD DE LA PLANTA

La planta que se está evaluando en este proyecto tendrá una producción que cubra el 20% del tamaño de mercado total en el año 2010 (0.4 millones TM/año). Básicamente esta producción se estará comercializando en las áreas urbanas.

La planta producirá 225 TM/día que equivalen a 0.08 millones TM/año. Considerando que la planta llegue a trabajar a un 90% de su capacidad nominal, la capacidad instalada será de 250 TM/día. El 75% de la producción será empacada en sacos de 22.7 kg (50 lb) y el 25% en paquetes de 5 unidades de 2.27 kg (5lb) c/u, quedando la proyección de la producción de la siguiente manera:

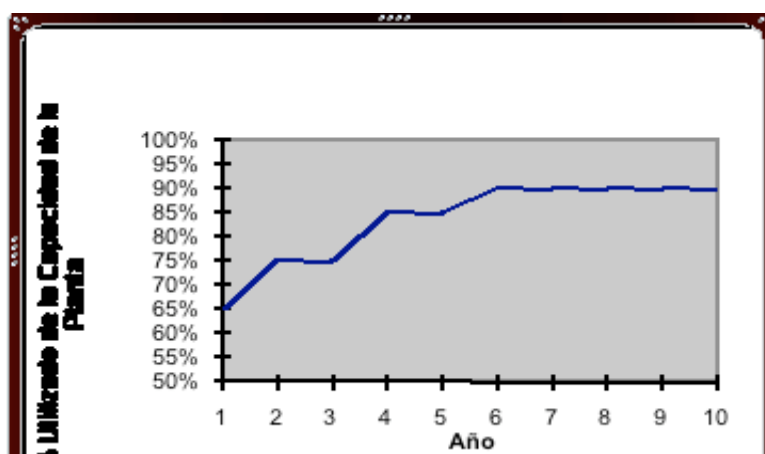
Cuadro 7. CAPACIDAD DE LA PLANTA

Año	Capacidad nominal (TM/día)	% Utilizado de la cap. nominal	Capacidad efectiva		
			TM/día	Sacos 50 lb/día	Fardos/día (5x51b)
1 al 3	250	65%	163	5.363	3.575
4 al 6	250	80%	200	6.600	4.400
7 al 10	250	90%	225	7.425	4.950

La planta no iniciará trabajando a su capacidad máxima ya que se considera la curva de aprendizaje. Por lo general la curva de aprendizaje refleja una disminución en las horas hombre a medida que se aumenta el volumen de producción; ya que el operario después de repetir muchas veces una misma actividad, la hace mejor y en menos tiempo.

A pesar que éste proceso utiliza maquinaria bastante automatizada, siempre se debe considerar que durante los primeros años se estarán haciendo ajustes a la maquinaria y al proceso para poder alcanzar la producción máxima. Principalmente durante el primer año se considera que sólo se puede trabajar al 65% de la capacidad esperada, ya que el personal va a estar aprendiendo su trabajo.

Gráfico 3. CURVA DE APRENDIZAJE Y CAPACIDAD DE LA PLANTA



C. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

La localización de la planta afecta decisivamente a la economía de la producción, de ahí la necesidad de estudiarla. A la planta deben ingresar:

1. Materias primas, auxiliares y materiales de empaque.
2. Los combustibles
3. La energía
4. La mano de obra

De la planta deben salir:

- a. El producto que ha de ser llevado al mercado/
- b. Las materias residuales: aguas, polvos, gases, etc.

La localización ha de garantizar la posibilidad de todo ello con la mínima repercusión desfavorable en el costo de la producción.

La localización puede fijarse tomando como parámetro el mínimo costo de fabricación, o bien el mínimo costo de distribución dependiendo de la localización del mercado objetivo.

De acuerdo a su influencia en la toma de decisión de la localización de la planta, en algunas ocasiones es preciso considerar las limitaciones como clima, legislación industrial y sanitaria. Por lo general el problema de localización se reduce a valorar comparativamente las cargas económicas que introducen el costo de producción, el transporte y los medios necesarios para conseguir las disponibilidades precisas; la localización en el lugar elegido será óptima, pero si presenta la dificultad de estar alejado para la mano de obra y los técnicos. Cabe establecer un servicio de transporte o construir un poblado próximo a la fábrica. Después de sopesar las ventajas e inconvenientes de una u otra solución, los gastos de la elegida deben seguir siendo de menos peso en la producción, que los que representaría llevar la localización a la proximidad del centro urbano, con las consiguientes necesidades de transportar las materias primas. Acaso también el agua, mayor movilización por carestía de los terrenos y por las instalaciones de acondicionamiento de aguas residuales, etc.

La selección de la localización al hacerlo por el método de punteo, es posible hacerlo aplicando un punteo o por la aplicación de costos, pero conviene que la localización quede cerca del factor más pesado, por lo que en algunas ocasiones no es necesario calcular nada, porque sólo se busca un terreno que se encuentre cerca del lugar en donde está el factor más pesado.

Cuadro 8. PONDERACIÓN PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

FACTORES DE PONDERACIÓN	PONDERACIÓN IDEAL	QUETZALTENANGO	ESCUINTLA	PALENCIA
Factores de producción				
Materia prima local	10	9	9	7
Materia prima Importada	10	7	10	9
Materiales auxiliares	4	3	4	4
Mano de obra	5	5	5	5
Agua	4	4	4	4
Fuerza motriz	3	3	3	3
Combustibles	4	3	4	3
Factores de distribución				
Mercado	20	10	20	15
Facilidad de transporte	10	10	10	10
Factores mixtos				
Humedad relativa de la zona	10	9	8	8
Facilidades urbanas	4	4	3	1
Actitud de la comunidad	3	3	3	3
Disposiciones legales y fiscales	3	2	2	2
Eliminación de desechos	3	2	2	2
Desarrollo regional	3	3	2	1
Interés Social	3	3	3	3
TOTAL	99	80	92	80

En este caso son dos los factores de mayor peso. El primero de ellos es el mercado consumidor. Para este proyecto el mercado va a ser urbano principalmente, por lo que la planta debe estar cerca de la ciudad capital ya que allí se concentra el 54% de la población urbana.

El segundo factor, de igual importancia que el anterior, es el suministro de maíz blanco ya que es la materia prima principal. El maíz blanco se produce localmente, pero no es de calidad constante. Se debe considerar la posibilidad de importar el maíz en algunas ocasiones por las siguientes razones: Escasez del grano, baja calidad de las cosechas. El maíz que se importa viene de Estados Unidos en su mayoría o de México en algunas ocasiones. Por lo tanto la planta debe estar ubicada tanto cerca de fuentes locales de suministro, como cerca de algún puerto de entrada.

Tomando en cuenta el suministro de materia prima y la ubicación del mercado se evaluaron tres locaciones: Palencia, Escuintla y Quetzaltenango. A pesar que el maíz blanco se cultiva en todo el territorio, la mayor producción se concentra en la Costa Sur y el Altiplano del país. En Petén también se cultiva bastante, pero su calidad es inferior. Debido a esto, Escuintla y Quetzaltenango tienen un mayor puntaje en el rubro de materia prima local.

Se escogió la ubicación de la planta en Escuintla por su cercanía al Mercado de la ciudad capital y a las poblaciones urbanas de la Costa Sur y noroccidente. Además puede abastecerse del maíz cultivado en el sur del país, del maíz importado de Estados Unidos vía Puerto Quetzal y del importado de México vía la aduana de Tecún Umán. Se podría pensar

que las condiciones climatológicas de Escuintla no son las más adecuadas para manejar un producto de baja humedad, como la harina. Pero según las lecturas de Instituto Nacional, de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la humedad relativa tanto de Escuintla, Palencia y Quetzaltenango varía 78 a 80%.

1. Descripción del departamento de Escuintla

El departamento de Escuintla cubre una extensión territorial de, 4,384 Km², que equivalen al 4% del territorio nacional. Está ubicado al sur de Guatemala, al norte limita con Chimaltenango y Sacatepequez, al noreste con el departamento de Guatemala, al este con Sta. Rosa, al oeste con Suchitepequez y al sur con el Océano Pacífico.

Escuintla se divide en 13 municipios económicamente activos, de los cuales destacan la cabecera departamental, Sta. Lucía Cotzumalguapa y el Puerto San José. En estos municipios se concentran la mayoría de fábricas, industrias, comercio y servicios. Según el Censo Poblacional de 1994, la población es de 386,534 personas de las cuales 6.44% son indígenas y 91.4% son no indígenas.

a. Condiciones meteorológicas:

Humedad: 80% y precipitación pluvial abundante.

Temperatura: máxima 34°C y mínima 21°C.

b. Aspectos económicos: La actividad económica del departamento de Escuintla se manifiesta en el ramo de servicios financieros con 41 agencias bancarias, de las cuales 21 se ubican en la cabecera. Por su ubicación, centro de industria, cultivos y desarrollo turístico e inmobiliario, Escuintla se convierte en el departamento más rico después de Guatemala. La producción principal del departamento se basa en los sectores primarios y secundarios por ser una región inminentemente de carácter agrícola e industrial. Entre los principales cultivos básicos se encuentra el maíz.

c. Energía: La mayor deficiencia del sistema eléctrico se encuentra localizada en los municipios del litoral del pacífico como Tiquisate, Nueva Concepción, Gomera, Pto. San José e Iztapa. El consumo de energía eléctrica según el Instituto nacional de Electrificación (INDE) es de 14,511,545 KWh(1995-96).

d. Red Vial: Actualmente cuenta con una red vial de 806 km, de los cuales el 50.5% son asfaltados y el resto son de terracería. De la red vial nacional (11,000 km) Escuintla cuenta con la mayoría de tramos nuevos de reciente inauguración como: CA-2-Oriente Taxisco - Chiquimulilla-Cd. Pedro de Alvarado, CA-9-Sur autopista Escuintla-Puerto Quetzal, CA-9-Sur Puerto San José - Itzapa y la carretera Palín - Escuintla.

e. Indicadores de salud y educación

Establecimientos de Salud Pública:	2
Establecimientos de Salud Privada:	1
Establecimientos de Educación Pública:	3
Establecimientos de Educación Privada:	4
Sedes Universitarias:	2
Fuente: Segeplan	

D. ESTUDIO TÉCNICO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

a. Pesado y limpieza: Los camiones con maíz entrarán a la planta y pasarán a la báscula de plataforma con capacidad de pesar hasta 20 TM maíz. Luego el maíz se separa de piedras o materiales ajenos por medio de cernido.

b. Almacenaje: El maíz se almacena en silos de humedad controlada para evitar la contaminación por mohos o aflatoxinas.

c. Eliminación de Pericarpio: Este proceso se hace en seco en un molino de frotación de discos, en donde se separa al menos un 50% del pericarpio. Se utilizan molinos de 1 muela o disco.

d. Molineda: El maíz se muele en un molino martillos hasta alcanzar un tamaño de partícula de 40 mesh.

e. Reposo: El nixtamal se deja en reposo en un tanque durante 30 min. , para permitir que el grano tenga una humedad interna homogénea

f.: Cocción: En una forma continua, el grano se cocina con agua y cal a 55-65° C durante 35-45 min., hasta obtener humedades entre 35-37%. El sistema de cocción que se utiliza es un tornillo helicoidal encaquetado con vapor.

g. Molienda- Deshidratación: Esta etapa consiste en la pulverización del nixtamal mediante un molino de martillos, seguida de una deshidratación flash que reduce la humedad hasta 10-12% en una fracción de segundo a una temperatura de 180 a 200°C.

h. Mediante una serie de mallas de acero inoxidable separa las partículas finas y las gruesas, estas últimas se envían a un molino remolador.

i. Empaque: Dos máquinas de llenado empastrarán la harina en sacos de 22.7 kg (50 lb) y bolsas de 2.27 kg (5 lb). La harina, llega por transporte neumático al área de empaque.

j. Almacenamiento Se tendrán dos carros montacargas con capacidad de 1toneladamétrica.

2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Cuadro 9. EQUIPO DE PROCESO

PROCESO	EQUIPO	CAPACIDAD	Hp	TOTAL Kwh
Cernido/limpieza	2 Cernedoras	125 TM/día	15	22
Eliminación de pericarpio	2 Molinos de frotamiento de doble muela	125 TM/día	250	373
Primer molienda (reducción a mesh 40)	2 Molinos de martillos	125 TM/día	200	298
Cocción	2 Tornillos helicoidales	125 TM/día	10	15
Bombeo de nixtamal	2 Bombas de desplazamiento positivo	130 TM/día	20	30
Segunda molienda (reducción a mesh 60)	2 Molinos de martillos	125 TM/día	200	298
Cernido de la harina	2 Vibradores	125 TM/día	15	22
Transporte neumático	1 Bomba	250 TM/día	40	30
Dosificadores para empaque	2 Dosificadores	190 TM/día 60 T/M día	7.5 5	6 4
Consumo de energía eléctrica (Kwh):				1098

El material utilizado en el equipo de la planta es de acero inoxidable 316.

a. Equipo de Laboratorio:

1. Potenciómetro, para medición de Ph.
2. Horno y Balanza analítica, para medición de humedad
3. Equipo Soxhlet, para medición de grasa
4. Tamizadores con malla 45, +60 y -60
5. Centrifugadora

b. Equipo para generación de energía

1. Caldera de vapor: de 100 hp (3.53 KJ/hr). Se utilizará para la cocción.
2. Generadores de energía eléctrica: capacidad de 1800 kw/h.
3. Bomba sumergible de 60 hp; para el suministro de agua

3. MATERIA PRIMA, MATERIALES AUXILIARES Y SUMINISTRO DE ENERGÍA

Para cubrir el programa de producción, la planta demanda las siguientes cantidades de materia prima y material de empaque:

Cuadro 10. REQUERIMIENTO DIARIO DE MATERIA PRIMA Y MATERIALES AUXILIARES

Año	Materia Prima		Material de Empaque			Otros
	Maíz (TM)	Cal (Kg)	Bolsa 50 lb (millar)	Bolsas 5 lb (millar)	Bolsas Fardo (millar)	Agua (m ³)
1 al 3	179	72	5	18	4	77
4 al 6	220	88	7	22	4	94
7 al 10	248	99	7	25	5	106

De acuerdo a la capacidad del equipo, el consumo de recursos energéticos es el siguiente:

Combustible: Bunker 2,204 l/día (580 gal/día)

Energía eléctrica: 1500 Kw/día

Actualmente, el costo promedio de cada uno de los insumos arriba mencionados, es el siguiente:

Maíz Q 1,600.00 / TM

Cal Q 576.00 / TM

Agua Q 12.50 / m³

Saco de papel de 22.7 kg (50/lb) Q 3,360.00/ 1,000 unidades

Bolsa de papel de 2.27kg (5/lb) Q 320.00/ 1,000 unidades

Bolsa de polietileno de 22.7 kg (25 lb)	Q 96.00/ 1,000 unidades
Bunker	Q 13.37/1
Energía eléctrica (Tasa de referencia Q6.40:\$1.00)	Q 0.54 / Kwh

4. DISEÑO DE LA PLANTA Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL TERRENO

La planta se ha diseñado en un terreno de 7,000 m², equivalentes a una manzana. Las instalaciones de la planta comprenden lo siguiente:

- a. Garita de control
- b. Área de pesaje y recepción de materia prima
- c. Una bodega de 1,800 m², en donde se producirá empacará y almacenará la harina de maíz nixtamalizada
- d. Contiguo se tendrá una bodega de 900 m² en donde se tendrán las siguientes instalaciones: Bodega de material de empaque, Laboratorio de Control de Calidad y Oficinas administrativas.
- e. Área de despacho
- f. Área de servicios para el personal de producción: baños, vestidores y cafetería
- g. Dos silos para almacenar el maíz
- h. Área de caldera
- i. Fosa séptica
- j. Parqueo

E. PERSONAL

La planta procesadora trabajara 3 turnos de ocho horas diarias cada uno. Los turnos de la mano de obra directa serán rotativos. El personal de administración trabajará solamente un turno de 8 horas al día de 8:00 am. A 5:00 pm. La distribución del personal y salarios asignados es la siguiente:

Cuadro 11. PERSONAL

Mano de Obra Directa	Turnos	No. de Personas	Salario (Q)
Supervisor de Producción	3	1	5.000
Pesaje, limpieza y almacenaje de MP	3	2	2.000
Cocimiento y Molienda	3	3	2.000
Empaque y almacenaje de producto terminado	3	6	2.000

Total **36** **Q 27.000**

(Q6.30:\$1.00) \$ **4.286**

*Incluyendo prestaciones laborales (41.16%)** \$ **6.050**

Mano de Obra Indirecta	Turnos	No. de Personas	Salario (Q)
Limpieza	3	4	1.500
Jefe de Mantenimiento	3	1	3.500
Auxiliar de Mantenimiento	3	1	2.000
Jefe de Control de Calidad	3	1	3.500
Auxiliar de Control de Calidad	3	1	2.000
Encargado de Bodega	3	1	3.500

Total **9** **Q 20.500**

(Q6.30:\$1.00) \$ **3.254**

*Incluyendo prestaciones laborales (41.16%)** \$ **4.593**

Personal Administrativo	Turnos	No. de Personas	Salario (Q)
Gerente General	1	1	25.000
Gerente de Planta	1	1	10.000
Gerente de Merca deo	1	1	10.000
Asisitente de Merca deo	1	1	6.000
Secretarias	1	2	2.500
Encargado de Compras	1	1	3.500
Encargado de Logística	1	1	3.500
Encargado de Recursos Humanos	1	1	4.000
Contador	1	1	3.000
Distribución	1	2	2.000
Guardia de Seguridad	3	1	2.000

Total **15** **Q 76.000**

Q6.30:\$1.00 \$ **12.063**

*Incluyendo prestaciones laborales (41.16%)** \$ **17.029**

*PRESTACIONES LABORALES: Indemnización 8.34%, Aguinaldo 8.34%, Bono 14 8.34%
vacaciones 4.17%, Cuota Patronal e IGSS 10%, IRTRA 1%, INTECAP 1% **TOTAL : 41.16%**

F. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA

Para la evaluación de un proyecto, el costo de instalación de la planta es muy importante. Un estimado preliminar detallado del costo de los equipos, accesorios, estructuras, sistemas eléctricos y costos de instalación, para obtener el costo de capital requiere de mucha inversión de tiempo y dinero. Y a pesar de ser un análisis detallado tiene una precisión de más o menos de un 30% y retrasa la toma de decisiones.

Se logra una precisión de más o menos un 5% en la estimación del costo de instalación, solamente cuando el estimado se hace hasta que se está construyendo la planta. (25)

Existen varios métodos rápidos para la estimación del costo de instalación de una planta, que se utilizan como un análisis preliminar ya que proporcionan información con \pm 30% de precisión. Entre estos métodos, está el método de Viola para procesos que involucran fluidos o con etapas sólido-fluidos.

1. MÉTODO DE VIOLA: Este método se basa en el número de la operaciones mayores del proceso, N ; la producción anual, C expresado en lb/año; y un factor de complejidad K .

Las cantidades que deben ser estimadas para obtener K son:

a. Un promedio de la corrección f :

$$f = 1.067 * [(I/O) * (I/N)]^{0.1067} \quad \text{donde } I/O \text{ es la relación m. p./producto terminado}$$

b. Factor del material S , el cual se basa en el porcentaje del material de construcción del equipo, M_f y la presión del proceso, P_1 . Viola provee una curva típica para el acero inoxidable, la cual puede ser aproximada por:

$$S = m (M_f + 0.08) + 0.6 \quad (1)$$

Para procesos con la presión P_1 , en lb/pulg², la pendiente m está dada por:

$$m = 0.8 + 0.00045 * P_1 + (2.5 * 10^{-6}) P_1^2 \quad (2)$$

c. Una fracción f_s , del número de etapas que involucran mezclas de sólido-líquido.

$$K = N * S * f * (1 - 0.6 * f_s) \quad (3)$$

En el caso que S , f , o f_s no se conozcan, Viola sugiere que $K=N$, provee una buena estimación inicial. La estimación de la inversión esta dada por I' (\$).(26)

$$\log (I'/Q) = (\log K / 1.822)^{2.1} \quad (4)$$

donde $Q=65 C^{0.6}$, cuando C esta sobre un rango de $2 \cdot 10^6$ a $50 \cdot 10^6$.

En la consideración de número de operaciones no se toma en cuenta el almacenaje, empaque, transporte, tratamiento de desechos, purificación de solventes y unidades de recuperación de energía.

Como no se conoce con exactitud el factor f_s , se hará una aproximación de $N=K$. En este caso el número de operaciones principales son 4 : perlado, molienda, cocción y deshidratación.

$$K = N \text{ y } N = 4$$

$$I(\$) = 10 \left(\frac{\log 4}{1.182} \right)^{2.1} * 65 * (192.7 \cdot 10^6 \text{ lb/año})$$

$$I(\$) = \$10,620,924$$

Esta fórmula arroja estimados razonables para inversiones en 1981, para cualquier otro año debe ajustarse usando el *Chemical Engineering Plant cost Index*:

$$I(\$) = I' (I_{CE}/297) \quad (5)$$

I_{CE} = índice de precios de plantas químicas, acutalizando el valor $I_{CE} = 380.3$

$$I(\$) = \$13,599,790 \text{ que equivale a } I(Q) = Q 87,038,656$$

(Tasa de referencia Q6.40:\$1.00)

2. MÉTODO DE LANG

Nos da un estimado del costo de la planta completa. Se basa en el valor de la maquinaria principal de la planta. Puede aplicarse con buenos resultados cuando se conoce el costo del equipo principal. Además se adapta bien a economías como la de Guatemala en donde el valor de la obra civil ha incrementado.

Este método, repetidamente confirmado, se basa en la existencia de una relación constante entre el valor X (de la maquinaria y equipo) y el valor total de la planta. Esta relación define lo que llamaremos coeficiente de Lang. Para dicho coeficiente ha dado Lang tres estimaciones según la fabricación consista en el manejo de sólidos, fluidos o ambos, siendo los coeficientes los siguientes:

- | | |
|----------------------|------|
| a. Sólidos | 3.1 |
| b. Sólidos y fluidos | 3.63 |
| c. Fluidos | 4.74 |

Estos valores se encuentran adecuados para valores de maquinaria de \$100,000 aproximadamente. Para valores mayores o menores, estos coeficientes se deben de corregir. Para valores mayores el factor de corrección es 0.435. (26)

Por lo tanto la inversión I (\$) está dada por:

$$I = X * \text{coef. de lang} * \text{factor de corrección} \quad (6)$$

En este caso, el valor aproximado de la maquinaria para la producción harina de maíz nixtamalizada es el siguiente:

1. Para 55 TM/día	\$3.8 millones
2. Para 130TM/día	\$6.3 millones

(Fuente: DEMAGUSA)

Debido a que la maquinaria empleada en el proceso industrial no varía significativamente de la utilizada en el proceso hidrotérmico, se pueden utilizar estos datos para estimar el costo de la planta.

En este proyecto la capacidad de la maquinaria será de 250 TM/día. Se puede estimar el valor de la maquinaria para esa capacidad utilizando el método de Williams. Este método es válido, siempre y cuando la diferente capacidad se debe a la diferente magnitud de la instalación y sus elementos, pero no cuando el aumento de capacidad se debe a la multiplicación en paralelo de los elementos fabriles.(26)

Para dos instalaciones de igual naturaleza y distinta capacidad se tendrá:

$$I_2 = I_1 (q_2 / q_1)^b \quad (7)$$

En donde: I = inversión
q= capacidad
b= 0.64 (promedio)

$$I_{(250 \text{ TM/día})} = \$6 \text{ millones} (250 \text{ TM/día} / 130 \text{ TM/día})^{0.64} = \$ 9.1 \text{ millones}^{**}$$

Aplicando la fórmula (7.6), el costo de la inversión de la planta será de:

$$I (\$) = \$9.1 \text{ millones} * 3.63 * 0.435 = \$ 14.4 \text{ millones}$$

$$I (Q) = Q 92.16 \text{ millones}$$

(Tasa de referencia Q6.40:\$1.00)

Debido a que el método de Lang se basa en el valor real de la maquinaria, esta estimación es mas adecuada que la obtenida por el método de Viola.

G. RENTABILIDAD DEL PROYECTO

* * Si se aplica la fórmula 7.7 para calcular el costo de una planta con capacidad 130 TM/día a partir de la planta de 55 TM/día, se obtiene un costo $I_2 = 6.5$

A continuación se presentan los costos de producción utilizados durante el primer año del proyecto de la planta productora de harina de maíz nixtamalizada.

1. ELEMENTOS DEL COSTO

Cuadro. 12 .ELEMENTOS DEL COSTO

<u>Producción anual</u>	58,500 TM/año
<u>Horas Hombre (hh)</u>	
Se trabajan 24 h/día*30días/mes*12 meses	8,640 hh / año
<u>Costo de cada hh</u>	\$8.40 /hh
(Salarios m.o. directa / hh)	
Salarios de la mano de obra directa Ref. Tabla 7.10	\$72,597 /año
<u>Costo de cada hh en Gastos de Fabricación</u>	\$8.54 /hh
(Gastos de Fabricación / hh)	
Agua Ref. Tabla 7.9 27,579 m ³ /año \$1.95 /m ³	\$53,778 /año
Mantenimiento	\$20,000 /año
Total	\$73,778 /año
<u>Hh por TM de harina producida</u>	0.15 hh/TM
(hh / producción anual)	

2. COSTO DE PRODUCCIÓN

A continuación se detallan los rubros involucrados en el costo de producción de una tonelada métrica de harina de maíz nixtamalizada por proceso hidrotérmico.

Cuadro 13. COSTO DE PRODUCCIÓN PORTONELADA MÉTRICA DE HARINA DE MAÍZ

1) <u>Producción anual</u>	58,500 TM/año	
2) <u>Horas hombre (hh)</u> Se trabajan 24 h/ día*30días/mes*12 meses	8,640 hh / año	
3) <u>Costo de cada hh</u> (Salarios m.o. directa / hh)		\$8.40
Salarios de la mano de obra directa Ref. Tabla 7.10	\$72,597 / año	
4) <u>Costo de cada hh en gastos de fabricación</u> (Gastos de Fabricación / hh)		\$8.54
Agua Ref. Tabla 7.9 27,579 m ³ /año \$1.95 /m ³	\$53,778 / año	
Mantenimiento	\$20,000 / año	
	Total	\$73,778 / año
5) <u>Hh por TM de harina producida</u> (hh / producción anual)		0.15
<i>Costo de producción por TM</i>		
<u>Producción anual</u>	58,500 TM/año	
<u>Materia Prima y Material de Empaque</u>		\$298
1) Maíz 64,350 TM/año * \$250 /TM	\$16,087,500	
2) Cal 26 TM/mes * \$90 /TM	\$2,317	
3) Material de empaque (Ver tabla 7.9)		
1,931 x10 ³ sacos 50lb/añ \$525 /millar	\$1,013,513	
6,435 x10 ³ bolsas 5lb/añ \$50 /millar	\$321,750	
1,287 x10 ³ bolsas 25lb/a \$15 /millar	\$19,305	
	Total	\$17,444,384

3. UTILIDADES PROYECTADAS EN EL PRIMER AÑO DE OPERACIONES

a. GASTOS DE OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Cuadro 14. GASTOS DE OPERACIÓN

(Total gastos de operación / producción anual)		
Salarios del personal administrativo	Ref. Tabla 7.10	\$17,029 /año
Asesoría legal		\$5,000 /año
Amortización de intereses	13% anual)	\$1,872,000 /año
Amortización de la inversión	\$14.4 millones)	\$1,440,000 /año
Gastos de Mercadeo		\$800,000 /año
Mantenimiento de edificios		\$1,500 /año
Depreciación de mobiliario (10%)		\$2,000 /año
Papelería y útiles		\$1,000 /año
Mantenimiento de vehículos		\$4,000 /año
Depreciación de vehículos (15%)		\$15,000 /año
Teléfono		\$6,000 /año
	Total	\$4,163,529 /año

b. PRECIO DE VENTA AL DISTRIBUIDOR

Cuadro 15. PRECIO DE VENTA AL DISTRIBUIDOR

Precio de venta al Distribuidor
\$408/TM
\$9.27/saco de 50 lb
\$5.15/fardo de 5 u x 25 lb

c. UNIDADES VENDIDAS

Cuadro 16. UNIDADES VENDIDAS

Unidades Vendidas
58,500 TM/año distribuidas en
1,930,500 sacos de 50 lb.
1,287,000 fardos de 5 ux25lb

d. ESTADO DE RESULTADOS DEL PRIMER AÑO

Cuadro 17. ESTADO DE RESULTADOS DEL PRIMER AÑO

Ventas Brutas (precio de venta x unidades vendidas)	\$24,584,040
Sacos 50 lb 17901000	
Fardos 6683040	
Costo de producción (costo unitario x producción anual)	\$17,699,763
\$303/TMx58500TM/año	
Utilidad bruta	\$6,884,277
Gastos de operación	\$4,279,529
Utilidad neta	\$2,604,748

El precio de venta al distribuidor se determinó a partir del precio de venta promedio (al consumidor) que se tiene actualmente. Este precio es de \$14.00/saco 50lb en los puntos de venta la estrategia será estar 5% aproximado abajo de ese precio y darle un margen de ganancia de 20% al distribuidor y 20% al expendio de venta al detalle. Por lo tanto el precio de venta al distribuidor es de \$9.27/saco de 50 lb y \$5.10 el fardo.

El Estado de Resultados es un análisis de las utilidades que se tendrán al operar la planta. Este análisis se hizo para los 10 primeros años de este proyecto. .

4. VALOR ACTUAL NETO: Corresponde a la total tasa neta de retorno de la inversión. El valor actual neto (VAN), es la suma algebraica de los flujos de caja, incluyendo la inversión.

El valor presente de un proyecto viene dado por la fórmula:

$$VP = S1 / (1+I) + S2 / (1+I)^2 + S3 / (1+I)^3 + + Sn / (1+I)^n \quad (7)$$

Donde:

VP = Valor presente para los flujos netos del proyecto

S1..Sn= Flujos netos del proyecto para los años 1,.....,n

n= Años de vida del proyecto

I= Tasa de descuento ajustada al riesgo.

Con los valores obtenidos en el Anexo 2 y usando I=0.15, se aplica la ecuación (8), quedando de la siguiente manera:

$$VP = \frac{\$2,604,748}{1 + 0.15} + \frac{\$4,710,602}{(1+0.15)^2} + \frac{\$4,710,602}{(1+0.15)^3} + \frac{\$5,960,091}{(1+0.15)^4} + \frac{\$5,960,091}{(1+0.15)^5} + \frac{\$8,490,964}{(1+0.15)^6} + \frac{\$8,490,964}{(1+0.15)^7} + \frac{\$8,490,964}{(1+0.15)^8} + \frac{\$8,490,964}{(1+0.15)^9} + \frac{\$8,490,964}{(1+0.15)^{10}} =$$

$$(1+0.15)^6 \quad (1+0.15)^7 \quad (1+0.15)^8 \quad (1+0.15)^9 \quad (1+0.15)^{10}$$

$$= \$ 20,162,363$$

El VAN, se calcula sustrayendo el costo de la inversión inicial del proyecto, del valor presente. El resultado de este cálculo produce un monto estimado en dinero, el cual, si es positivo el proyecto debe aceptarse ; y si es negativo el proyecto debe rechazarse. Si es cero, el proyecto es marginal y es indiferente aceptarlo o rechazarlo.

$$\text{VAN} = \text{VP} - I_0 \quad (9)$$

En donde I_0 es la inversión inicial en el momento cero de la evaluación

$$\text{VAN} = \$20,162,363 - \$14,400,00 = \$ 5,762,363 > 0$$

Bajo este criterio, el proyecto debe aceptarse.

5. TASA INTERNA DE RETORNO: El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período con la cual la totalidad de los beneficios o utilidades actualizadas, son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

La TIR de un proyecto viene dada por la fórmula:

$$I_0 = S_1 / (1+r) + S_2 / (1+r)^2 + \dots + S_n / (1+r)^n$$

$I_0 =$ Costo de la inversión inicial
 $S_1..S_n =$ Flujos netos del proyecto para los años 1,.....,n
 $n =$ Años de vida del proyecto
 $r =$ TIR

Al igual que el VP de los flujos futuros de efectivo con la inversión, la TIR es la tasa que hace que el VAN del proyecto sea cero.

El criterio de aceptación o rechazo de proyectos, consiste en comparar la TIR resultante con la tasa de descuento de la empresa usada en proyectos de inversión. Se acepta el proyecto cuando la TIR es mayor que la tasa de descuento; se rechaza cuando es menor y es indiferente cuando ambas son iguales.

$$\begin{aligned} \$14,400,000 = & \frac{\$2,604,748}{1+r} + \frac{\$4,710,602}{(1+r)^2} + \frac{\$4,710,602}{(1+r)^3} + \frac{\$5,960,091}{(1+r)^4} + \frac{\$5,960,091}{(1+r)^5} + \\ & + \frac{\$8,490,964}{(1+r)^6} + \frac{\$8,490,964}{(1+r)^7} + \frac{\$8,490,964}{(1+r)^8} + \frac{\$8,490,964}{(1+r)^9} + \frac{\$8,490,964}{(1+r)^{10}} \end{aligned}$$

$r = 33.55 \%$

Tomando el 15% como la tasa de descuento para evaluar el proyecto, TIR de 33.55 % > 15%, por lo que se aprueba el proyecto.

6. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL: El tiempo de recuperación de capital, se define como el tiempo necesario para pagar las inversiones acumuladas.

$PT = \text{Inversión} / \text{Beneficio anual}$

Cuando las utilidades netas varían entre períodos, el cálculo se realiza determinando por suma acumulada el número de períodos que se requiere para recuperar la inversión.

Cuadro 18. UTILIDAD ACUMULADA

Año	Utilidad Neta	Acumulado
1	\$2,604,748	\$2,604,748
2	\$4,710,602	\$7,315,351
3	\$4,710,602	\$12,025,953
4	\$5,960,091	\$17,986,044
...

Por lo tanto la inversión inicial , se estará recuperando al pasar 3.4 años.

7. PUNTO DE EQUILIBRIO: El punto de equilibrio de las operaciones de un proyecto, es un indicador aceptable de su bondad económica, ya que éste relaciona el nivel de ventas programadas con los costos fijos y variables que se estima tener para realizar estas ventas.

La proporción de los costos fijos dentro del costo total, es un índice muy importante para prever las posibilidades de desarrollo del proyecto. Desde el punto de vista de la empresa como unidad económica, el éxito de un proyecto está casi en relación inversa a la proporción de los costos fijos, ya que es evidente que un proyecto con altas cargas fijas necesita un alto nivel de ventas para cubrirlas. Al contrario, cuando la proporción de gastos variables es predominante, el proyecto requerirá menores volúmenes de venta para iniciar la acumulación de utilidades netas.

La estructura de costos para el primer año de operaciones:

Cuadro. 19 ESTRUCTURA DE COSTOS PARA EL PRIMER AÑO DE OPERACIONES

Grupo de Costo	Costo Fijo	Costo Variable
De Producción		\$17,699,763
De Operación	\$4,279,529	

Se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\text{PUNTO DE EQUILIBRIO} = \text{C.F. total} / (1 - (\text{C.V.} / \text{C.Venta}))$$

$$\text{P. E.} = \$4,279,529 / (1 - (\$17,699,763 / \$24,584,040)) = \$15,282,376$$

El punto de equilibrio se alcanza cuando la planta percibe \$15,282,376. Tomando en cuenta que 75% de la producción son sacos de 50 lb y el 25% son fardos de 25 lb., el punto de equilibrio se alcanza cuando: a) Se perciben \$ 11,461,782 equivalentes a la venta de 1,236,075 sacos de 50 lb., b) Se perciben \$ 3,820,594 equivalentes a la venta de 735,759 fardos de 5x5lb

H. ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA

La estructura de la organización, es el marco fundamental en el que se desarrolla la toma de decisiones de los ejecutivos. La calidad y naturaleza de las decisiones adoptadas, viene determinada por la naturaleza de la organización y su estructura. La organización, como elemento de gestión, se ocupa de agrupar las actividades para alcanzar los objetivos de la empresa, de asignar actividades y de disponer de lo necesario para que todas las funciones se desarrollen eficazmente.

En este caso la organización más adecuada es la organización funcional, ya que con ésta se logra en mejor forma la coordinación de las diferentes secciones a través de los distintos niveles. Además son bien atendidas las siguientes funciones básicas:

1. Financiera: Responsable de la vigencia permanente de flujos monetarios que apoyen suficientemente las funciones de producción y comercialización.
2. Comercialización: Responsable de la adquisición de materias primas en condiciones de calidad y precio, y la colocación del producto en los mercados de consumo. En este proyecto la comercialización del producto se hará a través de una distribuidora con fuerza de ventas. Todo el apoyo estratégico para la venta del producto la dará el departamento de Mercadeo (contemplado en este proyecto).

Ya que no es muy importante la calidad personal de los socios y lo fundamental es su aportación en términos monetarios, la planta se manejará como una sociedad anónima. Este

tipo de organización favorece a la ejecución de proyectos de alta inversión, no tiene un límite de socios y se facilita la colocación de acciones en los mercados de valores. Adicionalmente la responsabilidad de los accionistas se limita al monto de su aporte.

I. COMPARACIÓN DEL MÉTODO HIDROTÉRMICO Y EL MÉTODO INDUSTRIAL TRADICIONAL

Como se ha podido notar el proceso hidrotérmico difiere en muy pocas etapas del proceso industrial tradicional, pero presenta ventajas como la disminución del volumen del agua de proceso y el tiempo y temperatura de cocción.

A continuación se presentan comparativamente las proporciones de los materiales que difieren de un proceso a otro.

CUADRO 20. COMPARACIÓN DEL PROCESO HIDROTÉRMICO Y EL INDUSTRIAL TRADICIONAL

	Proceso Industrial	Proceso Hidrotérmico
Maiz	1	1
Agua de proceso	1.5 - 2.0	0.45
Agua de deshecho	0.5	0
Harina Nixtamalizada	0.9	0.95
Costo de Producción	\$303/TM	\$462/TM

El costo de producción de cada tonelada métrica se calculó de la misma manera. En el caso del proceso Industrial se agregó el costo del tratamiento de agua de deshecho, ya que el volumen de agua que se elimina diariamente es bastante alto. Las aguas de desecho llevan principalmente los sólidos de la materia seca del maíz, que se pierde al lavar el nixtamal. La materia seca esta constituida principalmente por proteínas, fibra y cenizas.

El agua de desecho del proceso industrial, tiene por lo general las siguientes condiciones:

DBO = 19,000 - 21,000 ppm O₂

DQO = 2,000 - 3,000 ppm O₂

Ph = 11-12

El tratamiento más conveniente que se le debe dar al agua bajo estas condiciones, es el anaeróbico. Este tratamiento tiene una capacidad de reducción de contaminantes biológicos del 85% aproximadamente, pero tiene la ventaja que genera una baja proporción de lodos que incluso tienen buen valor comercial.

Se podría utilizar el tratamiento aeróbico que tiene una eficiencia cercana al 95% pero se genera un alto volumen de lodos (sin valor comercial) y se requiere de mucha área para hacer el tratamiento.

El costo del tratamiento aeróbico varía entre \$10-\$30 / m³ . En este caso, se tomó el costo más bajo para calcular el costo de producción de la harina de maíz por el método industrial.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo se determinó la factibilidad de producir harina de maíz nixtamalizada por proceso hidrotérmico. Este proceso varía del proceso industrial tradicional básicamente en que el maíz que se cocina con cal y agua, es previamente tratado eliminándole al menos un 60% del pericarpio por medio de un molino de discos y luego se reduce a un tamaño de partícula de 40 mesh. Estas variaciones al proceso permiten que la partícula del maíz se hidrate más fácilmente durante la cocción, utilizando menos agua para el proceso. Adicionalmente por este método no se generan aguas de desecho ni se tienen pérdidas de materia seca, como sucede en el proceso industrial. Debido a esto el costo de producción de la HMN por proceso hidrotérmico es más bajo que el costo por el proceso industrial (Tabla 7.13).

En Guatemala las tortillas, que se preparan en su mayoría a partir de masa de maíz nixtamalizada, son parte de la dieta diaria de la mayoría de la población. En el estudio de mercado se observa que el tamaño del mercado potencial para la harina de maíz nixtamalizada es de casi un millón de toneladas métricas al año. Actualmente se cubre sólo un 1% ap

roximadamente de ese mercado potencial, lo que indica que el mercado para este producto aún esta en desarrollo y hay mucha oportunidad de competir.

En otros mercados de Latinoamérica la harina de maíz nixtamalizada ha llegado a cubrir un 27% de la demanda potencial en pocos años debido a la conveniencia que tiene utilizar una harina instantánea para hacer masa para tortillas u otros productos. Basados en esto, se estimó que en un término de 10 años al menos el 30% de la población que consume tortillas hechas de masa de maíz, estarán consumiendo harina de maíz nixtamalizada. Esto equivale a un tamaño de mercado 400,000 TM/año.

La planta se dimensionó con una capacidad de producción de 81,000 TM/año (20% del tamaño del mercado). Durante el primer año de operación, la planta estará trabajando a un 65% de su capacidad máxima ya que se tomó en cuenta la curva de aprendizaje de los operarios y los contratiempos de la operación en sí.

La localización de la planta fue afectada por varios factores y en base a la puntuación que se dio a éstos, se seleccionó Escuintla según la Tabla 7.7, ubicándose preferiblemente a orillas de la carretera Guatemala-Escuintla.

Los factores con mayor peso en el análisis fueron el suministro de maíz y la cercanía del mercado consumidor, que es principalmente urbano. Escuintla tuvo una mejor puntuación debido que: Se puede obtener maíz cosechado en la Costa Sur; su cercanía a Puerto Quetzal y la frontera mexicana en el caso de importar el maíz; su cercanía al mercado urbano principal que es Guatemala y a otros mercados urbanos grandes como Quetzaltenango y Escuintla. Al mismo tiempo, esta ciudad tiene las condiciones necesarias para la puesta en marcha de la planta y distribución del producto terminado.

El costo o inversión inicial de la planta se estimó en \$14.4 millones. Se hicieron estimaciones tanto por el método de Viola, como por el método de Lang, obteniéndose resultados similares. No se utilizó el método de Zebnik, usado frecuentemente, debido a que éste sólo se aplica en procesos que involucran sólo fluidos. La estimación de la inversión por los dos métodos dio resultados similares. Se tomó en cuenta la estimación obtenida por el método de Lang, debido a que éste se basa en el valor real de la maquinaria, multiplicado por un factor de Lang. Esta estimación es más real y se adecua a países como Guatemala en donde el costo de la obra civil ha aumentado.

A pesar que estos métodos de estimación tienen una precisión de +/- 30%, constituyen una buena herramienta en la toma de decisiones y análisis de la factibilidad de un proyecto. Cualquier estimación preliminar aunque sea detallada por rubros de inversión tiene esta precisión ya que sólo se puede alcanzar una precisión de +/-5% hasta el momento en que se está construyendo la planta.

Con base a la inversión inicial estimada, al costo de producción, y al precio de venta, se hicieron los análisis de la rentabilidad del proyecto que fueron el VAN y la TIR. Se calcularon las utilidades netas para los 10 años del proyecto, que abarca este estudio. Como se puede notar, dentro de los gastos de operación no se consideraron gastos de distribución y ventas. Esto se debe a que se va a trabajar por medio de un distribuidor con fuerza de ventas propia.

El precio de venta se calculó a partir del costo de producción y el precio de venta al consumidor de la competencia. En el primer año de operaciones se estableció una estrategia de precios de 5% por debajo del precio de venta (al consumidor) de la competencia. Además se tomó en consideración el margen de ventas de nuestro distribuidor y el del expendio.

El VAN del proyecto fue de \$5,762,63 y la TIR fue de 33.5%, con base a estos resultados se determinó aceptar el proyecto. Los criterios que usan estos métodos para aceptar un proyecto son: a) Que el VAN sea mayor que cero y preferiblemente distinto de cero. En este caso se obtuvo un VAN alto, que favorece la aceptación del proyecto ya que la inversión inicial es grande y por tanto el riesgo es mayor. b) La TIR debe ser mayor a la tasa de descuento, que en este caso fue de 15%.

El punto de equilibrio de la planta se alcanzará cuando se perciba un ingreso de \$15,282,376 al vender 1.2 millones de sacos de 50 lb y 0.74 millones de fardos de 25 lb.

Se estimó recuperar la inversión al haber transcurrido 3.4 años de operación de la planta.

IX. CONCLUSIONES

Con base a las investigaciones y estudios realizados, se llegó a las siguientes conclusiones:

- A. La planta tendrá una capacidad efectiva de 225TM/día que equivalen a 81,000 TM/año durante los últimos 5 años del proyecto.
- B. La planta estará diseñada para cubrir el 20% del Mercado de harina de maíz nixtamalizada en el año 2010.
- C. La localización de la planta en Escuintla, obedece principalmente a la disponibilidad de materia prima nacional e importada y la cercanía al mercado consumidor.
- D. La inversión inicial de la planta es de \$14.4 millones.
- E. La utilidad neta de la venta de la producción del primer año de operaciones es \$2,604,748.
- F. El proyecto es atractivo y puede aceptarse ya que el Valor Actual Neto es de \$5,762,363 y la Tasa Interna de Retorno es de 33.5%
- G. El punto de Equilibrio de la planta se alcanzará cuando se perciba un ingreso de \$15,282,376 al vender 1.2 millones de sacos de 50 lb y 0.74 millones de fardos de 25 lb.
- H. El tiempo de recuperación de la inversión es de 3.4 años de operación del proyecto.
- I. No se requiere planta de procesamiento de deshechos

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Bazua, Carl, *et al.* 1979. « Journal of food science » [Estados Unidos],(2): 44
2. Bedolla, Samuel ; Lloyd Rooney. 1979. « Cereal food world »[Estados Unidos],(27):219
3. Bressani, Ricardo. 1972. « Mejoras nutricionales del maíz »[Guatemala],(24):72
4. Bressani, Ricardo. 1990. *Chemistry, technology and nutritive value of Corn Tortillas*. Guatemala, INCAP. 265 págs.
5. Bressani, Ricardo, *et al.* 1963 *Agriculture of food chemistry* [Estados Unidos] (10):308-356
6. Bressani, Ricardo, *et al.* 195. « Agriculture of food chemistry »[Estados Unidos],(6): 774-778
7. Carrillo-Pérez, *et al.* 1989. *Journal of food process*. [Estados Unidos],(13): 335-353
8. Comisión Guatemalteca de Normas. 1987. « Harinas de Origen vegetal» [Guatemala] , (34):190
9. Coronado, Ivan. 1997. *La Nixtamalización del maíz por un proceso hidrotérmico*. Guatemala, UVG. 71 págs.
10. Instituto Nacional de Estadística, *et al.* 1991. *Encuesta nacional de consumo aparaten*. Guatemala, INE. 81 págs.
11. Eyttinge, Boyd. 1965. *Method for continuously producing nixtamal*. Estados Unidos. 664 págs.
12. Instituto Nacional de Estadística. 1996. *X Censo nacional de población y V de Habitación*. Guatemala, INE. Págs. 36
13. Jackson, Dean, *et al.* 1968. « Cereal Chemistry » [Estados Unidos],(65): 133
14. Johnson, Brad., *et al.* 1980. « Food Science » [Estados Unidos],(45): 671-676
15. Khan, Mason, *et al.* 1982. « Cereal Chemistry » [Estados Unidos],(59): 279-284
16. Koetz, Ron y Neukom, Heinz. 1977. « Cereal Chemistry »[Estados Unidos],(56): 305
17. Molina, Manuel, *et al.* 1983. «Informe anual INCAP » [Guatemala],(1): 39
18. Paredes-Lopez; Oliver, Mora-Escobedo Ray. 1983. «Journal of food technology » [Guatemala],(18): 53-60
19. Pflugfelder, Rooney, *et al.* 1988. «Cereal Chemistry». [Estados Unidos],(65): 127-132
20. Rooney, Lloyd; Serna, Sergio. 1987. *Corn chemistry and technology*. Estados Unidos, AACC. 605 págs.

21. Spagchain, Neil. 1993. *Preparación y evaluación de proyectos*. 2da edición. México, Mc. Graw Hill. Págs. 560
22. Serna, Sergio, *et al.* 1990. *Technology and nutritional value of alkaline-cooked corn products*. Estados Unidos, Promeranz. 307 págs.
23. Téllez-Girón Alberto, *et al.* 1986. *Methods of sensory análisis of mexican food products*. 2da edición. Estados Unidos, Texas A&M. 347 págs.
24. Torres, Tomás, *et al.* 1996. *La industria de la masa y la tortilla*. México, UNAM. 305 págs.
25. Viola, Jules. 1981. «Chemical engineering journal». [Estados Unidos], (6): 123
26. Ward, Tress. 1984. «Chemical engineering Journal». [Estados Unidos],(17): 34