

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Industrial

INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE
ADICIÓN DE YODO A LA SAL EN GUATEMALA,
CON LA TECNOLOGÍA APROPIADA


María Pía de Uribe Ovalle



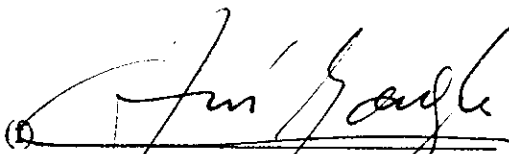
Trabajo de graduación presentado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL en el grado de Licenciado

Guatemala
1997

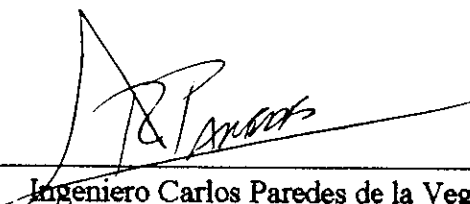
Vo. Bo. :

(f) 
Ingeniero Oscar Gil Girón
Asesor

Tribunal:

Vo. Bo. (f) 
Ingeniero José Joaquín Garzón

Vo. Bo. (f) 
Ingeniero Oscar Gil Girón

Vo. Bo. (f) 
Ingeniero Carlos Paredes de la Vega

Fecha de aprobación: 18 de marzo de 1997.

INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE ADICIÓN
DE YODO A LA SAL EN GUATEMALA, CON LA
TECNOLOGÍA APROPIADA

RESUMEN

El yodo es un nutriente esencial en la alimentación del ser humano. La falta del mismo puede ocasionar daños irreparables en el Organismo. Generalmente, la sal es el medio para ingresar este micronutriente al organismo, ya que es consumida a lo largo de todo el año, en la cantidades requeridas. El 87% de la sal que se consume en Guatemala no cumple con la mínima cantidad de yodo requerida.

En Guatemala el proceso de agregar yodo a la sal se realiza a través del sistema de paleo, el que no obedece a ningún criterio técnico y no garantiza la correcta homogeneización del yodo en la sal.

Se realizó un estudio de los distintos tipos de mezcladoras que se utilizan en el proceso, para posteriormente hacer adaptaciones, según las necesidades.

Después de esto, se establecieron las características que deben poseer los mezcladores, para lograr una optimización del proceso (uniformidad de la mezcla, tiempo de mezclado, carga y descarga, potencia, limpieza, formación de polvo y desgaste del equipo).

Para realizar la elección del equipo, se determinó la cantidad necesaria de yodo por un quintal de sal (3 a 4.5 gramos de yodo). Además se encontró la capacidad requerida del mezclador (873 kg/hora).

Se establecieron los factores más importantes que se deberían tomar en cuenta para realizar la selección. Ellos fueron: 1. El escaso conocimiento de los trabajadores en la utilización de maquinaria. 2. La facilidad de limpieza del mezclador y 3. La limitación de recursos económicos para la construcción del mezclador.

Posteriormente se realizó una primera elección de mezcladores, al eliminar los que no cumplieran con los requisitos mínimos que debe tener el mezclador (Complejidad tecnológica, limpieza y desgaste del equipo).

De esta selección se obtuvieron tres mezcladores (mezclador de tonel, mezclador de cinta y transportador de tornillo), a los cuales se les estimó el tiempo de mezclado, carga y descarga y la Potencia requerida. Con esto datos se plantearon tres prototipos.

Se obtuvieron cotizaciones de los precios de construcción de los mezcladores. Con base en esto se seleccionó el mezclador y se completó el diseño del mismo.

INDICE

	Pág
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
A. Importancia del yodo	3
B. Programas para la yodación de sal	4
C. Legislación para la producción de sal	6
1. Decreto 115. Su reglamentación	6
2. Normas para la producción de sal de COGUANOR	7
D. Tipos de sal	8
E. Procesos de producción de la sal fortificada	9
F. Técnicas para la yodación de la sal	9
1. Maquinas y Palas para agregar yodo a la sal	11
G. La yodación de la sal. Situación actual	11
1. Restricciones en la producción	11
2. Restricciones en la yodación de la sal	12
3. Análisis de muestras de sal	12
III. JUSTIFICACIÓN	17
IV. OBJETIVOS	19
V. HIPOTESIS	20
VI. MEZCLADORES	21
A. Mezcla de solidos	21
1. Mecanismos mezcladores	21
B. Tipos de máquinas mezcladoras de sólidos	22
1. Volteador	22
2. Volteadores con divisores de aglomerados	22
3. Artesa o casco estacionario	24
VII. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	30
A. Uniformidad de la mezcla	30
B. Tiempo de mezclado	30

	C. Carga y descarga	30
	D. Potencia	30
	E. Limpieza	31
	F. Formación de polvo	31
	G. Desgaste del equipo	32
	H. Criterios de eficacia de mezclado	32
	1. Índice de mezclado de sólidos granulados	32
	2. Potencia	34
VIII.	SELECCIÓN DEL TIPO DE MEZCLADOR	37
	A. Definición del proceso	37
	B. Capacidad requerida del mezclador	38
	C. Factores que se deben tomar en cuenta en la selección	39
	D. Pre-selección de equipos mezcladores	39
	E. Principales características de funcionamiento	44
	1. Tiempo de mezclado	44
	2. Tiempo de carga y descarga	46
	3. Potencia	46
	F. Dimensionamiento de los mezcladores	48
	1. Volteador de tonel	48
	2. Transportador de tornillo	49
	3. Mezclador de cinta	50
	G. Evaluación de los costos de construcción de los mezcladores	50
	H. Diseño del mezclador de tonel	52
	1. Centro de gravedad	53
IX.	CONCLUSIONES	57
X.	RECOMENDACIONES	58
XI.	BIBLIOGRAFIA	59
	Anexo 1	61
	Anexo 2	65
	Anexo 3	74

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Guatemala, la adición de yodo a la sal no obedece a algún criterio técnico y no garantiza la correcta homogeneización del yodo en la sal, como ya se ha comprobado fehacientemente. El sistema que se utiliza generalmente es el de mezclar a través de paleo, debido a que una máquina yodadora es excesivamente cara, sin contar los costos de mantenimiento. El sistema de paleo consiste en agregar las cantidades recomendadas de yodo, y por medio de una pala proceder a mezclar, con esto el resultado es una mezcla poco uniforme, además proporciona un esfuerzo físico excesivo.

Desde hace algunos años, muchos organismos internacionales (UNICEF, principalmente) se han preocupado por esto, debido a que la falta de yodo en la sal produce bocio en las personas. Por ello han proporcionado distintas máquinas para realizar la yodación, las cuales no han sido aceptables, debido a que no se adecuan a las necesidades de los productores.

Los salineros han solicitado ayuda a distintas instituciones, tanto nacionales como internacionales, pero no se han concretado las ayudas por falta de recursos para costear los mismos. La presente máquina requiere una inversión, pero la misma es mínima para los beneficios que se obtengan posteriormente.

Con el presente trabajo se pretende brindar una ayuda para

que se realice una correcta yodificación de la sal con la tecnología apropiada. Este es el primer paso para comenzar un cambio en el sistema actual de yodación de sal en Guatemala.

II. ANTECEDENTES

A. Importancia del yodo

El yodo es un nutriente esencial en la vida. El consumo de mínimas pero imprescindibles cantidades de yodo evita el retardo intelectual moderado o severo, como el cretinismo. Hoy en día todavía hay ciertos países en donde el consumo de sal no es yodada totalmente, uno de estos casos es Guatemala.

Existen suficientes evidencias de la importancia de aplicar yodo en la sal, ya que es una práctica que con gran empuje se inició en la década de los años cincuentas (principalmente en Guatemala), pero que desafortunadamente se fue abandonando. Las estadísticas de prevalencia de bocio en los diferentes países estuvieron en relación inversa a la práctica de agregar yodo a la sal: entre más extendido es el consumo de sal yodada, menor incidencia de bocio habrá en la población.

Diversos estudios realizados por UNICEF y la OMS, han revelado que los desórdenes ocasionados por deficiencias de yodo representan un problema de salud pública en 118 países.

"En todo el mundo cada año nacen 30,000 niños muertos y 120,000 con cretinismo y deficiente desarrollo físico y mental, paralíticos, sordomudos, debido a la falta de yodo en la dieta de sus madres. Además, en el mundo en desarrollo más de 50 millones de niños en edad escolar no desarrollan todas sus potencialidades por la falta de yodo.

En la actualidad, cerca de 1,500 millones de personas viven en ambientes con deficiencias de yodo y corren el riesgo de quebrantar su salud (cuadro 2.1). Más de 550 millones de ellas ya sufren de bocio y otros 300 millones tienen algún grado de discapacidad mental". Revista Yodo para la Vida, UNICEF (1994:3).

El hombre necesita el yodo en su cuerpo para producir las hormonas tiroidales. Estas a su vez son necesarias para el normal desarrollo y funcionamiento del cerebro y sistema nervioso, así como para la conservación del calor y la energía del cuerpo.

Algunas de las consecuencias de la deficiencia de yodo son irreparables, pero todas pueden ser prevenidas en su totalidad por medio de técnicas sencillas de suplementación de yodo; una de ellas es agregar yodo a la sal.

El consumo de sal yodada constituye el medio más efectivo, especialmente para las poblaciones de escasos recursos que no tienen la capacidad y el poder adquisitivo de una alimentación balanceada.

Incluir yodo en la dieta por medio de la sal, es fácil de hacerlo y se invierte en la salud de la gente y en su desarrollo humano, asimismo una forma de prevenir enfermedades entre los animales agrícolas y mejorar las contribuciones económicas que realiza este sector.

B. Programas para la yodación de sal

En la actualidad, un 14% de la población centroamericana (Guatemala uno de los países con más alto índice), tiene bocio y muchísimos más sufren de retardo mental debido a que no consumen suficiente yodo en sus dietas. En el cuadro 2.2 pueden observarse

Cuadro 2.1
Población mundial afectada por deficiencia de yodo

Tipo de problema	Población afectada
Personas con bocio	566 millones
Personas con Discapacidad mental	300 millones
Niños en edad escolar que no desarrollan su potencialidades	50 millones
Niños muertos al nacer por falta de yodo en la dieta de la madre	30 mil cada año
Niños que nacen con cretinismo, deficiente desarrollo físico, paráliticos y sordomudos	120 mil cada año
Total de personas afectadas por falta yodo	1,500 millones
Fuente: Estado Mundial de la Infancia 1994, UNICEF	

Cuadro 2.2
Prevalencia de bocio endémico, en Guatemala 1990

Departamento	Porcentaje (%)
Petén	12
Huehuetenango	32
Quiché	25
Alta Verapaz	32
Izabal	12
San Marcos	18
Totonicapán	30
Baja Verapaz	20
El progreso	14
Zacapa	16
Retalhuleu	18
Sololá	24
Chimaltenango	26
Guatemala	22
Jalapa	32
Chiquimula	16
Suchitepéquez	14
Sacatepéquez	24
Escuintla	20
Santa Rosa	16
Jutiapa	12
Fuente: Yodo para la vida 1994, UNICEF	

los porcentajes de bocio encontrados en Guatemala.

Durante las décadas de los sesenta y setenta, se promulgaron leyes y establecieron regulaciones para hacer obligatoria la yodación de la sal y controlar la presencia de desórdenes por deficiencia de yodo en la población. Durante los años de los ochentas estos esfuerzos se estancaron debido a la difícil situación política que había en el país (aún se mantiene actualmente la misma en ciertas regiones de Guatemala), y los recursos destinados a seguridad social se asignaron a gastos militares. Además de lo anterior se suman la crisis económica que se vivió, con lo cual se redujo sustancialmente la disponibilidad de fondos para programas públicos en general.

C. Legislación para la producción de sal

1. Decreto 115. Su reglamentación. Este es un decreto

específico sobre la yodación de la sal y fue emitido el 19 de octubre de 1954. Ha tenido vigencia durante 34 años. A continuación un resumen del contenido de los artículos más importantes de este Decreto.

Artículo 1: Toda la sal común que se consuma en el país, deberá estar yodada.

Artículo 3: Todo el que produzca más de 4 mil quintales de sal común al año, deberá tener su propia planta de yodación.

Artículo 4: Se libera de derechos arancelarios de importación e impuestos fiscales, a la maquinaria, equipos, accesorios, repuestos, yodato de potasio y excipientes necesarios para la yodación.

El 24 de marzo de 1955, se expidió el artículo que reglamentó el Decreto 115. Es importante señalar que varios artículos de este reglamento ya han sido derogados, cuando entró en vigencia el Reglamento Sanitario de Alimentos, en diciembre de 1980.

A continuación se cita el contenido más destacado de los artículos de este reglamento.

Artículo 4: La Asociación General de Salineros debe comunicar las instrucciones y disposiciones necesarias a todos los productores de sal, para su correcta yodación. Por lo tanto, todos los productores deben estar representados en la Asociación.

Artículo 5: Confirma el artículo 3 del Decreto 115, señalando que todo el que produzca más de 4,000 quintales de sal común al año deberá tener su propia planta para la yodación de la sal.

Artículo 6: Para la yodación de la sal común de productores menores de 4,000 quintales al año, la Asociación General de Salineros, de acuerdo con las autoridades respectivas y los productores interesados, establecerá plantas de yodación en las regiones que se consideren más adecuadas.

Artículo 13: Establece las proporciones de la mezcla que se utilizará en la correcta yodación de la sal, formada por yodato de potasio y carbonato de calcio en proporción 1:9, respectivamente, de manera que el producto final contenga no más de 1 parte de yodo por 10,000 partes de sal, ni menos de 1 parte de yodo por 15,000 partes de sal común (66-100 ppm).

2. Normas para la producción de sal de COGUANOR

Debido a su extensión, no se citarán las normas de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), Para las diferentes clases de sal que se pueden producir.

Sin embargo, al analizar el trabajo titulado: "Obtención de Sales de Magnesio, de Potasio y de Sodio mediante un proceso de cristalización fraccionada a partir de agua de mar", podemos ver que la calidad de sal que se obtiene en Guatemala, de acuerdo con los recursos, tecnología y capacitación con que se cuenta, no pueden llenar los requisitos establecidos por COGUANOR, que se alejan de esa realidad de producción.

El Gobierno de la República, por medio de COGUANOR, estableció recientemente una nueva disposición para la comercialización y consumo de sal yodada (entró en vigencia en 1997), donde la potestad al Ministerio de Economía para que sancione hasta con el cierre temporal de empresas, a aquellos productores que no cumplan con las especificaciones de calidad.

D. Tipos de sal

Para la industria: Tiene las características que exigen los procesos industriales que la utilizan.

Para consumo animal: Dado que el tipo de animales que consumen sal, están destinados fundamentalmente a satisfacer necesidades dietéticas del hombre, ésta debe ser fortificada con yodo, flúor y otros elementos, según lo demande el uso pecuario y lo exijan las normas nacionales.

Para consumo humano: Se subdivide en:

- Consumo directo (en el hogar), que debe ser fortificada con yodo y flúor.

-Consumo indirecto (alimentos industrializados), que debe ser fortificada, cumpliendo los requerimientos nutricionales y normas nacionales.

E. Procesos de producción de la sal fortificada

Existen dos tipos de procesos de producción de sal fortificada, a saber:

Proceso artesanal: Obtención de sal por evaporación ambiental y luego fortificada.

Procesos industriales:

1. En seco: Pueden corresponder a dos técnicas y procedimientos:

a. Lavado, secado, molido, tamizado, agregado de aditivos fortificación y envasado;

b. secado, molido, tamizado, agregado de aditivos, fortificación y envasado.

2. En húmedo: Por medio de recristalización en plantas (sal de vacío y sal evaporada), secado, tamizado, agregado de aditivos, fortificación y envasado.

F. Técnicas para la yodación de sal

La manera más simple para yodar la sal es agregar una cantidad predeterminada de yodo o una cantidad apropiada de sal y hacer la mezcla con palas. Este procedimiento es ventajoso porque no requiere

maquinaria. Sin embargo, además de ser tedioso, no proporciona una distribución homogénea del yodo dentro de la sal. Para ser efectivo requiere instrucción y supervisión adecuadas, verificaciones frecuentes de la mezcla y provisiones suficientes de yodo. Dificilmente este método resultaría atractivo como proyecto piloto para demostrar la factibilidad de la yodación de la sal.

La experiencia internacional ha demostrado que los métodos mecánicos son más efectivos. En uno de ellos, la sal se moviliza en una correa transportadora y el yodo se introduce en un punto adecuado en cantidades predeterminadas. Están en uso diferentes técnicas.

Proceso de mezcla en seco: En el cual se introduce yodato o yoduro de potasio por medio de un dispensador, en la correa transportadora que lleva la sal. Este procedimiento sólo es adecuado para sal en polvo, no húmeda.

Adición por goteo: Usada típicamente para la sal en cristales. Consiste en un goteo de intensidad constante de una solución líquida de yodo (Yoduro) con una botella suspendida sobre la sal, que se moviliza en correas transportadoras.

Método de rociamiento: La sal en correa transportadora es yodada por medio de una pulverización fina de solución de yoduro a una presión predeterminada.

Procesos de sumersión: Se pone en contacto una solución saturada de sal y yodo y, posteriormente, la sal se seca, quedando así yodada.

De estos procesos, los de rociamiento y mezcla seca son los más exitosos con la sal seca en polvo, pero los de goteo y sumersión resultan menos caros en cuanto a costos de capital y operacionales, siendo, por lo tanto, más baratos para el consumidor.

1. Máquinas y palas para agregar yodo a la Sal. La tendencia hacia la globalización y la apertura de los mercados, obliga a la industria salinera centroamericana a modernizarse, pues si no alcanza un producto de calidad apropiada, se verá obligada a desaparecer o a sufrir pérdidas porque no será competitiva en el mercado.

El precio de un quintal de yodocal (yoduro de potasio), que sirve para yodar 1,000 quintales de sal, es de aproximadamente 110 dólares.

En Guatemala, la yodación que realizan las salineras, muchas de las cuales producen hasta 70,000 quintales de sal, se lleva a cabo a través del sistema de paleo. Una máquina yodadora cuesta entre \$7,000 y \$9,000, sin contar los costos de mantenimiento, un precio que los productores guatemaltecos señalan no poder asumir por ahora. Por otra parte, la máquina requiere de energía eléctrica, la cual no existe en las localidades donde reside la mayor parte de los pequeños salineros.

G. La yodación de la sal: situación actual.

1. Restricciones en la producción. Actualmente la producción nacional de sal en Guatemala está localizada, principalmente, en las costas del Océano Pacífico, en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla

y Santa Rosa. Existen un poco más de 80 salineras, ubicadas en siete zonas: Champerico, Las Lisas, Ocos, Sipacate, Taxisco y Tilapa. En el Cuadro 2.3 es posible observar quiénes son los productores de sal en Guatemala y qué cantidad producen. En la actualidad, 88% de la sal es producida en el país, el resto es importado de países vecinos, generalmente sin yodo.

El 99% de la sal se produce a través del método de evaporación de agua de mar. Los grandes productores utilizan la evaporación en superficies de ladrillo, mientras que los medianos y pequeños productores utilizan la evaporación sobre cubiertas de plástico. Solamente 1%, aproximadamente, sigue produciendo sal por el sistema de cocción, mediante leña, la cual representa peligro para los bosques de la región.

2. Restricciones en la aplicación de yodo en la sal. Hay que mencionar que la yodización de la sal en Guatemala, cuando se realiza, no obedece a algún criterio técnico y no garantiza la correcta homogeneización del yodo. La falta de equipo adecuado y de conocimiento de los productores, es evidente. También, no cabe alguna duda que el consumidor de sal desconoce todo lo referente a las desventajas de la yodación y, por consiguiente, no exige a los productores que cumplan con esta fortificación, de acuerdo con la ley vigente.

3. Análisis de muestras de sal. Datos tomados de "Control de los desórdenes por deficiencia de yodo en Centro América" (1992; 11). Se analizaron 132 muestras de sal provenientes de las

CUADRO 2.3

LISTADO DE PRODUCTORES DE SAL DE GUATEMALA, CON SUS PRODUCCIONES ANUALES Y PORCENTAJES

<u>Nombre de Salina</u>	<u>Producción</u> qq	<u>Porcentaje(%)</u>
<u>Zona casa Viejas</u>		
<u>Chiquimilla</u>		
<u>Santa Rosa</u>		
Salineras del Pacifico	86,500.00	5.77
La Marina	60,000.00	4.00
Salinas Chapina	70,000.00	4.66
Santa Rita	30,000.00	2.00
Salinas Las Rosas	25,000.00	1.66
Salinas Atzam	50,000.00	3.33
Salinas San José	15,000.00	1.00
Salinas Montepeque	10,000.00	0.67
Total.....	346,500.00	23.09
<u>zona Puerto de San José</u>		
<u>Escuintla.</u>		
Adam Garrido	10,000.00	0.66
Candelaria	25,000.00	1.67
Total.....	35,000.00	2.33
<u>Zona Tecojate</u>		
Sol y Mar	7,000.00	0.46
Salinas	5,000.00	0.33
B y Z	10,000.00	0.67
Total.....	22,000.00	1.46
<u>Zona Tabasco</u>		
<u>Suchitepéquez</u>		
<u>Maratenango</u>		
El Carmen	10,000.00	0.66
El Tigre	10,000.00	0.66
Murciélago	6,000.00	0.40
Las Marias	2,500.00	0.17
Acapulco	4,000.00	0.27
San Antonio Sinaloa	9,000.00	0.60
Las Delicias	9,000.00	0.13
Alvaro Rodríguez	2,000.00	0.13
Coperativa Semillero	72,000.00	4.60
Coperativa Puntarenas	40,000.00	2.66
Delia Saucedo A.	3,000.00	0.20
Feliciano Gonzales	2,500.00	0.17
Salinas	4,000.00	0.27
Total.....	167,000.00	11.13

<u>NOMBRE DE LA SALINA</u>	<u>PRODUCCIÓN</u>	<u>PORCENTAJE</u>
Zona Sipacate		
La Gomera		
Escuintla		
Las Delicias	30,000.00	2.00
Nuevo Mundo	12,000.00	0.80
Las Brisas	40,000.00	2.67
El Tesoro y Santillana	70,000.00	4.66
San José	35,000.00	2.38
Chaperna 1	4,000.00	0.27
El Paraíso	7,000.00	0.47
Chaperna 2	4,000.00	0.27
La Criba	40,000.00	2.67
Arcadia	10,000.00	0.67
Santa María	8,000.00	0.53
San Juan	10,000.00	0.67
María del Mar	23,0000.00	1.53
Santa Rosita y la Grande	100,000.00	6.67
Las Flores	10,000.00	0.67
El Jardín	53,000.00	3.53
Cooperativa San José		
la Empalizada	30,000.00	2.00
Salusa	70,000.00	4.67
Zipaquira	10,000.00	0.67
Salimar	20,000.00	1.33
Salinas	10,000.00	0.67
Salinas	7,000.00	0.47
La Paz	30,000.00	2.00
San Juan La Selva	70,000.00	4.66
Salinas	8,000.00	0.53
Salinas	8,000.00	0.53
Salinas	15,000.00	1.00
Salinas	8,000.00	0.53
Salinas	8,000.00	0.53
Total.....	750,000.00	50.00

Nota: Actualmente, sólo se satisface un 88.01% de la demanda de sal, el porcentaje restante es de importación de sal (11.99%)

comunidades estudiadas en toda la república.

Los resultados fueron los siguientes:

Sin Yodar	87.1%
Yodada según norma (60-100ppm)	11.4%
Yodada (mayor a 100 ppm)	1.5%

Ninguna de nueve muestras estudiadas, provenientes de El Salvador y México, estaban yodadas.

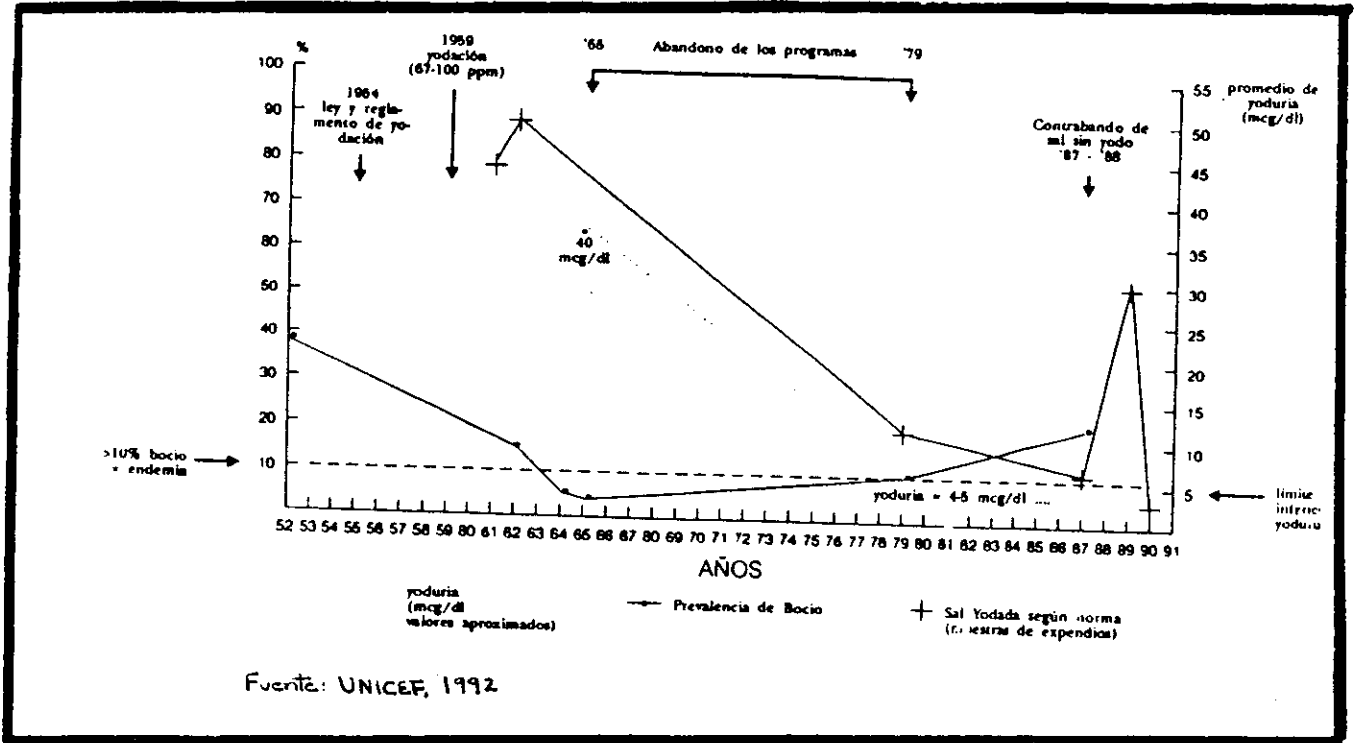
Posterior al estudio de 1987, se puede ver un aumento en el período 1987-1989, respecto del porcentaje de sal yodada, que alcanza un cifra superior a 80%, según datos proporcionados por la División de Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública (Gráfica 2.1). Esto obedeció a un esfuerzo efectuado por el Departamento de Control de Alimentos del Ministerio de Salud Pública, para reactivar el programa nacional de yodación de sal. Sin embargo, muestras tomadas por INCAP en 1990 y primer semestre de 1991, dan una tendencia de marcado descenso en el porcentaje de sal yodada, que llega casi a cero.

En 82 muestras analizadas, recopiladas en expendios del occidente y costa sur del país, se encontró: sal sin yodo: 69.5%; sal con 1-59 ppm: 19.3%; Sal con 60-100 ppm: 1.2%.

Respecto de la mezcla de yodato de potasio y carbonato de calcio (Yodocal), que se utiliza para agregar yodo a la sal, y que según la ley debe estar preparada con 9 partes de cal por 1 parte de yodato de potasio; una de las muestras tuvo esta proporción. Todas las demás estuvieron por arriba de las 9 partes de cal, lo cual significa que el producto final (yodocal) está muy diluido y no alcanza la yodación de sal en la cantidad correcta.

Gráfica 2.1

Evolución histórica de la prevalencia de bocio y yodación de sal



III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es uno de los países donde en los últimos años se ha venido incrementando los problemas debido a la falta de yodo en el organismo humano. Algunas de las consecuencias de la deficiencia de yodo son irreparables, pero todas pueden ser prevenidas en su totalidad por medio de técnicas sencillas de suplementación de yodo; una de ellas es agregársela a la sal.

En método tradicional utilizado para la yodación de sal ha sido a través de la mezcla por paleo. Pero el mismo trae como resultado una deficiente distribución del yodo en la sal. Además, en muchos casos, prefieren no realizarla, ya que se tendría un mayor ahorro en mano de obra y una menor pérdida de tiempo.

Los salineros han buscado ayuda para lograr una industrialización en el proceso de yodificación de la sal. Pero debido a que las asesorías correspondientes son caras, han preferido seguir utilizando el método tradicional. Además, algunos organismos internacionales se han preocupado por proporcionarles maquinaria, pero la misma no se adapta en su totalidad a lo que ellos necesitan. Por otro lado el mantenimiento de las mismas resulta excesivamente costoso para lo que ellos pueden pagar.

Por lo expuesto anteriormente, ha surgido la necesidad de elaborar una máquina que se adapte a las necesidades de los salineros, y con ello se logre a largo plazo, un decremento en las

enfermedades producidas por la deficiencia en yodo. Además, la industrialización que se dará no se limitará sólo a un grupo de salineros, sino que será aplicable a productores de todo tamaño, para que logre una mayor autonomía en la elaboración de su producto. También se logrará que existan un menor número de excusas por las que la sal no está debidamente yodada.

IV. OBJETIVOS

A. Generales:

1. Diseñar una máquina que logre industrializar el proceso de adición de yodo a la sal, en Guatemala.

B. Específicos:

1. Determinar los tipos de máquinas mezcladoras de sólidos que actualmente existe en el mercado.
2. Establecer las características generales que debe tener una máquina mezcladora.
3. Establecer los factores que deben tomarse en cuenta para lograr un diseño adecuado a las necesidades de los productores de sal.
4. Diseñar la máquina con base en criterios desarrollados respecto de los estudios efectuados (capacidad, efectividad, adecuación, costo, etc.).
5. Dejar las bases para una construcción posterior de la máquina yodadora de sal, y con ello lograr, en lo posible, la sustitución del sistema tradicional por paleo.

V. HIPOTESIS

En Guatemala se puede realizar una industrialización del proceso de adición de yodo a la sal, utilizando la tecnología apropiada.

VI. MEZCLADORES

A. Mezcla de sólidos

Los equipos donde se mezclan materiales sólidos se pueden utilizar para muchas operaciones. La combinación de ingredientes pueden ser el objetivo principal como, por ejemplo, en la preparación de alimentos. En nuestro caso será específicamente la mezcla del yodato de potasio con la sal.

Las grandes diferencias entre propiedades de los ingredientes (como la distribución de tamaños de partículas, la densidad, la forma y las características superficiales como la carga electrostática) pueden hacer que el mezclado represente distinto grado de dificultad.

1. Mecanismos mezcladores. Hay varios mecanismos básicos, mediante los cuales se mezclan partículas sólidas. Entre ellos se incluyen el movimiento aleatorio en pequeña escala (difusión), el movimiento aleatorio en gran escala (convección) y el cizallamiento o corte.

Los movimientos que incrementan la movilidad de las partículas individuales fomentan el mezclado de difusión. Si no hay efectos contrarios de segregación, esta mezcla de difusión conducirá con el tiempo a un grado elevado de homogeneidad. La mezcla de difusión se produce cuando las partículas se distribuyen sobre una superficie recién desarrollada y cuando se imprime una movilidad interna mayor a partículas individuales. Un volteador simple proporciona lo

primero, mientras que un molino de impacto da lo último.

Para un mezclado más rápido, además de la mezcla de difusión, en escala fina, debe haber un medio que permita entremezclar grandes grupos de partículas. Esto se puede realizar, ya sea por el mecanismo de convección o el de corte o cizallamiento. Una mezcladora de cinta ilustra lo primero, mientras que un volteador simple proporciona lo último.

B. Tipos de máquinas mezcladoras de sólidos.

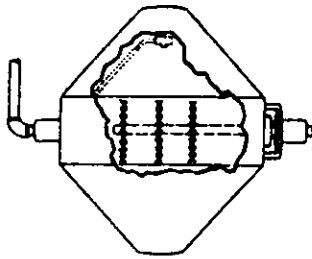
Hay varios tipos de máquinas para mezclar sólidos. En algunas de ellas, el recipiente se mueve, mientras que en otras hay un dispositivo que gira dentro de un recipiente estacionario. En algunos casos, se utiliza una combinación de recipiente giratorio y dispositivo interno en rotación. A veces, hay en el mezclador desviadores o aspas. A continuación se describe el funcionamiento general de los mismos.

1. Volteador. Los materiales se mezclan por agitación dentro de un recipiente parcialmente lleno que gira sobre un eje horizontal. Es adecuado para el mezclado suave; puede manejar grandes volúmenes; se limpia con facilidad y es adecuado para materiales abrasivos y polvos densos. No sirve para romper aglomerados.

En la figura 6.1.A y 6.1.B, se muestran algunos volteadores sin desviadores. Mientras que en la figura 6.1.C y 6.1.D aparecen volteadores con desviadores.

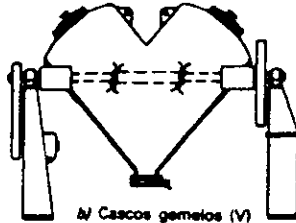
2. Volteadores con divisores de aglomerados: Existen diversos volteadores con dispositivos giratorios internos impulsados

Figura 6.1
Máquinas Mezcladoras de sólidos



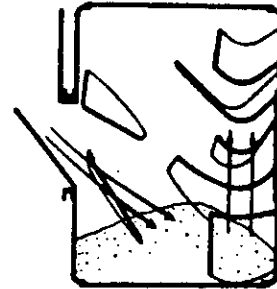
a) Cono doble

El dispositivo de división de aglomerados aparece con la línea de guiones. La boquilla de aspersión se muestra con línea de puntos. Existen tambores de este tipo con cualquiera de las características anteriores a las dos.

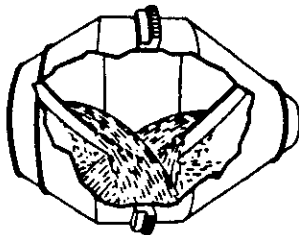


b) Cascos gemelos (V)

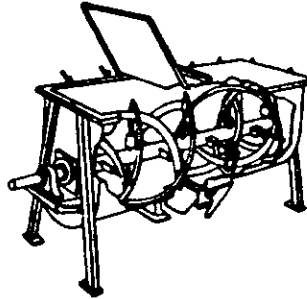
El dispositivo de rotura de agregados y alimentación de líquidos se muestra mediante la línea interrumpida. Cuando no es necesaria la alimentación de líquido, se utiliza un rompedor de aglomerados del tipo de pesador. Hay tambores de este tipo solos o con cualquiera de los dispositivos mencionados.



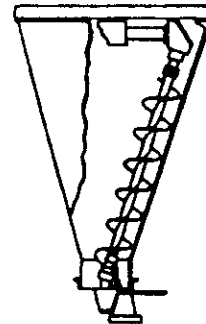
c) Tambor horizontal (con desviadores)



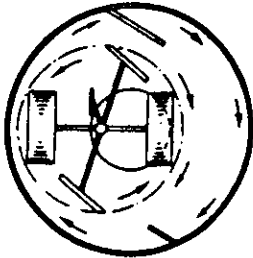
d) Cono doble que gira en torno el eje largo (con desviadores)



e) De cinta



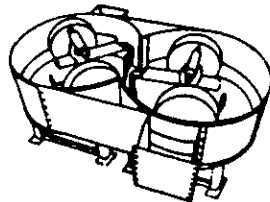
f) De gusano vertical (tipo de órbita)



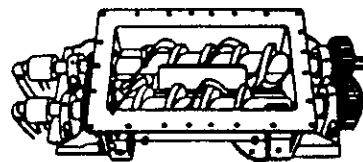
g) Maza trituradora por lotes

Existen tres tipos:

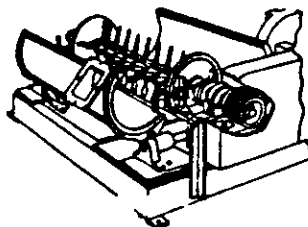
1. la plataforma es estacionaria y la torreta de la maza trituradora gira
 2. la torreta de la maza trituradora es estacionaria y la plataforma gira
 3. la plataforma gira en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que la torreta de la maza trituradora gira en sentido contrario
- El tipo 3 se ilustra arriba.



h) Maza trituradora continua (casco estacionario)



i) De rotores gemelos (adaptado para calentar el cuerpo con cubierta de transferencia y los gusanos huecos)



j) De rotor simple



k) De turbina

por separado, para la división de los aglomerados. El volteador mismo se puede utilizar para la mezcla suave, cuando no se requiere la división de los aglomerados. El mezclado junto con la reducción de tamaño la realizan unos molinos. Los más utilizados son de bolas y de barras.

Las porciones de líneas interrumpidas de las figuras 6.1.A y 6.1.B muestran algunos tipos de dispositivos de aglomerados para los volteadores.

La mezcladora de doble cono, representada en la fig. 6.1.A, es una mezcladora muy común para polvos secos que pueden fluir libremente, se introduce por arriba una carga dentro del cuerpo de la máquina y se llena hasta un 50 por ciento. Se cierran los extremos del recipiente y se agitan los sólidos, durante 5 a 20 minutos.

La mezcladora de cascos gemelos se fabrica con dos cilindros unidos en forma de V y se hace girar sobre un eje horizontal. Al igual que la mezcladora anterior, puede contener boquillas internas para introducir pequeñas cantidades de líquido en la mezcla. Estas en algunos casos son más eficaces que las de cono doble.

3. Artesa o casco estacionario. Hay ciertos tipos de mezcladoras en la que el recipiente es estacionario y el desplazamiento de los materiales se logra mediante la rotación simple o múltiple de dispositivos mezcladores internos.

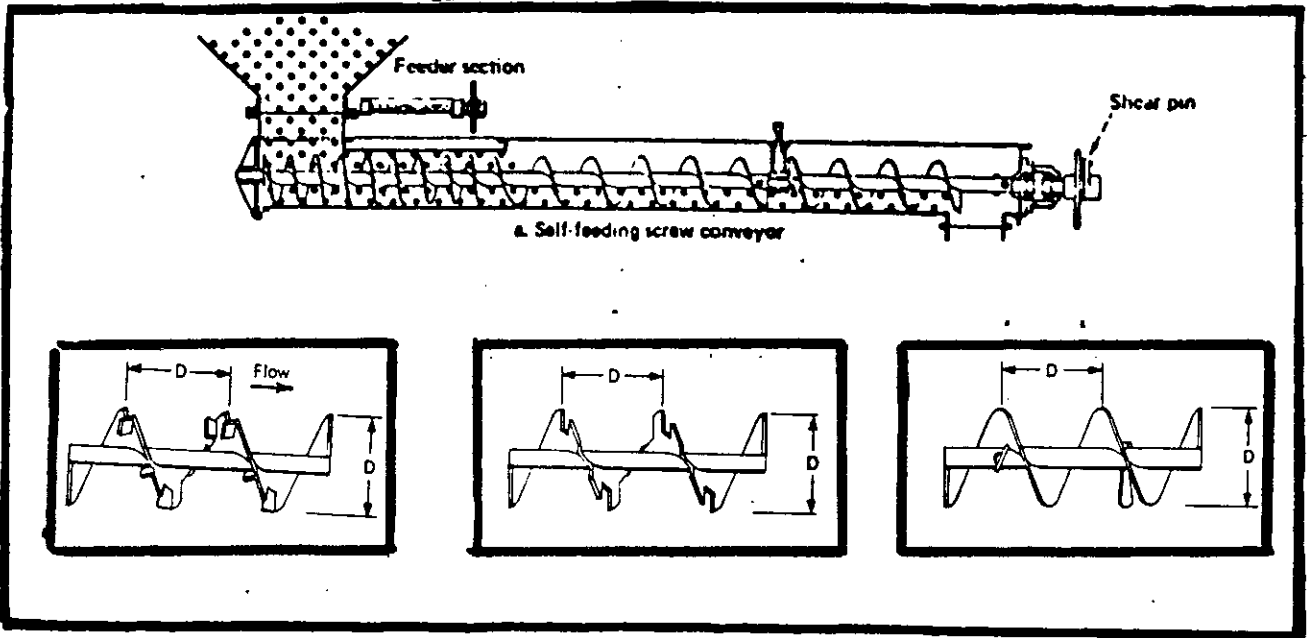
MEZCLADOR DE CINTA (Fig. 6.1.E): Está formada por un canal horizontal que tiene eje central y un agitador de cintas helicoidal. Se montan dos bandas, que actúan en direcciones contrarias, sobre

el mismo eje; una mueve lentamente el sólido en una dirección y la otra lo lleva rápidamente en la dirección contraria. Las cintas pueden ser continuas o no. El mezclado se origina por la "turbulencia" producida por los agitadores de sentido contrario y no solamente por el movimiento de los sólidos a través del canal. El canal es abierto o ligeramente recubierto. Las mezcladoras de banda son eficaces con pastas delgadas y con polvos que no fluyen fácilmente. La potencia que requieren es moderada.

Dentro de este subgrupo, hay diversos tipos. Algunas de las características que se pueden variar para ajustarlas a materiales que van de los finamente divididos y de baja densidad, que se airean con rapidez, hasta los fibrosos o pegajosos que requieren una ayuda positiva de descarga, obteniéndose a través de la inclinación y la sección transversal de la banda. Se puede utilizar una banda amplia para elevar y transportar, mientras que una estrecha cortará el material cuando lo transporta. La banda es adaptable a la mezcla por lotes o continua.

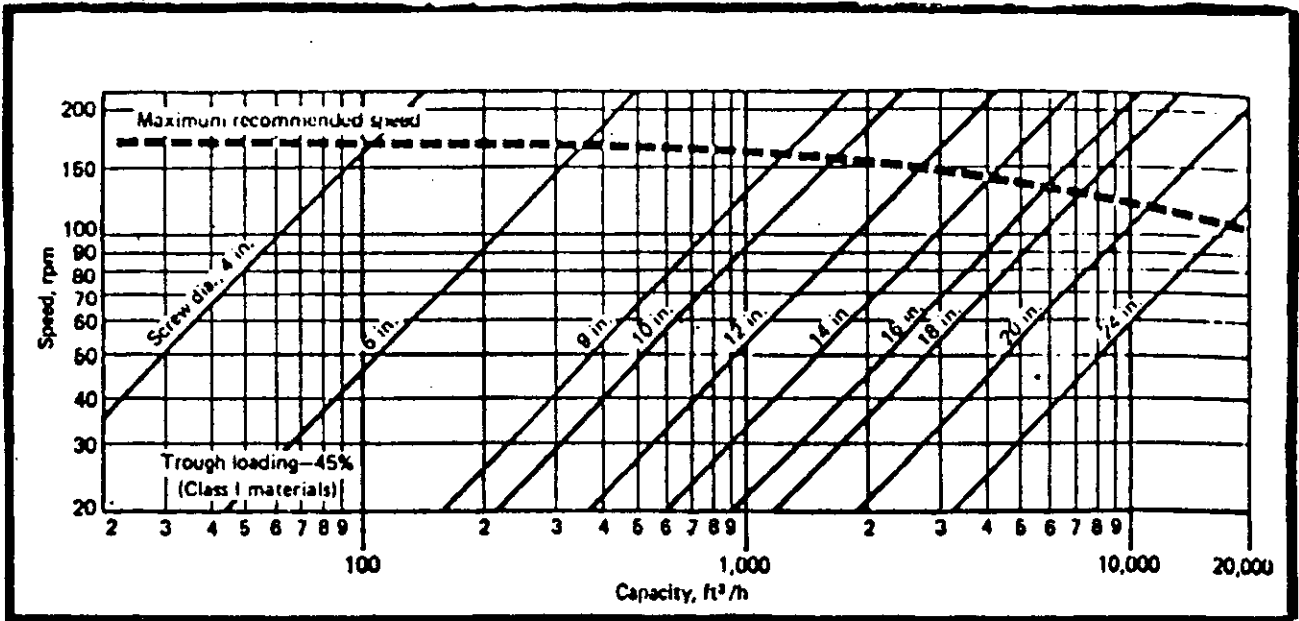
TRANSPORTADORES DE TORNILLO O HELICE (fig. 6.2): Estos son usados para la alimentación volumétrica o descarga de un dispositivo operando con pequeñas o ninguna diferencia de presión entre la entrada y la salida del sólido. Consisten de una hélice de acero con grandes separaciones sobre un eje, en un canal en forma de U. Cuando se utiliza como mezclador, basta con cambiar la hélice de acero por una de las indicadas en la fig. 6.2. Es de mantenimiento fácil, económico de reemplazar y compacta fácilmente el polvo. Un diseño

Figura 6.2
Mezclador de Tornillo



Gráfica 6.1

Velocidad Vrs. Capacidad
de un Mezclador de tornillo



de Transportador de tornillo para mezclado de materiales no abrasivos ni corrosivos emplea una helicoidal de acero, con recortes y aditivos especiales.

La velocidad de carga y diseño de la hélice dependen de las características del material y su aplicación (Fig. 6.3)

MEZCLADOR DE GUSANO VERTICAL (fig. 6.1.F): El gusano gira sobre su propio eje, mientras que describe también una órbita en torno al eje central del tanque cónico. Este tipo de mezclador es apropiado, primordialmente, para los sólidos secos y que fluyen libremente. Por lo tanto no es posible utilizarlo en el presente caso, ya que la sal es húmeda y no fluye libremente.

MEZCLADOR DE MAZA TRITURADORA (Fig. 6.1.G): La maza trituradora de plataforma estacionaria y torreta giratoria es uno de varios tipos. Otras mazas trituradoras son las de contracorriente, en la cual giran la plataforma y la torreta de la maza en direcciones opuestas y el tipo de plataforma giratoria, en lo que la torreta de la maza está estacionaria.

El rodillo pesado y ancho va sobre el material. Hay cierta acción de resbalamiento en el punto donde los rodillos entran en contacto con la masa de materiales. Esto proporciona un esfuerzo de corte local más un mezclado a escala gruesa, al que contribuyen las rejas y los raspadores.

La maza trituradora es útil para problemas de mezclado que requieren ciertos tipos de divisiones de agregados, el anclaje por fricción de las partículas, unas a otras y la clasificación de la mezcla final. Es preciso evitar los materiales excesivamente fluidos

o pegajosos. El mezclador de maza trituradora se usa en general para operaciones por lotes (fig. 6.1.G); en la figura 6.1.H se muestra una maza trituradora continua.

ROTORES GEMELOS (fig. 6.1.I): Consiste en dos ejes con paletas o gusanos alojados en un casco cilíndrico. Existen varios tipos con velocidades del eje, que van desde moderadamente baja hasta relativamente elevada. Es útil para la mezcla continua de sólidos que no fluyen con libertad; se pueden agregar líquidos, hay un desgaste menor del producto y se pueden añadir materiales más allá de la entrada, además es de fácil adaptación para el calentamiento o el enfriamiento. Algunas máquinas están diseñadas específicamente para la transferencia de calor durante el mezclado. La malaxadora es una máquina del tipo de rotores gemelos.

ROTOR SIMPLE (fig. 6.1.J): Consiste en un eje simple con paletas, alojado en un casco cilíndrico. En este tipo existen con velocidades relativamente elevadas; aunque, en algunos casos, se usan velocidades más bajas. Un rotor simple de alta velocidad proporciona el impacto máximo que no sería posible obtener de un molino triturador. Se utiliza para la desintegración y la dispersión intensa; existe con alojamientos divididos; es apropiado para el calentamiento o el enfriamiento y para la adición de pequeñas cantidades de líquido.

MEZCLADORA DE TURBINA (Fig. 6.1.K): Se trata de una artesa circular con un alojamiento en el centro, en torno al cual gira una estrella o una serie de brazos con rejas o tableros moldeados. Las

paletas giran en torno a la artesa circular, es adecuada para materiales secos que fluyen con libertad o materiales semihúmedos que no fluyen bien; también se puede adaptar para los problemas de recubrimiento y mezclado de líquido-sólido.

VII. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Antes de seleccionar un equipo para la mezcla, es preciso efectuar un estudio cuidadoso de diversas características de funcionamiento que se dan a continuación:

A. Uniformidad de la mezcla

Se debe escoger el tipo apropiado de mezclador para asegurar el grado deseado de homogeneidad de los lotes. Para cada caso debe determinarse el tiempo óptimo de mezclado, para lo cual se prepara una gráfica del grado de mezcla en función del tiempo, más adelante explicada.

B. Tiempo de mezclado

El tiempo real durante el cual el lote se está mezclando suele ser de menos de 15 minutos, dependiendo del tipo de mezcladora que se utilice, éste disminuirá. Debido a su importancia, esta característica se discutirá más adelante.

C. Carga y descarga

Es preciso tomar en cuenta todo el sistema de manejo, para obtener condiciones óptimas de carga y descarga.

D. Potencia

No es una consideración primordial al escoger una mezcladora de sólidos, puesto que, por lo común, predominan otros requisitos. Sin embargo, es preciso proporcionar una potencia suficiente para cubrir las necesidades máximas, en el caso de que se produzcan cambios

durante las operaciones de mezclado. Si la mezcladora cargada tiene que arrancar a partir del reposo, se debe contar con una potencia suficiente para lograrlo. Cuando sea conveniente una variación de las velocidades, es preciso tomar en cuenta esta característica, al hacer planes para los requisitos de potencia.

E. Limpieza

La facilidad, la frecuencia y la intensidad de la limpieza pueden ser consideraciones cruciales, cuando se tengan que mezclar en momentos distintos y en la misma máquina lotes incompatibles. Los recipientes de volteo simples son fáciles de limpiar, a condición de que tengan aberturas adecuadas. Las zonas que pueden presentar problemas de limpieza son: 1. Los sellos o las cajas prensaestopas, 2. Las grietas en los soportes de los desviadores, 3. Los rincones y 4. Los dispositivos de descarga.

F. Formación de polvo

Las pérdidas de polvo pueden afectar de manera importante la composición de los lotes, sobre todo cuando se pierdan ingredientes menos vitales. Los métodos de minimización de la formación de polvo son: 1. El uso de ingredientes menos polvosos e igualmente satisfactorios. 2. La ventilación apropiada para permitir la filtración del aire desplazado en lugar de la pérdida no regulada del aire cargado de polvo. 3. Dispositivos herméticos al polvo, para la carga y la descarga de la mezcladora. 4. Adición de líquidos, cuando sea admisible. El agua no sólo es eficiente para minimizar el polvo en la descarga de la mezcladora, sino que, además, si se agrega de manera adecuada, hará que el lote sea también menos

polvoso en las etapas subsiguientes de manejo. Sin embargo no es aplicable a muchos casos.

G. Desgaste del equipo

Las mezcladoras de volteo simple son las que tiene menos desgaste. Los dispositivos de atracción en los volteadores pueden presentar problemas graves de abrasión con ciertos materiales, como la arena y los granos abrasivos de las ruedas de molinos. Para estos casos se deben tomar en cuenta los recubrimientos resistentes a la abrasión, como los de caucho, aleaciones especiales o electrodeposiciones.

H. Criterios de eficacia de mezclado

La eficacia en el mezclado se consigue a través de ciertos factores, como tiempo de mezclado y potencia. No es el fin de este trabajo realizar un análisis estadístico para encontrar el tiempo ideal de mezclado, pero es necesario que se conozca el proceso para determinar un tiempo ideal de mezclado, así como la potencia recomendada.

1. Índice de mezclado de sólidos granulados: El rendimiento de una mezcladora industrial se juzga por el tiempo requerido, la potencia empleada y las propiedades del producto. A veces se requiere un grado muy elevado de uniformidad; a veces, una acción de mezclado rápida; otras, un gasto de energía mínimo.

El grado de uniformidad de un producto mezclado, medido por análisis de un cierto número de muestras puntuales, es una medida cuantitativa adecuada de la eficiencia de mezclado. Las mezcladoras

actúan sobre dos o más materiales separados para entremezclarlos, casi siempre al azar. Una vez que uno de los materiales está distribuido al azar dentro del otro, puede considerarse completa la operación de mezclado. Basándose en estos conceptos se puede establecer un procedimiento estadístico para medir la eficacia de mezclado.

Para sólidos granulares, el índice de mezclado se basa en la desviación típica que se observaría con una mezcla efectuada al azar.

Para cualquier tamaño dado de las muestras, existe una desviación típica teórica en una mezcla preparada completamente al azar. Esta desviación típica σ_e , está dada por:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\mu_p(1-\mu_p)}{n}}$$

donde $\mu =$ es la fracción global de uno de los sólidos, en número de partículas, en la mezcla total.

$n =$ número de partículas

La desviación típica de los análisis, s , con respecto al valor medio \bar{x} :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

donde $N =$ al número de muestras

Para sólidos granulares el índice de mezclado I , (Índice de mezclado) se define como σ_e/s .

A través de la varianza, de la mezcla de dos materiales, es posible observar cómo decrece uniformemente con el tiempo en un corto periodo, Fig. 7.1 Por esto, una gráfica semilogarítmica de la

varianza en función del tiempo, generalmente da una relación lo suficientemente lineal, para permitir definir "El coeficiente de Movilidad K" en la parte inclinada. Puesto que el tiempo requerido para obtener la mezcla deseada es proporcional al cuadrado de su largo efectivo, L_e . La inclinación de una gráfica semilogarítmica, puede ser tomada como K/L_e^2 , y el coeficiente de movilidad puede determinarse de la inclinación.

En conclusión, se puede decir que el tiempo de mezclado ideal oscilará entre B-C, que es el momento cuando la mezcla comienza a ser uniforme.

2. Potencia El movimiento de partículas cuando son mezcladas, es bastante complicado y dificultoso. En este trabajo no se profundizará en la obtención de las ecuaciones, solamente se indicará cómo funcionan.

Para obtener la potencia deseada se tiene:

$$P/N^3r^5\rho = f(N^2r/g)$$

La cual es obtenida a través de un proceso matemático (Methods for Scaling-up, 1979:89).

Donde:

F = Potencia Requerida

N = Velocidad de rotación del mezclador

r = radio de rotación del mezclador

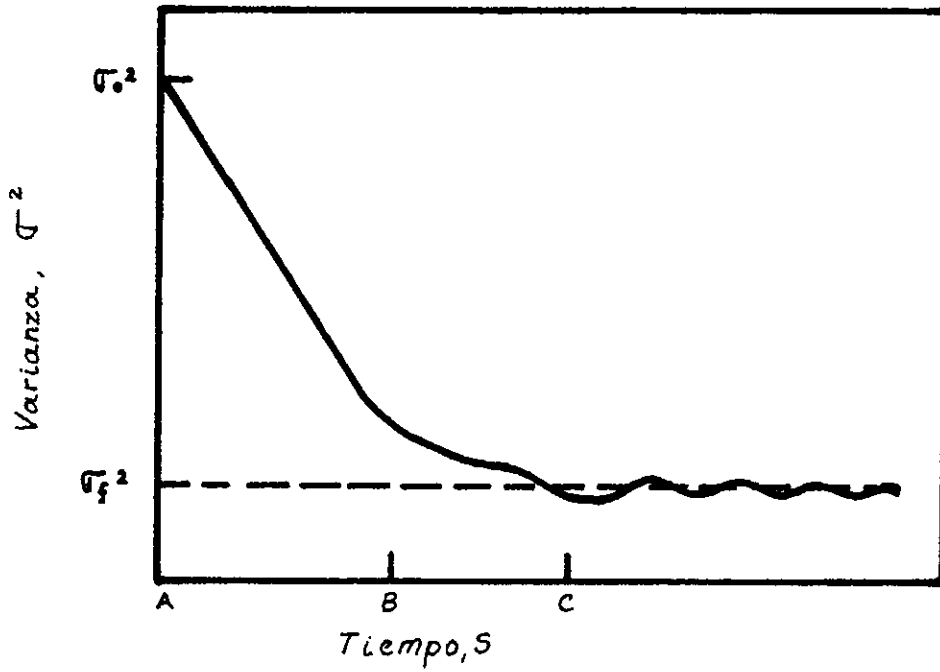
ρ = Densidad de la Partícula

g = Gravedad

J = Fracción de carga

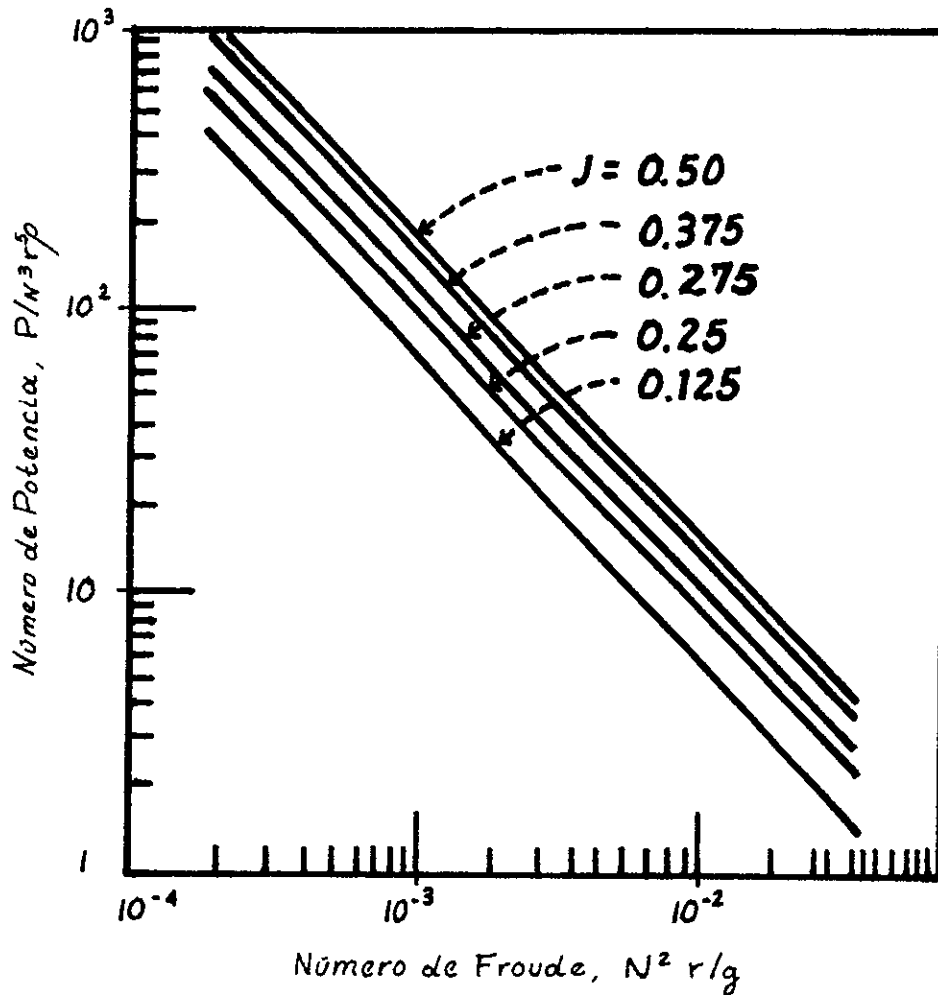
Gráfica 7.1

Varianza Vrs. Tiempo de Mezclado



Gráfica 7.2

Número de Potencia Vrs. Número de Froude



$f(N^2r/g) = \text{Numero de Froud}$

Generalmente se debe conocer N , r , g , ρ y J . Lo primero que se encuentra es el Número de Froud, luego con la ayuda de la gráfica mostrada en la fig. 7.2. Se obtiene el número de potencia el cual es igual a $P/N^3r^5\rho$, y con esta fórmula se obtiene la potencia deseada.

El valor obtenido para P , representa la potencia teórica para una mezcla ideal. La potencia efectiva requerida debe tomar en cuenta el peso del equipo, la fricción, y el requerimiento de torque en el arranque, por lo cual es mucho mayor.

VIII. SELECCIÓN DEL TIPO DE MEZCLADOR

Los mezcladores se pueden dividir en dos grandes grupos: 1. El tipo de mezcladores que trabaja sin detenerse, en el cual la máquina carga y descarga continuamente; 2. El tipo de mezcladores que solamente funciona por lotes (un intervalo de tiempo, y después del mismo se detiene).

A. Definición del proceso

Por lo general, para la yodización de la sal se utilizan dos formas químicas de yodo, el yoduro de potasio (KI) y el yodato de potasio (KIO₃). El yoduro es más barato pero menos estable, resultando satisfactorio solo para sal altamente purificada y en climas secos, con temperaturas medias, en donde la sal vaya a ser consumida dentro de pocos meses después de su producción. El yodato de potasio es mucho más estable y resistente a la evaporación. A diferencia del yoduro puede ser usado con sal sin purificar, cuando la sal está expuesta a calor y humedad excesivos o cuando el almacenamiento y transporte imponen demoras prolongadas antes del consumo. Por lo tanto, para el presente caso, se utilizará yodato de potasio.

El consumo ideal de yodo es de por lo menos 150µg diarios. El promedio diario de consumo de sal per capita puede tomarse como de 10 gramos, existen fluctuaciones grandes relacionadas con el calor, ejercicio, etc. De manera que el rango puede fluctuar entre 2 gramos

o menos y 20 gramos. También debe deducirse la pérdida de yodo debida a empaque deficiente o durante el tiempo de almacenamiento. Por lo tanto, como regla general, un nivel de fortificación adecuado sería una parte de yodo por 20,000-40,000 partes de sal (esto puede también expresarse como 25-50 partes por millón (ppm), como 25-50 mg de yodo por kg de sal). En Guatemala, según el Decreto 115, artículo 13, cada kg de sal debe contener de 66-100 mg de yodo. Un quintal son 45kg, aproximadamente. Por lo tanto por cada quintal de sal se agregarán 3-4.5gramos de yodo.

B. Capacidad requerida del mezclador

El dimensionamiento del mezclador se hará con base en requerimientos de la producción de sal diaria. La Producción de sal que se tomará en cuenta será las de salineras pequeñas, que en su mayoría no tienen los recursos para adquirir una máquina yodadora. A la vez, la máquina seleccionada podrá implementarse para salineras grandes. Se tomará como referencia la cantidad de 10,000 quintales anuales (siendo esta cantidad la moda de las salineras). Un año tendrá solamente 20 semanas, puesto que son los primeros cuatro meses del año los que se trabajan, se tendrán 500/qq semanales. Una semana normal de trabajo tiene cinco días (se tomará de cuatro días, para que se tenga un día para almacenar el producto o traer más, si fuera necesaria), la producción diaria será de 125qq. La producción requerida por hora (un día se asume de siete horas, para tener un margen en caso se presenten imprevistos) es de 17.85 quintales/hora, prácticamente 20qq, una tonelada corta/hora.

La producción requerida por hora es de 873 Kg/hora = 15

kg/minuto. Los datos obtenidos servirán para encontrar la capacidad nominal del mezclador. Este criterio también será útil para determinar si es aconsejable un mezclador por tandas o continuo.

C. Factores que se deben tomar en cuenta en la selección

1. Los salineros, en su mayoría, son personas de muy poca educación, por lo cual se necesita que el mezclador que se utilice sea de fácil uso. Con esto se quiere decir que el salinero siga el mínimo de instrucciones para realizar su trabajo, a la vez que las mismas sean fáciles de ejecutar.

2. El tipo de mezclador que se utilice debe ser de fácil limpieza por lo explicado anteriormente, además de que no se poseen recursos para invertir demasiado en limpieza.

3. El diseño tecnológico del mezclador deberá ser lo más sencillo posible para ser de construcción, operación y mantenimiento fácil. Es además para transportarlo con facilidad.

D. Pre-selección de equipos mezcladores

Para realizar una mejor selección, los criterios se resumen en el cuadro 3.1 donde es posible observar las características de cada mezclador. También es posible observar la capacidad aproximada de trabajo, además de la potencia que pueden llegar a requerir. La potencia, como se mencionó anteriormente, no es primordial al escoger una mezcladora, sin embargo es preciso proporcionar una potencia suficiente para cubrir las necesidades de las operaciones de mezclado.

Para realizar la preselección, se preparó el cuadro 8.2 donde es posible observar, en el sentido horizontal, tres características

CUADRO 8.1
CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS MEZCLADORAS DE SÓLIDOS

TIPO DE MÁQUINA MEZCLADORA DE SÓLIDOS	CARACTERÍSTICAS	CAP. APROX. TÍPICA DE TRABAJO EN Mts	POTENCIA (KW)	
			Típica Casco	Dispositivo interno
1. Volteador	Es adecuado para el mezclado suave, puede manejar grandes volúmenes, se limpia con facilidad y es adecuado para materiales abrasivos y polvos densos. No sirve para romper aglomerados.	1.42-1.53	3.73-18.65	
2. Volteador con divisores de aglomerados:	Se puede utilizar para la mezcla suave, cuando no se requiere la división de los aglomerados. Los molinos son utilizados para la reducción intermedia y fina de materiales abrasivos	1.42-1.53	3.73-5.22	3.73-5.22
3 Cinta de Artesa o Casco estacionario	El recipiente es estacionario y el desplazamiento de los materiales se logra mediante la rotación simple o múltiple de dispositivos mezcladores internos.			
*Mezclador de banda	Se utiliza en materiales que van de los finamente divididos y de baja densidad, que se airean con rapidez, hasta los fibrosos o pegajosos que requieren una ayuda positiva de descarga. Se puede utilizar una banda amplia para elevar y transportar, mientras una estrecha cortará el material mientras lo transporta.	1.30-1.53		7.46-11.19
*Transportadores de tornillo o hélice	Son usados para la alimentación volumétrica o descarga de un dispositivo. Cuando es utilizado como mezclador basta con cambiar la hélice de acero que lleva en el eje central. Es de mantenimiento fácil, compacta fácilmente el polvo.		0.746-1.49	
*Mezclador de gusano vertical	Es apropiado, primordialmente, para los sólidos secos y que fluyen libremente.	1.47		3.73
*Mezclador de maza trituradora	Es útil para problemas de mezclado que requieran ciertos tipos de divisiones de agregados, el anclaje por fricción de las partículas, unas a otras, y la clasificación de la mezcla final. No se utiliza en materiales excesivamente fluidos o pegajosos.	1.13		44.76
*Rotores gemelos	Es útil para la mezcla continua de sólidos que no fluyen con libertad, se pueden agragar líquidos, hay un desgaste menor en el producto y se pueden añadir materiales más allá de la entrada.		3.73-29.74
*Rotor Simple	Se utiliza para la desintegración y la dispersión intensa, existe con alojamientos divididos, es apropiado para el calentamiento o el enfriamiento y para la adición de pequeñas cantidades de líquido.		3.73-74.6
*Mezcladora de turbina	Es adecuada para materiales secos que fluyen bien; también se puede adaptar para los problemas de recubrimiento y mezclado de líquido-sólido.	1.42		37.3

de funcionamiento, las cuales se consideran como las más importantes que debe satisfacer el equipo que se desea seleccionar. Esto con base en los criterios descritos anteriormente. Luego, verticalmente, es posible observar las distintas mezcladoras que son adecuadas para mezclar sólidos.

A continuación se hará una primera elección de los distintos mezcladores, con el fin de comenzar a eliminar las opciones que no cumplan con las características necesarias. Para ello se tomarán en cuenta, las más sencillas que deben poseer los mismos. Cuando se realice la selección final se tomarán otras características en cuenta.

VOLTEADOR

Este tipo de mezclador es adecuado para el mezclado suave, por lo tanto es factible para el presente caso, ya que el yodo y la sal son sólidos suaves. Además es fácil de limpiar, no posee mayor complejidad tecnológica, y el desgaste del equipo es mínima. Por lo tanto, puede ser preseleccionado. Con base en un estudio de costos se determinará si es factible o no.

VOLTEADOR CON DIVISORES DE AGLOMERADOS

Este volteador posee las mismas características que el anterior, es útil para mezclas suaves, además de ser fácil de limpieza y mínima su complejidad tecnológica. Con este se puede obtener una rapidez de mezclado mayor debido al dispositivo interno.

MEZCLADOR DE GUSANO VERTICAL

Este se utiliza en sólidos secos, que fluyen con libertad. La sal generalmente es húmeda y no fluye con libertad. Adaptarlo

CUADRO 8.2
EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MEZCLADORES

TIPO DE EQUIPO	LIMPIEZA	COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA	DESGASTE DEL EQUIPO
Volteador	5	5	2
Volteador con divisores de aglomerados	2	6	5
Cinta de Artesa o casco estacionario:			
*Mezclador de cinta	6	6	4
*Transportador de tornillo	6	5	4
*Mezclador de gusano vertical.	8	7	5
*Mezclador de maza trituradora	7	8	6
*Rotores gemelos	7	7	4
*Rotores Simples	8	9	4
*Mezcladora de Turbina	9	8	4
El casco y el dispositivo interno giran	8	8	2

A los distintos mezcladores se les ha evaluado en una escala de 0 a 10 de fácil a difícil de manejar, limpiar y desgaste. Los valores fueron asignados con base en el estudio realizado previamente.

significaría un costo, con lo cual no se garantiza que funcione. Además, la limpieza del mismo es bastante difícil, por lo cual se necesitaría personal entrenado especialmente para esta operación. La complejidad tecnológica es un poco alta. Por lo tanto, este tipo de mezclador es descartado porque no es el ideal para nuestro tipo de proceso, además de ser bastante difícil su limpieza.

MEZCLADORA DE TURBINA

Esta se debe eliminar, tanto por la complejidad tecnológica, como la limpieza del mismo. La elaboración de la misma sería bastante costosa, tanto económicamente, como por el diseño. Sería difícil hacer varias copias de la misma. Además se utiliza principalmente con polvos secos.

MEZCLADORA DE CINTA

Este tipo de mezclador se puede ajustar para los materiales que no son completamente secos, que requieren una ayuda positiva de descarga. La complejidad tecnológica está en los límites de aceptación, ya que el dispositivo interno es ligeramente complicado. Además la limpieza del mismo, como el desgaste del equipo son poco considerables, aun cuando se dificulta bastante la limpieza del dispositivo interno. Por lo tanto esta mezcladora se podrá adaptar a los requisitos mínimos.

ROTORES GEMELOS

Este tipo de mezclador posee una complejidad tecnológica alta, por lo que implicaría un costo alto de construcción. Además la limpieza del mismo representa cierta dificultad. Este tipo de mezclador no se adapta a las expectativas.

ROTORES SIMPLES

Este tipo de mezclador se utiliza principalmente para el calentamiento o enfriamiento de sólidos, además para la adición de pequeñas cantidades de líquido. Por lo tanto, invertir en este mezclador sería improductivo, ya que no sería utilizado en un 100%. También la complejidad tecnológica del mismo es relativamente alta, lo que implicaría costos de fabricación altos. La limpieza es compleja para personal que no esté adecuadamente capacitado.

TRANSPORTADOR DE TORNILLO

Este tipo de transportador se adapta bastante a las necesidades, ya que su fin principal es mezclar sólidos, que son compactados fácilmente. Su limpieza es fácil, a la vez que transporta va mezclando. Tanto la complejidad tecnológica como el desgaste son aceptables. Este tipo de mezclador se ha usado industrialmente para el presente propósito.

MEZCLADOR DE MAZA TRITURADORA

Es útil, principalmente en problemas de mezclado que requieren divisiones de agregados, en este caso no es necesario. Además la complejidad tecnológica del mismo no es alta, pero no es un equipo adecuado para trasladar de un lugar hacia otro por la fragilidad del mismo. Modificarlo implicaría arriesgarse a no obtener los resultados deseados. Por lo tanto, el mismo es eliminado.

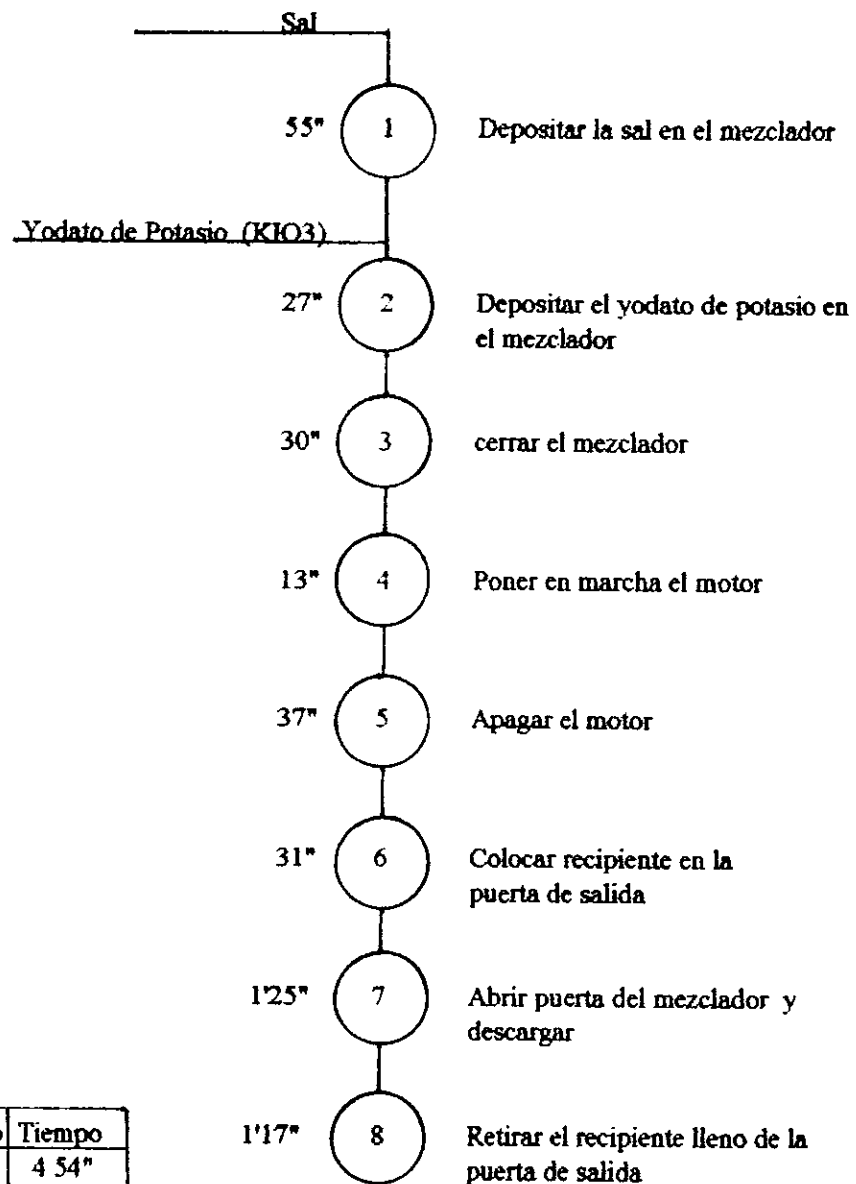
E. Principales características de funcionamiento

1. Tiempo de Mezclado Como se indicó en una sección anterior, no es el fin de este trabajo realizar un análisis estadístico para encontrar los tiempos de mezclado. Los tiempos que

Cuadro 8.3

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

OBJETO DEL DIAGRAMA. Carga y descarga de una máquina mezcladora de sal con yodato. DIAGRAMA No. 1.
 DIBUJO No. 1. DIAGRAMA DEL MÉTODO: actual. FECHA: 27-01-97
 ELABORADO POR María Pía de Uribe O.



Resumen

Evento	Número	Tiempo
Operación	8	4 54"

se utilizaran fueron seleccionados con base en consultas hechas a personas que han trabajado con máquinas similares y han estimado cuáles son los mejores tiempos. Para el volteador de tonel se determinó como tiempo ideal de mezclado= 5min; Para el transportador de tornillo= 7min; Para el mezclador de cinta = 5min;

2. Tiempo de Carga y Descarga. Para encontrar estos tiempos se realizó un estudio de movimientos, el cual es presentado en el cuadro 8.3. Se realizó solamente un diagrama, puesto que el proceso para las tres máquinas es el mismo, excepto que tanto el mezclador de cinta como el de tornillo no poseen compuerta de entrada. Por lo tanto, el tiempo de carga y descarga para el mezclador de tonel fue de cuatro minutos con 54 segundos. Mientras para los otros dos mezcladores fue de cuatro minutos con 44 segundos.

3. Potencia. Para encontrar la potencia del mezclador de tonel se utilizó el cuadro 8.4. El mismo muestra potencias para distintas capacidades de volteadores. Estas han sido encontradas a través de la experimentación, la cual ha permitido definir la potencia óptima según el tamaño y densidad del volteador. El diámetro del mezclador de tonel es de 0.78mts y la capacidad es de $0.16m^3$, el rango de densidad es de 1600-2000 kg/m^3 , la potencia requerida aproximada será de 1HP, con 20 r.p.m. Por ser el arranque mayor el motor necesarios será de 2HP.

Mientras que para el transportador de tornillo como para el mezclador de cinta, la potencia que se utilizó fue de 1 HP, esto

CUADRO 8.4
DIMENSIONES Y POTENCIA DE VOLTEADORES

Contenido m ³	Diámetro m	Potencia de entrada en HP, según el rango de densidad en kg/m ³				velocidad r.p.m
		0 800	800 1200	1200 1600	1600 2000	
0.028	0.45	0.25	0.25	0.25	0.33	30
0.80	0.61	0.25	0.33	0.50	0.75	25
0.133	0.76	0.33	0.50	0.75	1.0	20
0.220	0.91	0.50	0.75	1.0	1.5	20
0.340	1.07	0.75	1.0	1.5	2.0	20
0.530	1.22	1.0	1.5	2.0		16.5
0.760	1.37	1.5	2.0	3.0	5.0	16.5
1.050	1.52	2.0	3.0	5.0	7.5	15
1.300	1.67	3.0	5.0	7.5	10.0	14
1.750	1.82	5.0	7.5	10.0	15.0	13
3.020	2.22	10.0	15.0	20.0	25.0	10
4.300	2.44	15.0	20.0	25.0	30.0	10
6.150	2.75	20.0	30.0	40.0	50.0	9
8.500	3.06	30.0	50.0	60.0	75.0	9

Fuente: Solids Separation and Mixing, 1979

debido a que ya se conocía cuál sería el volumen requerido para obtener la producción deseada (el procedimiento matemático es explicado en Dimensionamiento de Mezcladores). Con este volumen también fue posible obtener las revoluciones por minuto que se necesitaban en el eje. Para el transportador de tornillo se obtuvieron 50 rpm, mientras que el mezclador de cinta necesitaba 60rpm en el eje, Todos los datos obtenidos fueron corroborados cuando se realizaron las cotizaciones, puesto que existen personas con experiencia en este campo cuya opinión es importante.

F. Dimensionamiento del mezclador

A continuación se determinarán las dimensiones que deberán tener los mezcladores seleccionados. Con ello se podrá obtener las cotizaciones preliminares.

1. Volteador de Tonel

Se requiere 900kg producto/hora= 0.8 m³/hora.

Como se indicó anteriormente, este tipo de volteador se puede llenar con 40% para trabajar bien. Primero se analizará un tonel simple para determinar si el mismo se puede utilizar.

$$\text{Tonel} = 54 \times 0.4 = 22 \text{ gal} = .08 \text{ m}^3$$

$$e_{\text{sal}} = 1.12 = 1120 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{sal} = 0.08 \times 1120 = 93 \text{ kg/tanda}$$

Tiempo del ciclo:

carga y descarga = 5 min

mezclado = 5 min

otros = 2 min

total= 12 minutos

$$N = \frac{60 \text{ min/h}}{12 \text{ min/batch}} = 5 \text{ batch/hora}$$

$$Q = 56 \times 93 \text{ kg/batch} = 465 \text{ kg}$$

La cantidad Q obtenida nos indica la capacidad de nuestro tonel. Dividiéndola dentro de la capacidad requerida por hora, obtenemos el rendimiento que se tendrá con el tonel.

$465/900 = 0.51$, por lo tanto se necesitarían dos toneles para obtener la cantidad de producto requerida.

Para la capacidad requerida:

$$(0.8 \text{ m}^3/\text{h}) / (5 \text{ batch/h}) = 0.16 \text{ m}^3/\text{batch}$$

$$\text{volumen del mezclador} = (0.16 \text{ m}^3/\text{batch}) / (0.4^*) = 0.4 \text{ m}^3$$

*Donde 0.4 es el porcentaje con que puede llenarse el tonel.

$$\text{Si } \phi = 0.78 \text{ m; area} = 0.4778 \text{ m}^2; \text{ altura } h = 0.85 \text{ m}$$

Con estos datos se obtuvo el diseño mostrado en Anexo 1

2. Transportador de Tornillo.

Mezclado = 5 minutos

Diámetro externo (Hélice) = 18 cm

Diámetro interno = 4 cm

Largo = 4.88 m con una tolva (cono) de entrada

$900 \text{ kg/h} = 15 \text{ kg/min} = 0.013 \text{ m}^3 = \text{volumen efectivo tornillo} / 5$
minutos.

$$\text{volumen requerido} = 0.013 \times 5 = 0.065 \text{ m}^3$$

El factor de lleno = 80% = 0.8

$$\text{Area} = (18^2 - 4^2) \pi / 4 = 241.9 \times 0.8 = 193 \text{ cm}^2 = 0.019 \text{ m}^2$$

Paso del Tornillo = $1/2$ diámetro = 10 cm

Volumen = $0.019 \times 0.1 = 0.0019 \text{ m}^3$

revoluciones por minuto = $0.065 / 0.0019 = 34.2 / 0.7$ (eficiencia) = 49 = 50 rpm en el eje.

Volumen = $0.019 \text{ m}^2 \times 4.88 \text{ m} = 0.0927 \text{ m}^3$

Tiempo de mezclado = Volumen/flujo = $0.0927 / 0.013 = 7.1$ min; aceptado.

3. Mezclador de Cinta

Tiempo de mezclado = 5 minutos, aprox.

Para encontrar el diámetro se utilizará el ancho de la lámina, el cual es de 1.22m

Diámetro = $1.22 / \pi = 0.388$

Factor de llenado = 90% = 0.9

Area = $(0.39^2 - .04^2) \pi / 4 = 0.118 \times 0.9 = 0.106 \text{ m}^2$

volumen efectivo = $0.065 \times 4 \text{ m}^3$ (el mezclador de cinta es 4 veces de menor eficiencia que el de tornillo) = 0.26 m^3 .

Largo = $0.26 / .106 = 2.45$ metros (largo lámina 2.44),

revoluciones por minuto = 60 rpm en el eje

G. Evaluación de los costos de construcción de los mezcladores.

Una premisa que debe cumplir el mezclador, es que su costo de construcción no sobrepase los \$2,500 (Q15,000), debido a que los salineros son personas de escasos recursos.

Una vez obtenidas las dimensiones de los mezcladores, se diagramó un prototipo de cada uno de ellos. De estos se hicieron varias copias y se llevaron a 4 talleres para que se realizaran las cotizaciones respectivas (Anexo 2). A continuación se da un análisis

de las cotizaciones proporcionadas.

El primer taller consultado fue "Talleres Hernández", en el cual el Sr. Daniel Hernández nos indicó que los precios de construcción, tanto del mezclador de cinta como el transportador de tornillo eran bastante altos (aproximadamente Q27,000 y Q30,000 respectivamente), por lo tanto era preferible interesarse en el mezclador que era accesible. Para este mezclador nos presentaron varias alternativas. Las cotizaciones son posibles de observar en el anexo 2. Es posible analizar que los precios sobrepasan el valor estimado.

El segundo taller visitado fue "Industrias Camelot". Este taller solamente ofreció cotizaciones para el mezclador de tonel y el mezclador de cintas. Nos indicaron que el mezclador de tornillo tendría un precio más alto debido a las aspas que llevaba en su eje. Este taller nos proporcionó cotizaciones más bajas que el anterior.

El tercer taller visitado fue "Talleres Rüttiman Sucesores", en el cual, desde el principio, nos indicaron que el precio del transportador de tornillo sería aproximadamente de Q44,000 mientras que el mezclador de cinta estaría alrededor de los Q40,000. Por ello sólo brindaron la cotización del mezclador de tonel. Este fue el taller que más alta cotización hizo (Q33,000).

Por último se visitó "Talleres REA", los cuales construyen maquinaria para café. El señor Luis Chacón, encargado de ventas, nos indicó que tanto el transportador de tornillo como el mezclador de cinta, tendrían un precio bastante mayor que el mezclador de tonel (alrededor de Q21,000 y Q25,000, respectivamente), por lo cual se

hizo la cotización detallada del mezclador de tonel. Esta taller fue el que mejor cotización presentó.

Con base en las cotizaciones obtenidas se determinó que el mezclador de tonel, era el menos costoso de construir. Además cumplía con requisitos de limpieza. También tiene la ventaja de ser movable con facilidad. Por lo tanto, el mismo fue seleccionado para construirlo.

H. Diseño del mezclador de tonel

En el Anexo 3, se presenta un plano del Mezclador de Tonel, en el cual es posible observar distintas vistas del mismo, así como mayor detalle de las piezas que lleva.

1. Centro de gravedad del Volteador de Tonel

El centro de gravedad será el mismo que el centro de masa, ya que las diferencias de alturas son mínimas, por lo tanto se asume que no hay alguna variación en la gravedad.

Lo primero que se hará será encontrar la masa del volteador. Se tomarán las partes independientes y luego se hallará la masa total del volteador.

PARTE CILINDRICA:

$$A = 2\pi r l = 2.08 \text{ m}^2$$

$$\text{Densidad del Acero } \rho = 8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = m/v$$

$$\text{espesor} = 1/16 = 1.5875 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Volumen } 2.08 \times 1.5875 \times 10^{-3} = 3.3 \times 10^{-3}$$

$$\text{masa} = 3.3 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^3 = 26.4 \text{ Kg}$$

Tapadera de parte cilíndrica

$$A = \pi r^2 = 0.4778 \text{ m}^2$$

$$V = 0.4778 \times 1.5875 \times 10^{-3} = 7.585 \times 10^{-4}$$

$$\text{Masa} = 7.585 \times 10^{-4} \times 8 \times 10^3 = 6.08 \text{ Kg}$$

PARTE INCLINADA DEL TONEL:

$$R - r = 0.39 - 0.25 = 0.14 \text{ m}$$

$$\cos 30 = 0.14/h \quad h = 0.1617 \text{ m}$$

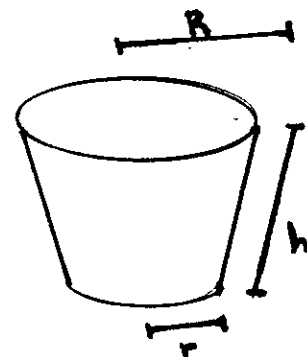
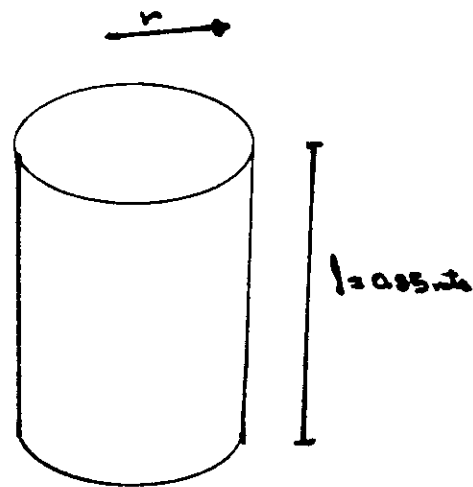
$$L = 2\pi R = 2.45 \text{ m}$$

$$l = 2\pi r = 1.57 \text{ m}$$

$$A = \pi(r+R)h = 0.325 \text{ m}^2$$

$$V = 0.325 \times 1.5875 \times 10^{-3} = 5.16 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Masa} = 5.16 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 4.13 \text{ Kg}$$



$$C_{mx} = 1/A \int_0^d x dA = 1/A \int_0^d xy dx$$

$$y = mx + b = ((R-r)/d)x + R$$

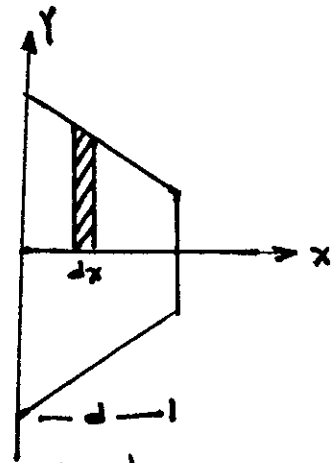
$$C_{mX} = 1/A \int_0^d x ((R-r)/d * x + R) dx$$

$$= 1/A \int_0^d (2x+0.39) dx = 1/A (2x^2/3 + 0.39x^2/2) \Big|_0^{0.07}$$

$$= 1.1845 \times 10^{-3} / A$$

$$A = 1/2 (0.07) (0.78 + 0.50) = .0448$$

$$C_{mx} = 0.0264$$



$$d = h \tan 20^\circ = 0.07 \text{ m}$$

El centro de masa total = 0.0264 + 0.87 = 0.8764

$$C_{m_z} = (0, 0.8764, 0)$$

TAPADERA MARINERA

$$x = 0$$

$$y = 0.85 + d$$

$$\text{donde } d = 6.35 \times 10^{-3}$$

$$Y = 0.88$$

$$C_{m_2} = (0, 0.88, 0)$$

Rosca que va en la tapadera

$$x = 0.25 \text{ m}$$

$$y = 0.91 \text{ m}$$

$$C_{m_1} = (0.25, 0.88, 0)$$

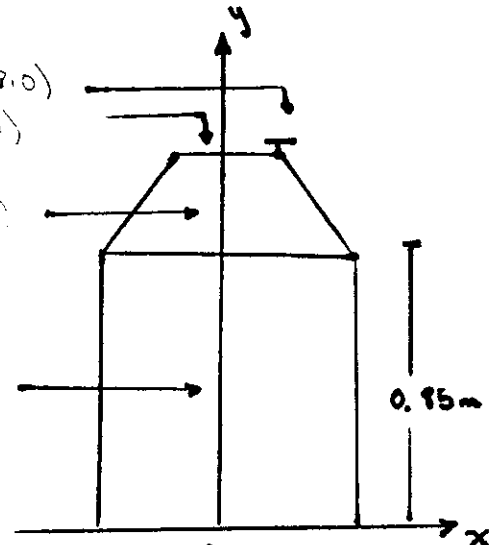
$$C_{m_1} (0.25, 0.88, 0)$$

$$C_{m_3} (0, 0.88, 0)$$

$$C_{m_4} (0, 0.88, 0)$$

$$C_{m_2} (0, 0.88, 0)$$

$$C_{m_5} (0, 0, 0)$$



Por último se encuentra el centro de masa del volteador completo

$$M = 0.094 + 2.49 + 4.13 + 26.4 + 6.08$$

$$M = 39.37$$

$$C_{Mx} = \frac{\sum x_i m_i}{M} = \frac{0.094 * 0.25 + 2.49 * 0 + 4.13 * 0 + 26.4 * 0 + 6.08 * 0}{39.37}$$

$$C_{Mx} = 5.969 \times 10^{-4}$$

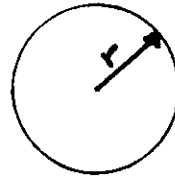
TAPADERA MARINERA

$$r = 0.25$$

$$A = \pi r^2 = 0.196\text{m}^2$$

$$\text{Volumen} = 0.1960 \cdot 1.5875 \times 10^{-3} = 3.12 \times 10^{-4}$$

$$\text{Masa} = 2.496 \text{ Kg}$$



$$r = 0.25 \text{ m}$$

Rosca que va en la tapadera

$$l = 0.25\text{m}$$

$$D = 6.35 \times 10^{-3}$$

$$r = 3.175 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$v = \pi r^2 l = 7.92 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{masa} = 7.92 \times 10^{-6} \cdot 8 \times 10^3 = 0.633 \text{ kg}$$

$$l = 3R$$

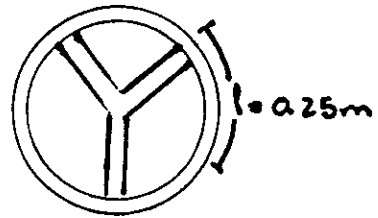
$$l = 2\pi R$$

$$R = l/2\pi = 0.25/2\pi = 0.0398 \text{ m}$$

$$V = \pi r^2 l = 3.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{Masa } 0.03 \text{ kg}$$

$$\text{Masa Total} = 0.0633 + 0.03 = 0.094 \text{ kg}$$



Una vez encontradas las masas, se busca la posición del centro de gravedad de la distintas partes.

PARTE CILINDRICA

$$CM_4 = (0, 0.425, 0)$$

Tapadera de la parte cilindrica

$$CM_5 = (0, 0, 0)$$

PARTE INCLINADA DEL TONEL

Para una lámina homogénea

$$CMy = \frac{\sum y_i m_i}{M} = \frac{0.094*0.88+2.496*0.88+4.13*0.8764+26.4*0.425+6.08*0}{39.37}$$

$$CMy = 0.437=0.44\text{mts}$$

$$Cmz = 0$$

En el centro de masa del volteador de tonel estará en

$$Cmt = (5.969 \times 10^{-4}, 0.44, 0)$$

Este es el punto donde los torques se anulan, ya que la sumatorias de fuerzas es igual a cero. Por lo tanto, el diseño se debe buscar en el eje $x = 5.964 \times 10^{-4}$; En el eje $y = 0.44$, esto quiere decir que la base del tonel debe estar a 0.44mts. del eje sobre el cual gira, para evitar el cabeceo; En $z = 0$ aquí no hay ningún peso que provoque algún torque.

IX. CONCLUSIONES

1. El proceso de adición de yodo a la sal, en Guatemala, se efectúa a través del sistema de paleo, que consiste en mezclar la sal con el yodo a través de palas.
2. La mezcla de yodo y sal debe contener: 66-100mg de yodo por un gramo de sal. En la realidad sólo 11.4% se encuentra dentro de estos rangos.
3. Las causas principales de no haberse industrializado el proceso de adición de yodo a la sal, son: el alto costo de una máquina mezcladora y la complejidad tecnológica de las mismas.
4. La producción requerida de sal yodada, es de 873 Kg/hora. Esto con base en la producción anual de 10,000 qq.
5. El mezclador de tonel es de 0.78m de diámetro, con 0.85m. de altura. Es la máquina que se adecua a la características requeridas, además su costo de construcción no sobrepasa los US.\$2,500.

X. RECOMENDACIONES

1. Es posible realizar una maquina yodadora de sal, que cumpla con las necesidades de los productores de sal en Guatemala. Se recomienda la implementación de la misma en las salinas que tienen una producción de 10,000qq anuales o mayor.
2. En las salinas que tienen una producción menor se recomienda asociarse a los mini-productores, para llegar a la producción de 10,000qq anuales, y con esto comprar una máquina. Una segunda opción es hacer un mezclador de tonel para una capacidad menor.
3. Conjuntamente con el proceso de industrializar la adición del yodo a la sal, se recomienda capacitar a las personas que intervienen en el proceso para asegurar el correcto funcionamiento del mismo.
4. Se debe buscar expandir la industrialización del proceso de adición de yodo a la sal a toda Centroamérica, puesto que el problema no es sólo de Guatemala.

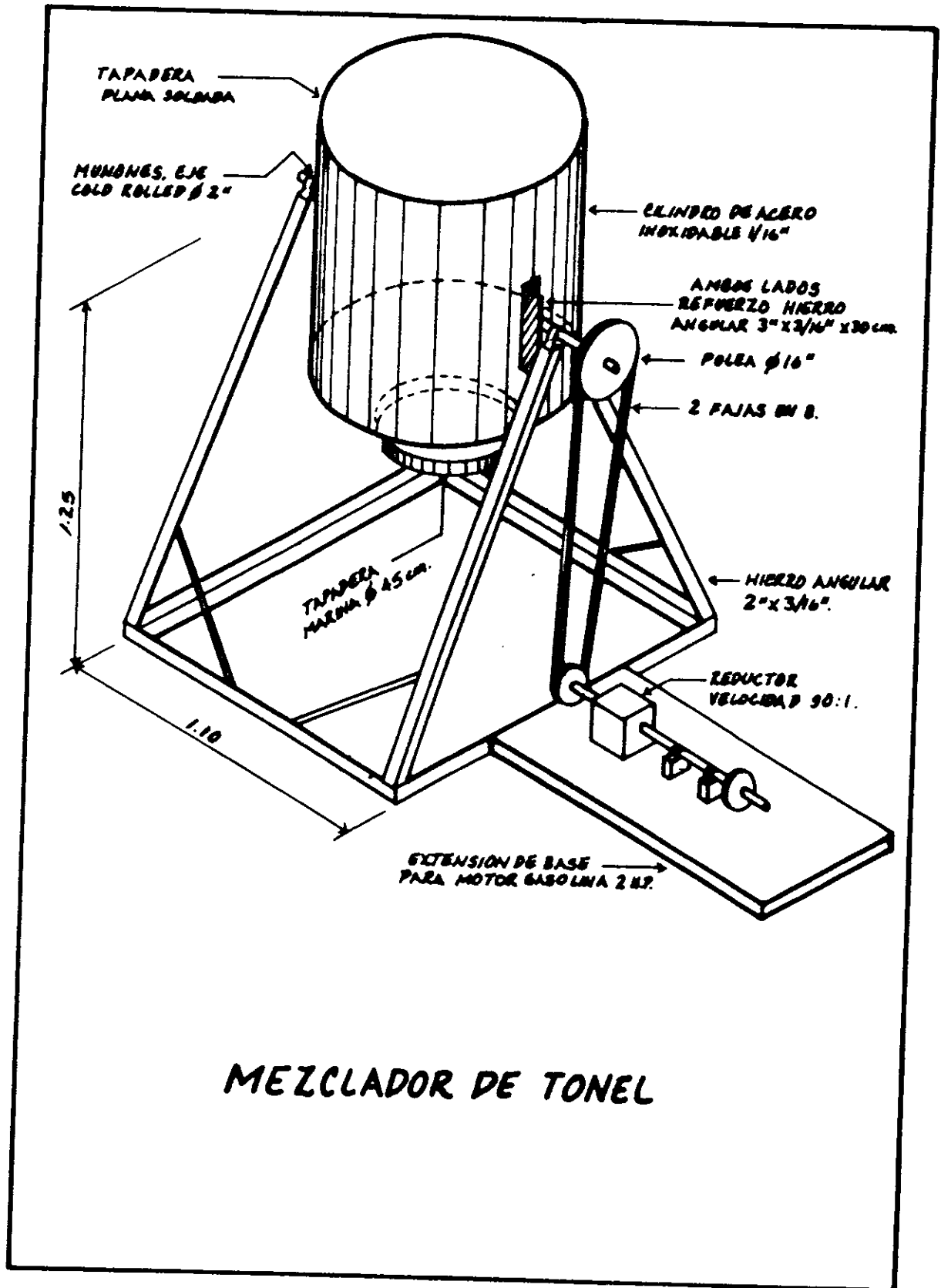
XI. BIBLIOGRAFIA

- Bruner Robert. Case studies in Finance. For Corporate Value
1990. creation.Estados Unidos, Editorial IRWIN.667 pp.
- Colinj Hendrik, "Mechanical conveyors and elevators-CPI
workhorses". Chemical Engineering Deskbook Issue.
1978 (United States, October 30) McGraw Hill. 43-58.
- Control de los desórdenes por deficiencia de yodo en
CentroAmérica. UNICEF. 1a. ed. Guatemala, C.A.
1991 125pp.
- Coombs William et al. The handbook of construction
accounting and financial management. 3era ed.
1984 Estados Unidos, Editorial McGraw-Hill. 592pp.
- Giesecke F. et al. Manual de Dibujo Técnico. México,
1986 D.F., Editorial Interamericana. 5v.
- Gitman Lawrence J. Fundamentos de Administración Financiera.
1995 3a. ed. México, D.F., Editorial Karla. 777 pp.
- Guia práctica para la corrección de la deficiencia de
yodo. Organización Mundial de la Salud.
1992 Países Bajos. 60pp.
- Horgren Charles. Contabilidad y Costos. 2a. ed. México, D.F.,
1985 Editorial McGraw-Hill. 462pp.
- Indicators for assessing Iodine Deficiency Disorders and
their Control through salt iodization.
1995 Organización Mundial de la Salud. Suecia. 50pp.
- Jiménez Pierre. ACOTACION FUNCIONAL. Dimensionamiento
para diseño industrial y procesos de manufactura.
1985 1a. ed. México D.F., Editorial Limusa. 107pp.
- Merritt Frederick. Enciclopedia de la Construcción
(Arquitectura e Ingeniería). Madrid, Editorial
1990 Oceano. 400pp.
- Nagata Shiriji. Mixing. Principios y Aplicaciones.
1975 1a. ed. Tokio, Editorial Kodanska Ltd.451 pp.
- Perry Robert H. Biblioteca del Ingeniero Químico.
1986 5a. ed. México D.F., McGraw-Hill. 5v.

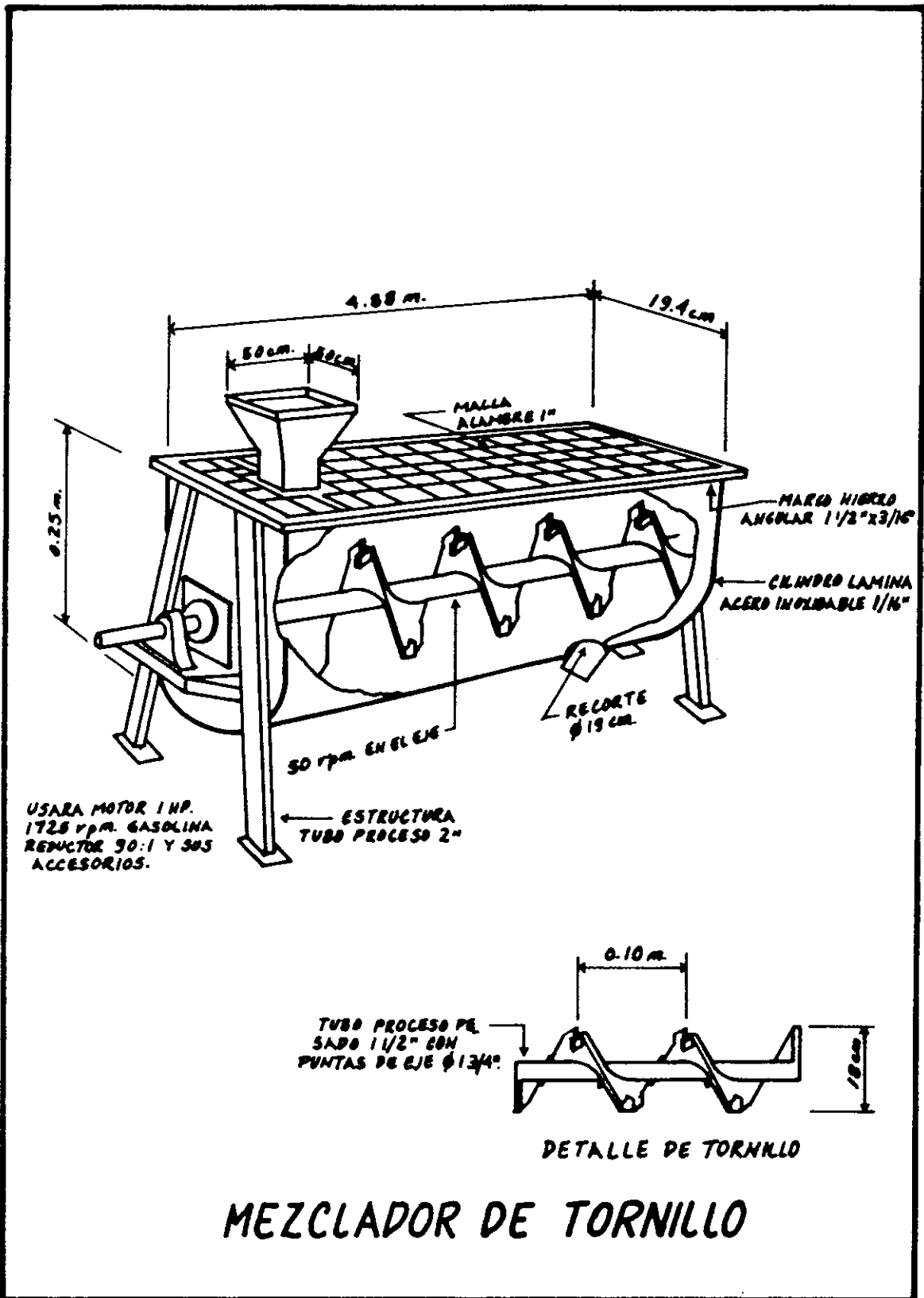
- Solids Separation and Mixing. Process Equipment
1979 Series. Washington. Mahesh V. Bathia Publishing
Company. 1v.
- Simith J. et al. Operaciones básicas de Ingeniería
1975 Química. México D.F., Editorial Reverté. 1035 pp.
- Thomson Fred. "Smoothing the flow of materials through
the plant: feeders". Chemical Engineering, Deskbook
Issue (United States, October 30). McGraw-Hill:
77-87
- Van Wim. "Removing the uncertainty in SOLIDS MIXER
SELECTION." Revista Chemical Engineering. (United
States, December). McGraw-Hill:70-77.
- Voland Gerards. Modern Engineering Graphics and
desing. 1t. ed. United States, West Publish
Company. 563pp.
- Wang R. and Fan L. "Methods for Scaling-Up". Revista
1974 Chemical Engineering (United States, May 27).
88-94.
- Weston Fred. et al. Essentials of managerial Finance.
1971 2a. ed. United States, Editorial Holt,
Rinehart and Winston, Inc. 576 pp.
- Yodo para la vida. Yodación de sal en Centroamérica.
1994 UNICEF, Guatemala, C.A. 24pp.

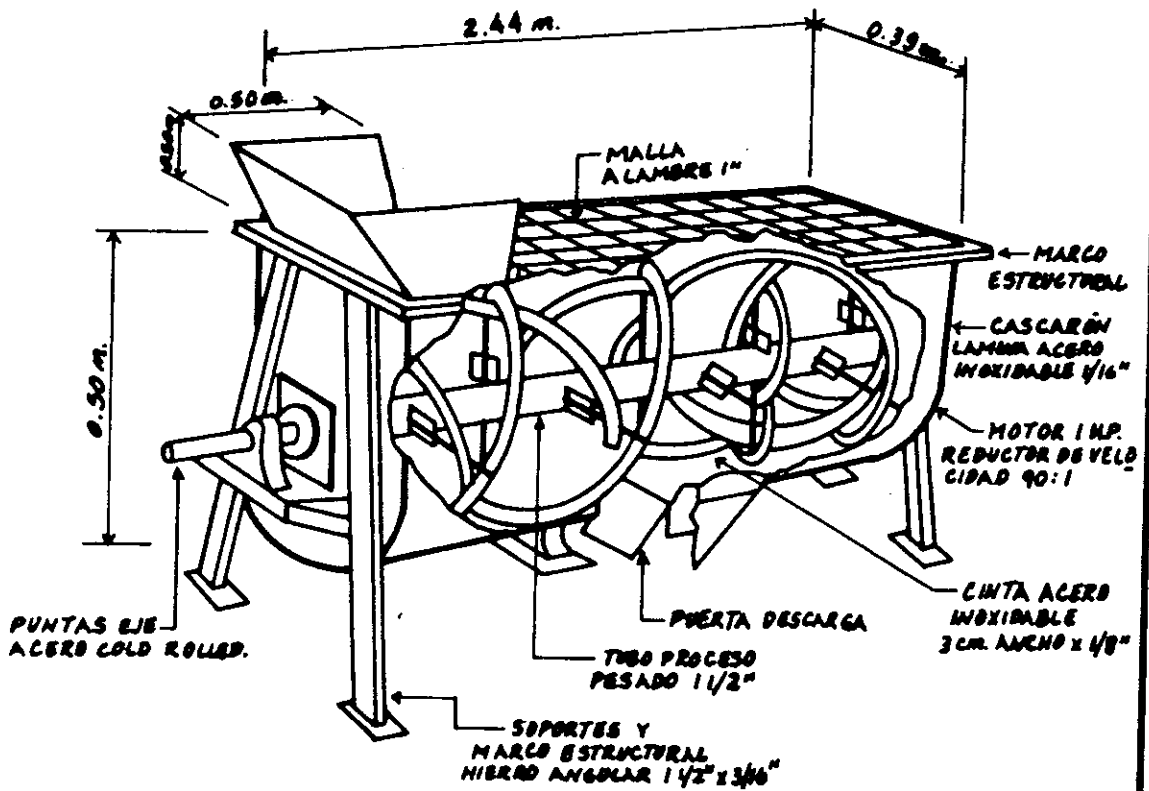
ANEXO

1



MEZCLADOR DE TONEL





MEZCLADOR DE CINTA

ANEXO

2



TRABAJO TORNO Y FRESA CEPILLO TODO TIPO DE TRABAJO EN SOLDADURA DE PUERTAS, BALCONES PORTONES Y ESTRUCTURAS.

Industrias Camelot

PRECISION EN MAQUINAS Y HERRAMIENTAS
ARTEMIO EFRAIN HERRERA

14 CALLE "A" 12-28 ZONA 1 - TELEFONO: 304808
GUATEMALA, C. A.

PROFORMA

Nº 000031

Guatemala, 26 de Noviembre de 1996

Muy señor (es) nuestro (s) María Dña Uribe

Dirección: _____

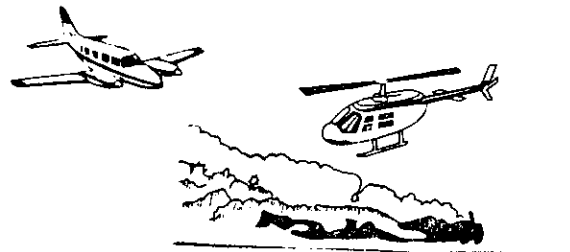
A su requerimiento nos place formularle (s) el (los) precio (s) que a continuación se detalla (n)

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR TOTAL
1	<p>Maquina mezcladora de tonel, fabricada de acero inoxidable, todo de acuerdo con las medidas especificadas, motor 3hp con reductor y sistema electrico</p> <p>Precio incluido mano de obra y materiales</p>	<p>74,930.57</p> <p>Q74,930.57</p>

Al ordenar su trabajo le rogamos depositar el 50% de su valor.

f) Cliente

f) Por Industrias Camelot



TRABAJO TORNO Y FRESA CEPILLO TODO TIPO DE TRABAJO EN SOLDADURA DE PUERTAS, BALCONES PORTONES Y ESTRUCTURAS.

Industrias Camelot

PRECISION EN MAQUINAS Y HERRAMIENTAS
ARTEMIO EFRAIN HERRERA

14 CALLE "A" 12-28 ZONA 1 - TELEFONO: 304808
GUATEMALA, C. A.

PROFORMA

Nº 000032

Guatemala, 26 de Noviembre de 1996

Muy señor (es) nuestro (s) María Dña Uribe
Dirección: _____

A su requerimiento nos place formularle (s) el (los) precio (s) que a continuación se detalla (n)


CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR TOTAL
1	<p>Maquina mezcladora de cintas, fabricada de acero inoxidable de acuerdo medidas especificadas con motor 3Hp y reductor y sistema electrico</p> <p>Precio incluido mano de obra, y materiales</p> <p>15 dias abiles.</p> <p>10% MENOS SIN IVA.</p> <p>17 15,38.38</p>	<p>Q17,094.38</p> <p>Q17,094.38</p>

Al ordenar su trabajo le rogamos depositar el 50% de su valor.



GUATEMALA, 31 DE OCTUBRE 1996

ATENCION A. ING. MARIA PIA URIBE VALLE.
TEL 2325013

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO
	<p>POR FABRICACION DE MEZCLADOR DE UN TONEL PARA MEZCLAR SAL CON YODO, EL TONEL SERA TIPO INCLINADO PARA FACILITAR EL MEZCLADO Y MOVIMIENTO EL MISMO SERA DE ACERO INOXIDABLE CHASIS DE LAMINA EN PERFILES DE UN CUARTO Y TAPADERAS DE LAMINA DE 1/16 ACERO AL CARBONO PINTADO MOTOR DE TRES CABALLOS UN REDUCTOR Y MOVIDO POR POLEAS Y CADENA, TAPADERA TIPO MARINERA.</p> <p>VALOR QUE NO INCLUYE IVA.</p> <p>FORMA DE PAGO. 60% AL ORDENAR EL TRABAJO 40% CONTRA ENTREGA.</p> <p>PRECIO INCLUYE IVA.</p> <p> ----- DANIEL HERNANDEZ.</p>	<p>Q. 21,128.00</p>


Mecánica Industrial

TALLERES
HERNANDEZ



13 Avenida 4-27, Zona 1 Tel/Fax: 251-55-12
Guatemala, C. A.

ATENCION A: ING. MARIA PIA URIBE VALLE.
TEL 2325013

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO
	<p>POR FABRICACION DE MEZCLADOR DE 2 TONELES PRA MEZCLAR SAL CON YODO, LOS TONELES SERAN TIPO INCLINADO PARA FACILITAR EL MEZCLADO, Y FACILITAR EL MOVIMIENTO, LOS MISMOS SERAN DE ACERO INOXIDABLE EL CHASIS SERA FABRICADO EN PERFILES DE 1/4 CON TAPADERAS DE LAMINAS DE 1/16 DE ACERF AL CARBONO PINTADO LLEVARA REDUCTOR MOTOR, POLEA, ESPLOKER Y CADENA. Y TAPADERA TIPO MARINERA.,</p> <p>VALOR QUE NO INCLUYE IVA.</p> <p>FORMA DE PAGO. 60% AL ORDENAR EL TRABAJO 40% CONTRA ENTREGA.</p> <p>PRECIO INCLUYE IVA.</p> <p> ----- DANIEL HERNANDEZ.</p>	<p>Q. 24,800.00</p>

Mecánica Industrial
**TALLERES
HERNANDEZ**




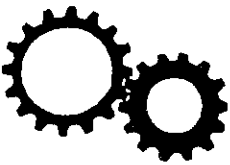
13 Avenida 4-27, Zona 1 Tel/Fax: 251-55-12

Guatemala, C. A.

ATENCIÓN A: ING. MARIA PIA URIBE VALLE.

TEL 2325013

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO
	<p>POR FABRICACION DE MEZCLADOR DE 2 TONELES PRA MEZCLAR SAL CON YODO, LOS TONELES SERAN TIPO INCLINADO PARA FACILITAR EL MEZCLADO, Y FACILITAR EL MOVIMIENTO, LOS MISMOS SERAN DE HIERRO. EL CHASIS SERA FABRICADO EN PERFILES DE 1/4 CON TAPADERAS DE LAMINAS DE 1/16 DE ACERP AL CARBONO PINTADO LLEVARA REDUCTOR MOTOR, POLEA, ESPECKER Y CADENA. Y TAPADERA TIPO MARINERA.,</p> <p>VALOR QUE NO INCLUYE IVA.</p> <p>FORMA DE PAGO. 60% AL ORDENAR EL TRABAJO 40% CONTRA ENTREGA.</p> <p>PRECIO INCLUYE IVA.</p> <p> ----- DANIEL HERNANDEZ.</p>	<p>Q. 20,200.00</p>



TALLERES REA

INDUSTRIA DE MAQUINARIA PARA BENEFICIAR CAFE
Caizada Roosevelt, 34 Av. 0-45, Zona 7 - 01007 Guatemala, C. A.
Telex: 5912893 - 5924744 - 5993682 - 5993692 - 5993702 - (502-2) 5340824

SRTA. MARIA PIA URIBE

COTIZACION

Nº 001918

GUATEMALA. CDAD.

TEL 2325013

FAX 0000000

DIA

MES

AÑO

GUATEMALA 09

12

86

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
01	A CONTINUACION TENGO EL AGRADO DE PRESENTAR EL PRESUPUESTO POR UD. REQUERIDO. FAB. DE DOSIFICADORA PARA SAL: DEPOSITO MEZCLADOR EN MEDIDAS DE 0.77 DIAM. POR 0.85 DE ALTO. FABRICADO EN LAM. DE ACERO INOX. DE 1/16". DICHO DEPOSITO LLEVARA EN SU PARTE EXTERNA UN REFUERZO DE ANGULAR DE 3/16" X 3" DE HIERRO CORRIENTE. CAPACIDAD PROMEDIO 166 LBS./ 5 MIN.		
02	LA BASE SE CONSTRUIRA EN VIGA TIPO "U" DE 3". EN LA CUAL SE INSTALARA LA TRANSMISION Y EL MOTOR P/TRACCION.		
03	LOS SOPORTES DE EL DEPOSITO SERAN MURONES DE EJE TIPO COLD ROLLED, MONTADO SOBRE CHUMACERAS DE COJINETES.		
04	SE INCLUYE: POLEAS, SPROCKETS, FAJAS Y CADENA, ASI COMO EL MOTOR DE 3 H.P. TRIFASICO.		
	VALOR TOTAL		11.600.00
PRECIOS INCLUYEN IVA			
OBSERVACIONES	TIEMPO DE ENTREGA A CONVENIR		
	FORMA DE PAGO 60 % ANTICIO SALDO CONTRA ENTREGA VALIDEZ DE ESTA PROFORMA 15 DIAS		
		TOTAL Q.	

LUIS A. CHACON

POR: TALLERES REA

FIRMA ACEPTACION CLIENTE

TALLERES RÜTTIMANN SUCEORES

MECÁNICO E INDUSTRIAL
FUNDICIÓN

21 CALLE 10-50, ZONA 1
GUATEMALA, C. A.

TEL. 28526
FAX. 28526

Guatemala 26 de noviembre 1996

A : Srita MARIA PIA URIBE
DE : Talleres Ruttimann
ASUNTO : Cotizacion de mezclador de tonel

=====

Estimada Señorita Uribe

Es un placer informarle sobre la fabricacion de un mezclador de tonel de 1 metro de diametro por 1.28 metros de altura fabricado en lamina de acero inoxidable de 1/8 de grueso con eje de soporte de 2" de diametro y chumaceras tipo pesado, marco de angulares de 1/4 po 3" bases para motor y reductor poleas en v y fajas.


VALOR Q.33000.00 iva incluido

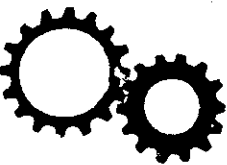
Tiempo de entrega 30 dias habiles
forma de pago 50% anticipo y 50% a la entrega

Nota: el motor y reductor tiene que ponerlos el cliente

Si tiene alguna duda al respecto no deje de consultarnos

Atentamente


Francisco Cuque
jefe de taller



TALLERES REA

INDUSTRIA DE MAQUINARIA PARA BENEFICIAR CAFE
Calzada Roosevelt, 34 Av 0-45, Zona 7 - 01007 Guatemala, C. A.
Tels. 5912890 - 5924744 - 5993682 - 5993692 - 5993702 - (502-2) 5940824

SR/A MARTA RIZ URTEB

COTIZACION

Nº 001877

TEL 2325013
FAX 0000000

DIA MES AÑO
GUATEMALA 13 11 96

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
----------	-------------	----------------	-------------

A CONTINUACION TENGO EL AGRADO DE PRESENTAR EL PRESUPUESTO POR UD. REQUERIDO.

01	FAB. DE DOSIFICADORA PARA SAL YODADA : ESTRUCTURA PRINCIPAL EN ANGULAR DE 1/8" X 1 1/2". CILINDRO DOSIFICADOR HORIZONTAL CONSTRUIDO EN LAM. DE ACERO INOX.. MONTADO SOBRE CHUMACERAS DE COJINETES. SISTEMA DE TRACCION A TRAVES DE MOTOR DE 3 H.P. TRIFASICO CON EJE REDUCTOR DE VELOCIDAD. CAPACIDAD DE MEZCLADO 100 LBS./BACH		10.800.00
----	---	--	-----------

PRECIOS INCLUYEN IVA

OBSERVACIONES:	TIEMPO DE ENTREGA 18 DIAS
	FORMA DE PAGO 60 % ANTICIO SALDO CONTRA ENTREGA VALIDEZ DE ESTA PROFORMA 15 DIAS

TOTAL Q.

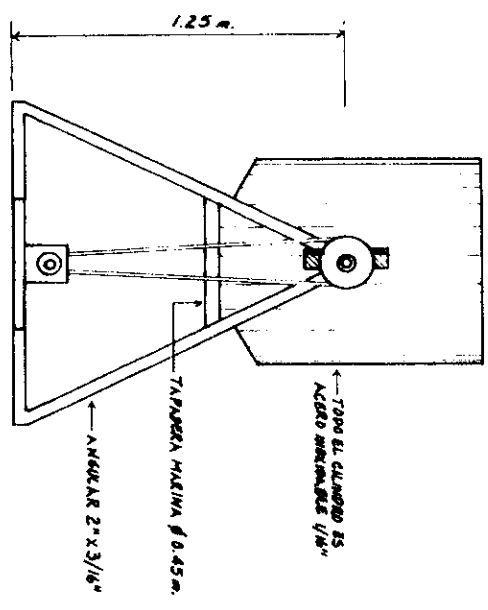
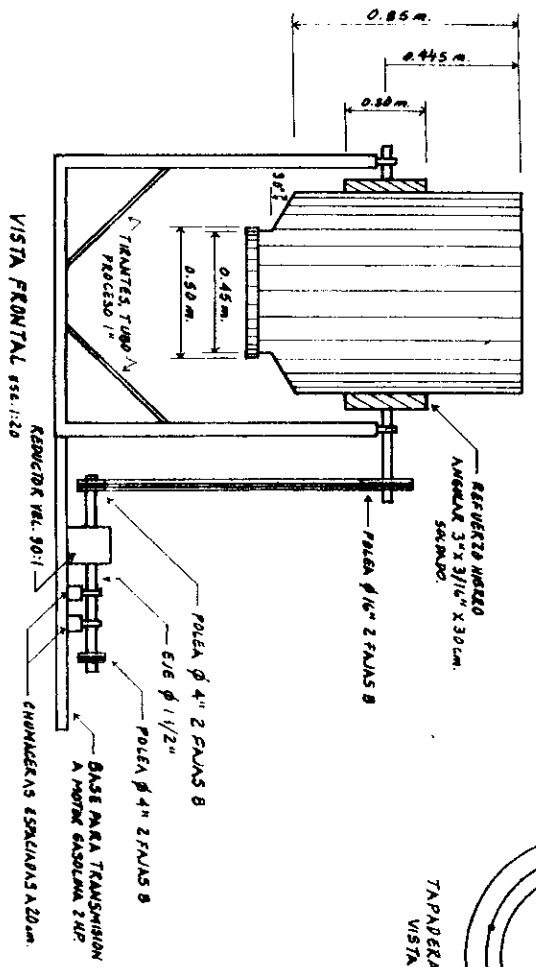
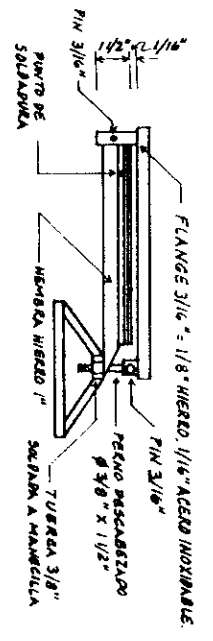
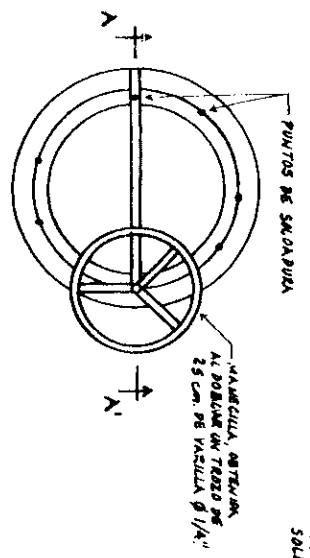
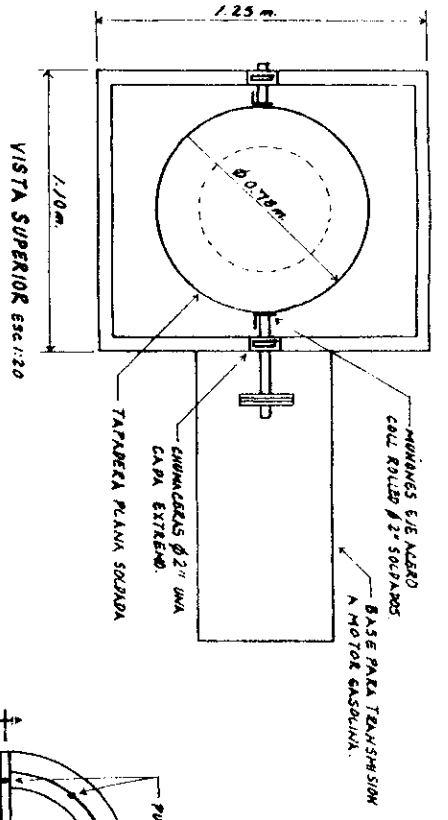
LUIS A. CHACON

POR: TALLERES REA

FIRMA ACEPTACION CLIENTE

ANEXO

3



MEZCLADOR DE TONEL

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA.
 MARIA PIA DE URIBE OVALLE.
 GUATEMALA, FEBRERO 10 1937.
 ESCALA: INDICADA