



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y
DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Wagner Josue Lopez Osorio

Asesorado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y
DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WAGNER JOSUE LOPEZ OSORIO

ASESORADO POR LA INGA. SINDY MASSIEL GODINEZ BAUTISTA.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Huberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y
DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 16 de febrero de 2015.

Wagner Josue Lopez Osorio



Guatemala, 11 enero de 2017.
REF.EPS.DOC.05.01.17.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Wagner Josué López Osorio**, Carné No. **201113792** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseña a Todos"

Inga. Sindy Massiel Godínez de Dávila
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Asesora-Supervisora
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 11 enero de 2017.
REF.EPS.D.05.01.17

Ingeniero
Juan José Peralta
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Peralta:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Wagner Josué López Osorio** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora de Prácticas de EPS



CCdP/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.001.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Wagner Josue Lopez Osorio**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2017.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

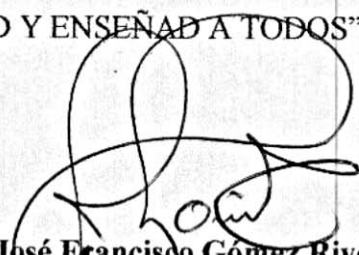


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.028.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Wagner Josue Lopez Osorio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

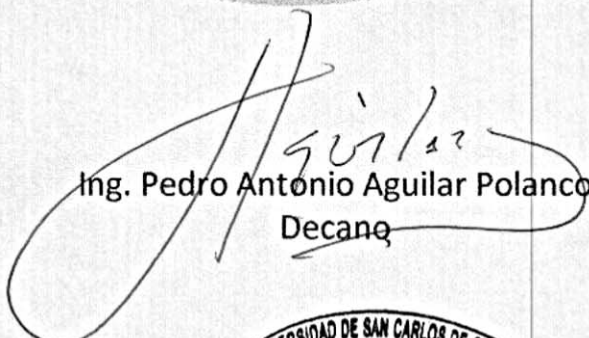


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 122.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE FLÚOR Y YODO PARA SAL, Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE SAL PARA LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERDIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario: **Wagner Josue Lopez Osorio,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme día con día y estar a mi lado sin condición alguna dándome la fuerza y valentía para realizar todas las metas propuestas.
Mis padres	Rumaldo Lopez y Elva Osorio, por ser mi guía y soporte hasta esta etapa de mi vida. Gracias por su apoyo incondicional.
Mis hermanos	Daniel Lopez y Okzammi Lopez, por su apoyo y confianza.
Mi familia	Por creer en mí.
Mi tío	Freddy Osorio, por ser ejemplo de perseverancia y motivación para mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Alma máter, por brindarme la oportunidad de obtener conocimientos ingenieriles.

Facultad de Ingeniería

Por albergarme durante tantos años de formación que permanecerán durante toda mi vida.

Mis amigos de la facultad

Por ser compañeros de lucha a lo largo de toda nuestra formación académica.

Mi asesora

Inga. Sindy Godinez, por ser la mejor guía durante la realización de mi trabajo de graduación.

Facultad de odontología

Por confiar en mis capacidades y permitirme desarrollar este trabajo de graduación.

**Doctores. del área
sociopreventiva de la
Facultad de Odontología**

En especial a Edgar Sánchez y Ernesto Villagrán, por todo el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. GENERALIDADES DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Visión.....	1
1.3. Misión	1
1.4. Objetivo	2
1.5. Estructura organizacional	2
1.5.1. Organigrama.....	3
1.5.2. Unidades	4
1.5.2.1. Unidad sociopreventiva	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL (DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE YODO Y FLÚOR PARA SAL)	7
2.1. Diagnóstico de la unidad sociopreventiva.....	7
2.1.1. Análisis foda	7
2.1.2. Procedimiento de fortificación.....	9
2.1.2.1. Análisis Ishikawa	10
2.2. Diseño de la maquina	10
2.2.1. Criterios de selección	16

2.2.2.	Evaluación de los criterios.....	19
2.2.3.	Selección a optar.....	21
2.2.4.	Parámetros de diseño	21
2.2.4.1.	Capacidad del sistema	22
2.2.4.2.	Especificaciones.....	24
2.2.4.3.	Material.....	30
2.2.4.4.	Diseño de las partes principales.....	36
2.2.4.4.1.	Volumen total del silo	36
2.2.4.4.2.	Tornillo homogenizador	38
2.2.4.4.3.	Grosor del material.....	78
2.2.4.4.4.	Estructura de soporte de la máquina.....	83
2.3.	Manual de construcción de la máquina	98
2.3.1.	Generalidades	98
2.3.1.1.	Objetivos	99
2.3.1.2.	Alcances.....	100
2.3.2.	Procedimientos.....	100
2.3.3.	Diagramas de operaciones.....	120
2.3.4.	Diagramas de ensamble.....	124
2.4.	Mantenimiento de la máquina	125
2.4.1.	Generalidades	125
2.4.2.	Rutinas de mantenimiento.....	126
2.4.2.1.	Fichas de mantenimiento	130
2.4.2.2.	Procedimientos.....	132
2.4.2.3.	Cronograma	149
2.4.2.4.	Requisitos.....	149
2.5.	Fichas de medidas	162
2.6.	Costo de la propuesta	172

2.6.1.	Análisis del costo de los materiales de construcción.....	172
2.6.2.	Cotización realizada a una empresa exterior para el costo de la máquina	178
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. (DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE SAL)	181
3.1.	Diagnóstico de los procedimientos para la producción de sal	181
3.1.1.	Análisis Ishikawa	182
3.1.2.	Proceso de sal	182
3.1.2.1.	Descripción de procedimientos.....	183
3.1.3.	Calidad de sal	184
3.1.3.1.	Descripción de procedimientos.....	185
3.2.	Documentación de procedimientos para la producción de sal	186
3.2.1.	Bombeo de agua de mar	187
3.2.1.1.	Descripción	188
3.2.1.2.	Procedimiento.....	189
3.2.1.3.	Flujograma.....	190
3.2.1.4.	Ficha técnica.....	192
3.2.1.5.	Recurso humano	193
3.2.1.6.	Bitácoras de Registros.....	194
3.2.2.	Evaporación de la salmuera	199
3.2.2.1.	Descripción	200
3.2.2.2.	Procedimiento.....	202
3.2.2.3.	Flujograma.....	203
3.2.2.4.	Ficha técnica.....	205
3.2.2.5.	Recurso humano	206

3.2.3.	Recolección mecánica o manual de la sal.....	210
3.2.3.1.	Descripción.....	211
3.2.3.2.	Procedimiento	212
3.2.3.3.	Flujograma	213
3.2.3.4.	Ficha técnica	215
3.2.3.5.	Recurso humano	216
3.2.3.6.	Bitácoras de registros.....	217
3.2.4.	Lavado del grano.....	218
3.2.4.1.	Descripción.....	219
3.2.4.2.	Procedimiento	220
3.2.4.3.	Flujograma	221
3.2.4.4.	Ficha técnica	223
3.2.4.5.	Recurso humano	224
3.2.4.6.	Bitácoras de registros.....	225
3.2.5.	Centrifugado de la sal	228
3.2.5.1.	Descripción.....	229
3.2.5.2.	Procedimiento	230
3.2.5.3.	Flujograma	231
3.2.5.4.	Ficha técnica	233
3.2.5.5.	Recurso humano	234
3.2.5.6.	Bitácoras de registros.....	235
3.2.6.	Secado de la sal.....	238
3.2.6.1.	Descripción.....	239
3.2.6.2.	Procedimiento	240
3.2.6.3.	Flujograma	241
3.2.6.4.	Ficha técnica	243
3.2.6.5.	Recurso humano	244
3.2.6.6.	Bitácoras de registros.....	245
3.2.7.	Molienda de la sal	247

	3.2.7.1.	Descripción	248
	3.2.7.2.	Procedimiento.....	249
	3.2.7.3.	Flujograma.....	251
	3.2.7.4.	Ficha técnica.....	252
	3.2.7.5.	Recurso humano	253
	3.2.7.6.	Bitácoras de registros	254
3.2.8.		Fortificación con flúor y yodo de la sal.....	258
	3.2.8.1.	Descripción	259
	3.2.8.2.	Procedimiento.....	262
	3.2.8.3.	Flujograma.....	263
	3.2.8.4.	Ficha técnica.....	264
	3.2.8.5.	Recurso humano	265
	3.2.8.6.	Bitácoras de registros	266
3.2.9.		Empacado de la sal	268
	3.2.9.1.	Descripción	269
	3.2.9.2.	Procedimiento.....	270
	3.2.9.3.	Flujograma.....	271
	3.2.9.4.	Ficha técnica.....	272
	3.2.9.5.	Recurso humano	273
	3.2.9.6.	Bitácoras de registros	274
3.3.		Diseño de laboratorio de análisis de calidad	275
	3.3.1.	Ubicación.....	276
	3.3.2.	Dimensionado.....	277
	3.3.3.	Interior de laboratorio.....	278
	3.3.3.1.	Equipamiento.....	278
	3.3.3.2.	Condiciones de seguridad	280
	3.3.3.3.	Condiciones ambientales.....	281
	3.3.3.4.	Distribución del laboratorio	282
	3.3.3.5.	Croquis del laboratorio.....	287

3.3.4.	Análisis a realizar	288
3.3.4.1.	Descripción.....	288
3.3.4.2.	Metodología.....	290
3.3.4.3.	Procedimientos.....	292
3.3.4.4.	Materiales.....	303
3.3.5.	Recurso humano	304
3.3.6.	Costo de la propuesta	305
4.	FASE DE DOCENCIA (PLAN DE CAPACITACIÓN)	306
4.1.	Diagnóstico de las necesidades de capacitaciones	307
4.2.	Plan de capacitaciones	307
4.3.	Evaluación de resultados	329
4.4.	Costo de la propuesta	331
	CONCLUSIONES.....	333
	RECOMENDACIONES	335
	BIBLIOGRAFÍA.....	337
	APÉNDICES.....	341
	ANEXOS.....	345

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Facultad de Odontología	3
2.	Diagrama de Ishikawa.....	10
3.	Mapa conceptual de los mecanismos de mezclado	12
4.	Tabla de densidades–sal común.....	22
5.	Determinación del ángulo de deslizamiento de la sal dentro del silo de mezcla.....	25
6.	Dimensionamiento de la máquina-variables.....	26
7.	Dimensionamiento de la máquina-valores reales.....	30
8.	Dimensionamiento final del silo de mezcla.....	38
9.	Información técnica de sal con respecto al tornillo sin fin.....	40
10.	Bosquejo de la holgura del tubo transportador y la hélice del tornillo. Vista planta	41
11.	Información paso del tornillo	43
12.	Desarrollo del aspa del tornillo homogenizador– vista elevación	45
13.	Desarrollo del aspa del tornillo homogenizador – vista planta	45
14.	Cargas en el alabe del tornillo.....	50
15.	Área de sección para el cálculo de la inercia	56
16.	Diseño propuesto del eje.....	64
17.	Concentración de esfuerzos.....	69
18.	Esfuerzos en cilindros de pared delgada	78
19.	Cálculos del área del tubo.....	86
20.	Longitud efectiva de la estructura de soporte.....	89
21.	Coeficiente de longitud efectiva de la viga	91

22.	Distancia entre los tubos de salida. Vista posterior del silo de mezcla	94
23.	Dimensiones de los tubos de salida del material	95
24.	Válvula de mariposa	96
25.	Válvula de guillotina	97
26.	Soldadura a derecha.....	113
27.	Soldadura a izquierda	113
28.	Soldadura en vertical	114
29.	Soldadura en techo.....	115
30.	Preparación de bordes antes de la soldadura	116
31.	Diagrama de operaciones.....	124
32.	Rotulación de seguridad industrial-prohibido fumar.....	153
33.	Rotulación de seguridad industrial-máquina en movimiento.....	154
34.	Rotulación de seguridad industrial-uso obligatorio de equipo de seguridad.....	155
35.	Rotulación de seguridad industrial-obligatorio lavarse las manos	155
36.	Rotulación de seguridad industrial-estación lavaojos	156
37.	Rotulación de seguridad industrial-salida de emergencia.....	157
38.	Rotulación de seguridad industrial-apague el equipo si no lo utiliza ...	157
39.	Rotulación de seguridad industrial-peligro maquinaria en reparación.	158
40.	Cotización costo total de la construcción de la máquina.....	178
41.	Análisis Ishikawa de los procedimientos para la producción de sal	182
42.	Trabajo sentado en el laboratorio. Distancias y alcances adecuadas para mujer (izquierda) y hombre (derecha)	283
43.	Croquis del laboratorio.....	287
44.	Diagnóstico de las necesidades de capacitaciones.....	307
45.	Planificación del plan de capacitaciones.....	328

TABLAS

I.	Matriz FODA	9
II.	Matriz de ponderación de cada criterio	20
III.	Matriz de decisión para el sistema de mezclado	20
IV.	Composición química del acero inoxidable AISI 304 L	31
V.	Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304 L.....	32
VI.	Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 304L con y sin PVC laminado en frío.....	32
VII.	Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 304L laminado en caliente	32
VIII.	Composición química del acero inoxidable AISI 310 S	33
IX.	Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 310 S	33
X.	Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 310S.....	33
XI.	Composición química del acero inoxidable AISI 316 L.....	34
XII.	Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 316 L.....	35
XIII.	Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 316L con PVC laminado en frío	35
XIV.	Propiedades del acero inoxidable AISI 316L laminado en caliente.....	35
XV.	Factores de seguridad según la carga aplicada	81
XVI.	Composición química del perfil ASTM A500	85
XVII.	Propiedades mecánicas del perfil ASTM A500	85
XVIII.	Peso de cada material propuesto para la estructura de la máquina	87
XIX.	Métodos de corte del acero inoxidable.....	103
XX.	Procedimiento de corte del acero inoxidable.....	104
XXI.	Procedimiento de doblado del acero inoxidable	107

XXII.	Comparativa entre la soldadura en aceros inoxidable vs aceros al carbono	109
XXIII.	Procedimiento de soldado del acero inoxidable.....	119
XXIV.	Diagrama de operaciones del tornillo homogenizador	121
XXV.	Diagrama de operación del silo de mezcla	122
XXVI.	Rutina de mantenimiento del motor eléctrico	126
XXVII.	Rutina de mantenimiento del reductor de velocidad	127
XXVIII.	Rutina de mantenimiento del tornillo helicoidal	128
XXIX.	Rutina de mantenimiento del silo de mezcla.....	129
XXX.	Ficha de mantenimiento del motor eléctrico	130
XXXI.	Ficha de mantenimiento del reductor de velocidad.....	130
XXXII.	Ficha de mantenimiento del tornillo helicoidal	131
XXXIII.	Ficha de mantenimiento del silo de mezcla	131
XXXIV.	Cronograma de mantenimiento	149
XXXV.	Ficha de medidas-eje de potencia	162
XXXVI.	Ficha de medidas-alabe del tornillo	163
XXXVII.	Ficha de medidas-tornillo.....	164
XXXVIII.	Ficha de medidas-tubo de transporte	165
XXXIX.	Ficha de medidas-tubo de transporte y hélice del tornillo	166
XL.	Ficha de medidas-silo de mezcla.....	167
XLI.	Ficha de medidas-tapadera superior de carga de material.....	168
XLII.	Ficha de medidas-especificaciones generales	169
XLIII.	Ficha de medidas-tubos de descarga.....	170
XLIV.	Ficha de medidas-distancia entre tubos de descarga.....	171
XLV.	Costo de equipo de potencia	176
XLVI.	Costo de materiales de construcción	176
XLVII.	Costo de equipo de potencia	179
XLVIII.	Procedimiento de bombeo de agua de mar	189
XLIX.	Flujograma del bombeo de agua de mar	190

L.	Ficha técnica del procedimiento de bombeo de agua de mar	192
LI.	Ficha de recurso humano procedimiento de bombeo de agua de mar	193
LII.	Bitácora de registros de la densidad de agua de mar	194
LIII.	Bitácora de registros cantidad de pozos para la salmuera	195
LIV.	Bitácora de registros tiempo de bombeo de salmuera	196
LV.	Bitácora de registros de cantidad de salmuera bombeada	197
LVI.	Bitácora de registros de la densidad de la salmuera en las eras	198
LVII.	Procedimiento de la evaporización de la salmuera	202
LVIII.	Flujograma del procedimiento de evaporización de la salmuera	203
LIX.	Ficha técnica del procedimiento de evaporización de salmuera	205
LX.	Ficha de recurso humano del procedimiento de evaporización de salmuera	206
LXI.	Bitácora de registros del estado del plástico de los patios	207
LXII.	Bitácora de registros de la densidad de la salmuera en el cristalizador	208
LXIII.	Bitácoras de registro del estado de la sal cruda obtenida	209
LXIV.	Procedimiento de la recolección mecánica de la sal	212
LXV.	Flujograma de la recolección de la sal cruda	213
LXVI.	Ficha técnica del procedimiento de recolección mecánica de sal cruda	215
LXVII.	Ficha de recurso humano del procedimiento de recolección de sal	216
LXVIII.	Bitácora de registros del nivel y tipo de sedimentos observados	217
LXIX.	Procedimiento del lavado de la sal	220
LXX.	Flujograma del procedimiento de lavado de la sal	221
LXXI.	Ficha técnica de procedimiento de lavado de sal	223
LXXII.	Ficha de recurso humano del procedimiento de lavado de sal	224
LXXIII.	Bitácora de registros del flujo de lavado	225

LXXIV.	Bitácora de registros del flujo de carga de sal	226
LXXV.	Bitácora de registros del flujo de agua de mar suministrada	227
LXXVI.	Procedimiento del centrifugado de la sal	230
LXXVII.	Flujograma del procedimiento de centrifugado	231
LXXVIII.	Ficha técnica del procedimiento de centrifugado de la sal.....	233
LXXIX.	Ficha de recurso humano del procedimiento de centrifugado	234
LXXX.	Bitácora de registros de los parámetros de centrifugado.....	235
LXXXI.	Bitácora de registros nivel de humedad antes del centrifugado.....	236
LXXXII.	Bitácora de registros del nivel de humedad después del centrifugado	237
LXXXIII.	Procedimiento del secado de la sal	240
LXXXIV.	Flujograma del procedimiento de secado de sal.....	241
LXXXV.	Ficha técnica del procedimiento de secado de sal.....	243
LXXXVI.	Ficha de recurso humano del procedimiento de secado de sal	244
LXXXVII.	Bitácora de registros de los parámetros de secado de la secadora	245
LXXXVIII.	Bitácora de registros del grado de humedad de la sal.....	246
LXXXIX.	Procedimiento de molienda de la sal	249
XC.	Flujograma del procedimiento de molienda	251
XCI.	Ficha técnica del procedimiento de molienda de sal.....	252
XCII.	Ficha de recurso humano del procedimiento de molienda.....	253
XCIII.	Bitácora de registros de los parámetros de molienda	254
XCIV.	Bitácora de registros de la cantidad de sal fina obtenida.....	255
XCV.	Bitácora de registros de la cantidad de sal de grano grueso obtenida	256
XCVI.	Bitácora de registros de la cantidad de sal de grano uniforme obtenida	257
XCVII.	Procedimiento de la fortificación de la sal con yodo y flúor.....	262
XCVIII.	Flujograma de la fortificación de la sal con yodo y flúor.....	263

XCIX.	Ficha técnica del procedimiento de fortificación de la sal con yodo y flúor.....	264
C.	Ficha de recurso humano del procedimiento de fortificación de sal con yodo y flúor	265
CI.	Bitácora de registros de parámetros de la premezcla de yodo y flúor	266
CII.	Bitácora de registros del grado de homogeneidad de la mezcla	267
CIII.	Procedimiento del empaçado de la sal.....	270
CIV.	Flujograma del procedimiento de empaçado de la sal	271
CV.	Ficha técnica del procedimiento de empaçado de la sal.....	272
CVI.	Ficha de recurso humano del procedimiento de empaçado de sal.....	273
CVII.	Bitácora de registros de los ajustes de la báscula	274
CVIII.	Bitácora de registros de la cantidad de sacos empaçados	275
CIX.	Procedimiento para el análisis de yodo en la sal	295
CX.	Cálculos para el análisis de yodo en la sal.....	296
CXI.	Preparación de las soluciones de referencia.....	300
CXII.	Acondicionamiento del electrodo	302
CXIII.	Medición de las muestras.....	302
CXIV.	Cálculos para el análisis de flúor en la sal	303
CXV.	Materiales para análisis de yodo en la sal.....	303
CXVI.	Materiales para análisis de flúor en la sal	304
CXVII.	Ficha de recurso humano para laboratorio de calidad	304
CXVIII.	Costo de la propuesta de la construcción del laboratorio de calidad.....	305
CXIX.	Personas responsables del plan de capacitación	309
CXX.	Procedimiento de plan de capacitaciones	326
CXXI.	Formato de evaluación de resultados	330
CXXII.	Costo de la propuesta del plan de capacitaciones	332

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
S	Azufre
CV	Caballos de vapor
C	Carbono
q	Carga
Cr	Cromo
D_h	Diámetro de la hélice
D_t	Diámetro del tubo de transporte
S_y	Esfuerzo de fluencia del material
σ_f	Esfuerzo flector
e	Espesor
FS	Factor de seguridad
V	Fuerza cortante
P	Fósforo
g	Gravedad
L	Litros
Mn	Manganeso
Mpa	Megapascales
mm	Milímetros
I	Momento de inercia
J	Momento polar de inercia
Ni	Níquel
S	Paso del tornillo

R	Radio mayor
r	Radio menor
n	Revoluciones
Si	Silicio
ΣF	Sumatoria de fuerzas
tm	Tonelada métrica
T	Torque

GLOSARIO

Acople	Elemento de una máquina que permite la unión entre dos ejes paralelos para la comunicación entre ambos.
Accionamiento	Puesta en marcha de un mecanismo que controla el accionamiento del motor o parte mecánica.
Adversos	Que está opuesto materialmente a alguna cosa o colocado enfrente de ella.
Agilizar	Hacer un movimiento, un proceso, etc., rápido y fácil.
Alabe	Diente de la rueda de un mecanismo dispuesto de manera que al pasar una lengüeta, varilla o mazo lo levanta y deja caer después.
Asesoría	Ayuda que otorga a la hora de resolver dudas específicas en el área de interés.
Aspa	Conjunto formado por dos o más brazos unidos en forma de X y que gira movido por la fuerza del viento o la electricidad.

Bosquejo	Diseño o proyecto de una obra artística, hecho de manera provisoria, solamente con los elementos esenciales.
Burocracia	Conjunto de actividades y trámites que hay que seguir para resolver un asunto de carácter administrativo.
Canalón	Conducto que recibe el agua de los tejados y la conduce a tierra.
Carcaza	Armazón exterior de una cosa u objeto.
Caudal	Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.
Conjuntamente	Con unión o conjunto de dos o más cosas en un mismo sujeto o lugar.
Corrosión	Desgaste progresivo de una superficie por rozamiento o por una reacción química.
Coste	Cantidad de dinero que vale una cosa o que cuesta hacerla o producirla.
Criterios	Es el juicio o discernimiento de una persona.
Diagnóstico	Que sirve para reconocer o identificar.

Dimensiones	Es un número relacionado con las propiedades métricas o topológicas de un objeto matemático.
Distribuida	Dividir o repartir una cosa entre varias personas señalando lo que le corresponde a cada una.
Mantenibilidad	Es la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.
Mesones	Mesa o tabla en donde se colocan objetos.
Momento flector	Momento de flexión de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.
Oblicuo	Que está en una posición media entre la vertical y la horizontal.
Pertinente	Se aplica a cada uno de los rasgos fonológicos que caracterizan a un elemento distinguiéndolo de los demás dentro del sistema y que sirven a veces para diferenciar significados.
Ponderación	Cuidado, consideración o medida con que se hace o se dice una cosa.

Refractario	Se aplica al cuerpo o al material que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni destruirse.
Rendimiento	Producto o utilidad que da una persona o cosa.
Satisfacer	Cubrir una necesidad, conceder un deseo o realizar aspiraciones.
Suministro	Acción de dar o proporcionar una cosa que se necesita.

RESUMEN

A lo largo de los años en Guatemala se han creado diferentes programas para la fortificación de alimentos en pro del bienestar de la población, algunos han sido muy exitosos y se ha logrado concretar dichos proyectos. En el caso de la producción de sal en Guatemala no ha sido la excepción, ya que hace más de 50 años creó un programa para la fortificación con yodo, y unos años después se adicionó a esta fortificación el flúor, sin embargo, a pesar de la antigüedad de su implementación aún no se tiene sal fortificado con yodo y flúor en todos los hogares de las familias guatemaltecas.

Las razones por las cuales no se cumple este programa de fortificación son diversas pero la que afecta de forma directa es la falta de una máquina que mezcle el yodo y flúor con la sal cruda a bajo costo y eficazmente, por esa razón, se da lugar la creación de este proyecto.

En el presente informe se realiza la propuesta del diseño de una máquina mezcladora de yodo y flúor para sal, basado en diferentes herramientas ingenieriles para asegurar el éxito de la misma. Este diseño comienza con el diagnóstico de la problemática a mitigar tomando como línea base diferentes tipos de mecanismos de mezcla para adecuar el más factible a nuestra necesidad. Teniendo definido el mecanismo a utilizar, se analizaron todos los cálculos necesarios que el diseño conlleva dando la veracidad y seguridad que todo lo propuesto por este informe está avalado por pruebas técnicas de la ingeniería.

A este diseño se agrega la documentación de los procedimientos para la producción de sal, los cuales al aplicarlos se garantiza que la sal cumple con estándares básicos de calidad que permiten realizar el procedimiento de fortificado con yodo y flúor de una manera eficaz, cumpliendo con los objetivos del acuerdo de fortificación para sal en Guatemala.

OBJETIVOS

General

Diseño de una máquina fortificadora de flúor y yodo para sal y propuesta de una mejora en los procedimientos de producción de sal cruda en Guatemala para la Facultad de Odontología.

Específicos

1. Analizar las condiciones idóneas bajo las cuales se debe realizar el diseño de la máquina.
2. Analizar los procedimientos necesarios para la fortificación de sal.
3. Realizar un análisis técnico para determinar el tipo de máquina fortificadora que se adecua a las necesidades de los microempresarios.
4. Diseñar una máquina fortificadora de sal que permita a los microssalineros producir sal con flúor y yodo contribuyendo a la disminución de enfermedades por falta de dichos minerales.
5. Documentar los procedimientos de producción de sal para una mejora en la producción de sal.
6. Diseñar un plan de capacitación para las personas de la Facultad de Odontología para alimentar con temas de necesidad el conocimiento que permita un buen desarrollo del proyecto.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Odontología a lo largo de su historia ha creado muchos profesionales de éxito que día con día contribuyen al desarrollo de nuestro país, pero dicha facultad no se limita únicamente a eso; también, busca la mejora de nuestro país de forma indirecta un ejemplo de esto es la participación activa en el programa de fortificación para la sal en Guatemala.

Dicha facultad tiene, crea y busca soluciones desde el área de odontología sociopreventiva a la problemática de la falta de fortificación de yodo y flúor a la sal producida en Guatemala.

Con base en esto nace la búsqueda de una solución factible que mitigue esta falta de fortificación en este alimento guatemalteco; para lo cual, por medio del presente ejercicio profesional supervisado, se plantea la creación de una propuesta de una máquina mezcladora de yodo y flúor.

El diseño de esta máquina se basa en varios criterios: bajo costo, fácil uso y su posible fabricación. Dentro de este informe se encuentran todas las técnicas y herramientas utilizadas para la propuesta del diseño que permiten confiar en todo lo aquí propuesto.

La máquina consiste en un silo de mezcla formado por un cilindro y un cono truncado dentro del cual se instala un tornillo vertical dentro de un tubo de transporte, el cual transporta la sal desde la parte inferior hasta la superior logrando un mezclado utilizando la gravedad en un proceso cíclico. El material

de construcción de la máquina es acero inoxidable, a diferencia de la estructura, esto con el fin de asegurar la durabilidad e inocuidad de la máquina.

Este diseño se complementa con la documentación de los procedimientos de los procesos para la producción de sal, los cuales contiene todos los aspectos técnicos e industriales para asegurar la máxima calidad de la sal producida por las salineras en Guatemala. Esta documentación posee diagramas de proceso, ficha técnica, recurso humano y bitácoras de registros por cada procedimiento; las cuales son herramientas que permiten realizar un proceso de producción ordenado y programado en el cual se aseguró la máxima calidad y el aseguramiento de que la sal producida en Guatemala es apta para fortificar.

Por último, y no menos importante, se propone un plan de capacitaciones para los docentes del área de odontología sociopreventiva con el fin de proveerles de los conocimientos necesarios para que se planteen mejores y nuevas soluciones a la problemática de la falta de fortificación de yodo y flúor en la sal.

1. GENERALIDADES DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

1.1. Descripción

Es una unidad académica encargada de orientar al estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje hacia la formación de recursos humanos estomatológicos adecuados para Guatemala, con una base científica sólida y con capacidad para aplicar de forma teórica y práctica el enfoque científico para la búsqueda de soluciones a los problemas del ejercicio de la profesión, bajo normas éticas y de servicio, que mediante la aplicación de un enfoque preventivo e integral logren un impacto eficaz en el mejoramiento de la salud bucal en la mayoría de la sociedad guatemalteca.

1.2. Visión

“Construir una facultad competitiva e involucrada de forma institucional en el contexto nacional, regional e internacional, formando profesionales en estomatología certificados y acreditados, éticos, responsables y dedicados a la prevención y curación de enfermedades bucales; comprometidos además con su entorno social y desarrollo sostenible de la población guatemalteca¹.”

1.3. Misión

“Formar recurso humano en el área de conocimiento estomatológico, con excelencia académica y de vanguardia, mediante la educada planificación de

¹ Facultad de Odontología, Usac. *Misión y Visión*. <https://issuu.com/fousac/docs/facodontologia>. Consulta: 25 de febrero de 2015.

programas de investigación, y docencia y extensión, teniendo en cuenta la diversidad cultural, social y lingüística del país. Siempre con valores éticos, responsables y comprometidos con el desarrollo sostenible nacional y regional².”

1.4. Objetivo

“Proporcionar las condiciones adecuadas para que el futuro estomatólogo obtenga los conocimientos y desarrolle habilidades intelectuales y psicomotoras, hábitos y actitudes esenciales para el ejercicio de una estomatología técnica, científica, ética y socialmente adecuada para Guatemala, que tome en consideración el ambiente total y que otorgue los servicios de salud estomatológicos más eficaces y eficientes, tanto de carácter individual como colectivo³.”

1.5. Estructura organizacional

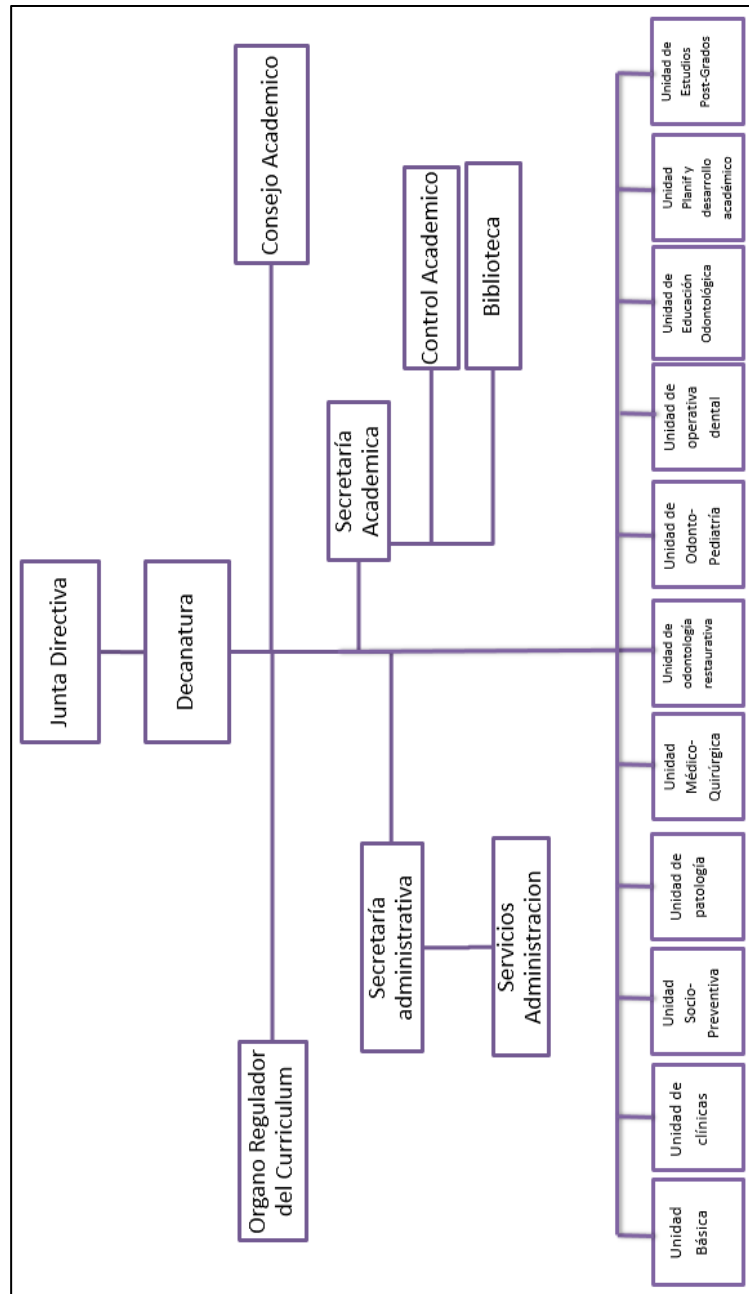
La Facultad de Odontología como toda entidad organizada, cuenta con una estructura jerárquica la cual se rige su desarrollo, caracterizando a cada una de sus unidades por mantener la mejora continua bajo la guía de junta la directiva, el supremo órgano de la facultad.

² Facultad de Odontología, Usac. *Misión y Visión*. <https://issuu.com/fousac/docs/facodontologia>. Consulta: 25 de febrero de 2015.

³ *Ibíd.*

1.5.1. Organigrama

Figura 1. Organigrama de la Facultad de Odontología



Fuente: elaboración propia

1.5.2. Unidades

Las unidades de la Facultad de Odontología conforman un grupo de 11 unidades encargadas de desarrollar la formación de todos sus estudiantes trabajando de manera conjunta proporcionan los conocimientos necesarios para formar profesionales.

Las unidades que conforman a la Facultad de Odontología son las siguientes:

- Unidad básica
- Unidad de clínicas
- Unidad socio-preventiva
- Unidad de patología
- Unidad médico-quirúrgica
- Unidad de Odonto-pediatría
- Unidad de operativa dental
- Unidad de educación odontológica
- Unidad planificadora y desarrollo académico
- Unidad de estudios de post-gradados

1.5.2.1. Unidad sociopreventiva

“El área de odontología sociopreventiva es una de las divisiones docente-administrativas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, encargada de formar y capacitar a los estudiantes y profesores en el enfoque colectivo (a partir del enfoque individual), del proceso salud-enfermedad bucal de la población guatemalteca. Para ello fundamenta su acción en la teoría y práctica de la salud pública en sus cimientos de ciencias

básicas, enfoque preventivo, factores psicobiológicos, étnico-culturales y socioeconómicos⁴.”

“El objetivo principal de esta unidad es el de contribuir por medio de acciones programadas sistemáticamente a la formación de recursos humanos odontológicos, en actitud científica para el análisis y la comprensión del problema social de la población guatemalteca, en lo relativo a la salud bucal, proporcionando los recursos científicos y técnicos necesarios para contribuir a la solución de los mismos en el nivel colectivo, a partir del enfoque individual⁵.”

“Las funciones de esta área se estructuran en cuanto a niveles correspondientes a tercero, cuarto y quinto años de la carrera de Cirujano Dentista, por medio de los cursos de odontología preventiva y social I, II y III, a lo largo de los cuales se incrementa progresivamente el enfoque colectivo del proceso salud enfermedad bucal y las acciones de salud, hasta culminar con el sexto año, con el llamado ejercicio profesional supervisado (EPS)⁶”

⁴ Facultad de Odontología. *Manual de organización*. p. 16.

⁵ *Ibíd.*

⁶ *Ibíd.*

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL (DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE YODO Y FLÚOR PARA SAL)

2.1. Diagnóstico de la unidad sociopreventiva

Para realizar el diagnóstico de la unidad sociopreventiva se utilizó una herramienta: la matriz FODA. Con esta matriz se evalúan 4 áreas importantes del área de odontología sociopreventiva; con estas se tiene un mejor criterio de evaluación que permita tener una conclusión concisa y clara del estado actual de la unidad de odontología sociopreventiva.

2.1.1. Análisis foda

- Fortalezas
 - Conocimiento del proceso de producción de sal
 - Experiencia sobre la problemática en la fortificación de sal
 - Proactividad en la búsqueda de soluciones a diversas problemáticas.
 - Buenas relaciones con los salineros guatemaltecos
 - Catedráticos capacitados académicamente
 - Fuerte responsabilidad social
 - Excelente ambiente dentro de la unidad

- Debilidades
 - Falta de recursos financieros
 - Lentitud en la gestión de proyectos
 - Sobrecargo de trabajo y proyectos en la unidad

- Falta de tiempo para proyectos externos por trabajos internos
- Falta de recursos materiales

- Oportunidades
 - Entidades externas que apoyan diferentes proyectos de la unidad
 - Asesoría externa para futuros proyectos
 - Facilidad de contactos
 - Nuevos proyectos que aporten soluciones a diferentes problemáticas.
 - Ampliación de conocimientos por parte de los catedráticos

- Amenazas
 - Reducción del presupuesto destinado a la Facultad de Odontología.
 - Falta de desarrollo académico de los catedráticos del área.
 - Imposición burocrática para la elaboración de proyectos externos.
 - Cambios adversos en las normativas de la Facultad de Odontología.
 - Cambio de director dentro del área.

Tabla I. **Matriz FODA**

Factores internos Factores externos	<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Catedráticos capacitados académicamente. 2. Fuerte responsabilidad social. 3. Experiencia sobre la problemática en la fortificación de sal. 4. Proactividad en la búsqueda de soluciones a diversas problemáticas. 	<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de recursos financieros. 2. Lentitud en la gestión de proyectos. 3. Sobrecargo de trabajo y proyectos en la unidad.
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entidades externas que apoyan diferentes proyectos de la unidad. 2. Asesoría externa para futuros proyectos. 3. Facilidad de contactos. 4. Ampliación de conocimientos por parte de los catedráticos. 	<p style="text-align: center;">FO (Maxi-Maxi)</p> <p>Estrategia: utilizar el recurso humano de AOSP para la realización de proyectos que faciliten una mejora en los problemas nacionales con el uso de los programas de ayuda de las diferentes instituciones de apoyo hacia el área.</p>	<p style="text-align: center;">DO (Mini-Maxi)</p> <p>Estrategia: aprovechar de manera eficiente el recurso económico y académico que se provee al área de AOSP agilizando la realización de proyectos externos del área logrando una reducción de carga de trabajo dentro de la misma.</p>
<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción del presupuesto destinado para el área. 2. Imposición burocrática para la elaboración de proyectos. 3. Cambios adversos en las normativas de la Facultad de Odontología. 	<p style="text-align: center;">FA (Maxi-Mini)</p> <p>Estrategia: desarrollar nuevas investigaciones que permitan contribuir soluciones efectivas a otras problemáticas a nivel nacional con el uso de manera efectiva de los recursos disponibles del área.</p>	<p style="text-align: center;">DA (Mini-Mini)</p> <p>Estrategia: rediseñar los procedimientos de aprobación de proyectos por medio de una evaluación de prioridades de los mismos y adecuarlos a los nuevos cambios normativos dentro de la facultad.</p>

Fuente: elaboración propia.

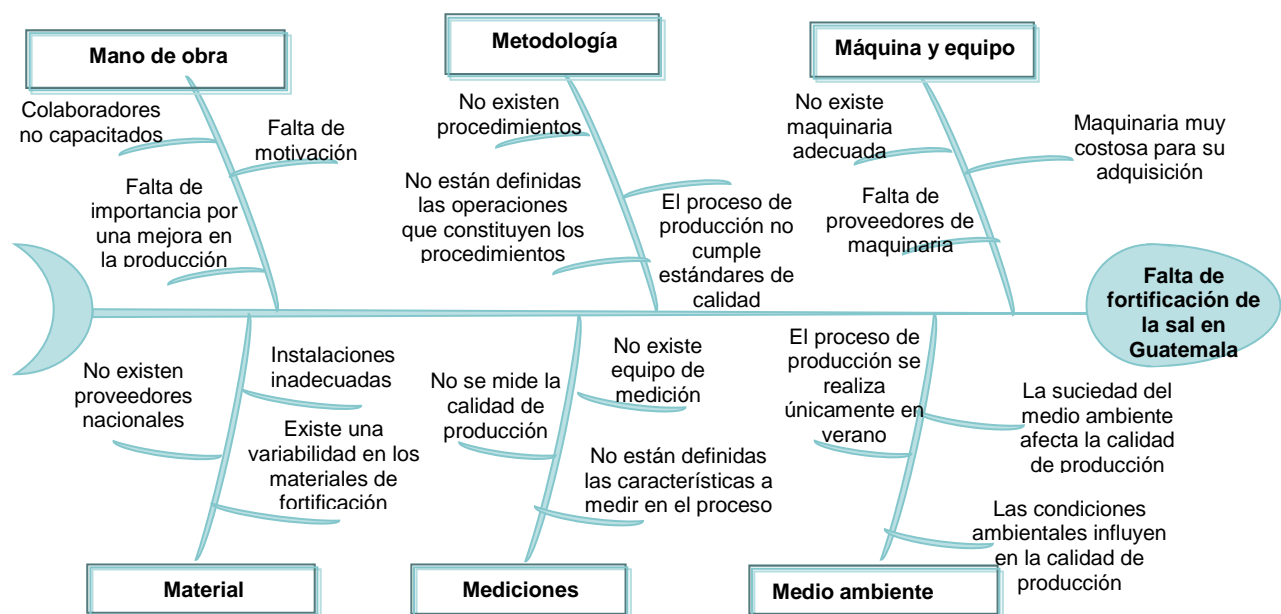
2.1.2. Procedimiento de fortificación

El procedimiento de fortificación en Guatemala es un procedimiento muy escaso de realizar por parte de los salineros de dicho país; por tanto, la producción de sal no contiene los niveles mínimos necesarios de yodo y sal, y en muchas ocasiones no contiene ninguno de estos dos minerales. Para

identificar las causas principales de esta problemática se hará uso de otra herramienta importante para un mejor diagnóstico: el análisis Ishikawa.

2.1.2.1. Análisis Ishikawa

Figura 2. Diagrama de Ishikawa



Causa raíz: Falta de una máquina mezcladora de yodo y flúor para sal para la microindustria salinera.

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de la maquina

El diseño de la máquina está conformado por varias etapas principales que se deben desarrollarse con mucha precisión para lograr los objetivos propuestos. Estas etapas conjuntamente se desarrollan bajo unas mismas generalidades las cuales se deben tomar en cuenta antes de realizar los

procedimientos necesarios para su diseño; dichas generalidades se presentan a continuación.

- Requerimientos de la máquina

La máquina debe tener una capacidad máxima de mezclado de 1 tonelada por corrida; esta cifra se determinó por medio de la producción promedio de los micro salineros, los cuales tienen una producción diaria de una tonelada. Debe ser una máquina de bajo costo de fabricación, de fácil uso y mantenimiento. Además la maquina debe trabajar con energía eléctrica y utilizar materiales de construcción disponibles en el mercado guatemalteco.

- Limitaciones

La principal limitación es la falta de información acerca de los procedimientos de producción de sal; para obtener el mayor grado de homogeneidad en la mezcla se deben cumplir ciertas características en la sal. Estas características han sido muy difíciles de recolectar ya que en Guatemala existe muy poca información acerca de los procedimientos de producción de sal.

- Exigencias

Debe cumplir con las normas sanitarias establecidas en Guatemala para el manejo de alimentos, dentro de los cuales se tiene el acuerdo 29-2004 para la fortificación de sal. Además, debe ser una máquina de fácil fabricación y no debe de causar daños al medio ambiente.

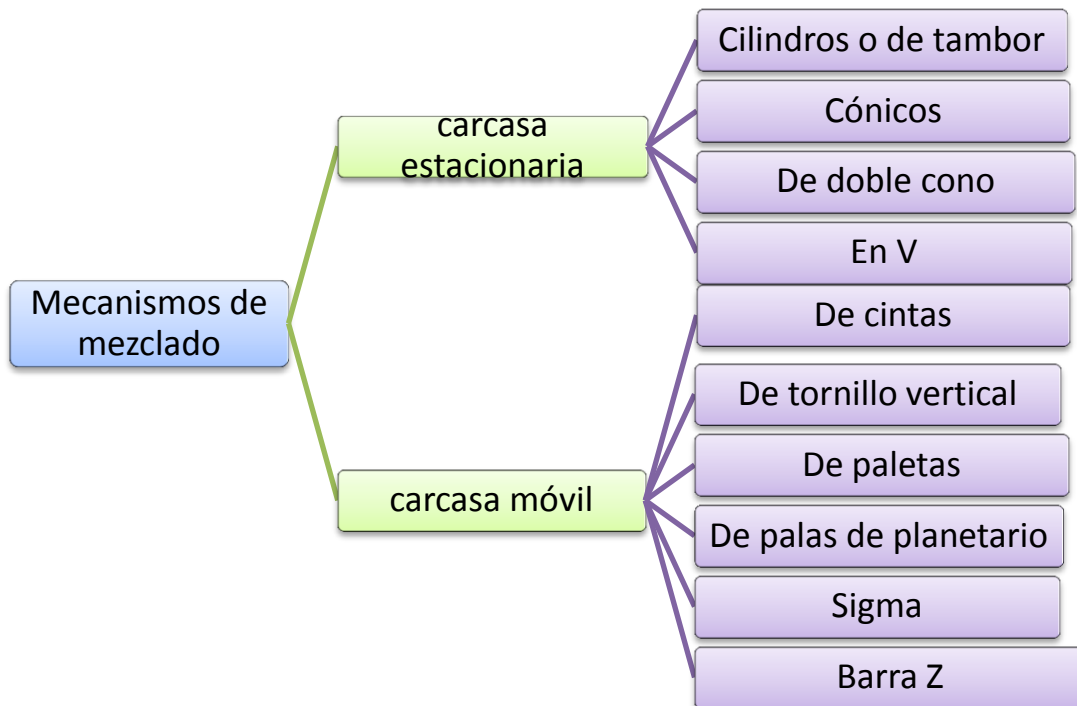
- Tareas a realizar por la máquina

La máquina debe mezclar con el grado más alto de homogeneidad flúor y yodo con la sal cruda. La máquina no puede ser utilizada para otra tarea más que la designada anteriormente.

- Mecanismos de mezclado

Después de conocer estas generalidades se necesita analizar el sistema de mezclado a utilizar. Tienen varios sistemas de mezclado los cuales se mencionan en el siguiente mapa conceptual.

Figura 3. **Mapa conceptual de los mecanismos de mezclado**



Fuente: elaboración propia.

- Análisis de las características de los mecanismos de mezclado

Cada uno de los mecanismos del mapa conceptual posee diferentes características de las cuales se deben enfocar en el tipo de mezclado que estos posee, para ello se analizará los tres grupos principales de mecanismos de mezclado con sus respectivos criterios de selección.

- Mescladores móviles
 - Facilidad para cargar, descargar y limpiar
 - Versátiles
 - Materiales friables (materiales que se desmenuzan fácilmente)
 - No para materiales cohesivos
 - Mezclado difusivo suave
- Mezcladores estacionarios con agitación interna
 - Pueden realizar malaxado (Granulación húmeda)
 - No para materiales friables
 - Mezclado convectivo y difusivo
- Mezcladores estáticos.
 - Materiales poco cohesivos, que segregan con facilidad
 - Método de mezclado convectivo
- Selección de 3 alternativas para el mecanismo de mezclado

Es necesario determinar las alternativas que se tienen para definir un mecanismo de mezclado para la máquina. Estas se definen con base en las características que se adecuan al procedimiento de mezcla yodo y flúor con la sal. Se sabe que la sal ya procesada industrialmente no contiene un alto grado

de cohesividad y tampoco es friable (se desmenuza fácilmente) por lo que cumple las características de los mezcladores estáticos y mezcladores con agitación interna. Del mismo modo se tomó en cuenta la abrasividad de la sal para la selección de las alternativas, esta es de grado medio y es necesario considerarla ya que para los mezcladores móviles por tener contacto en todas las paredes internas del silo de mezcla genera un desgaste por abrasión al material de construcción, esto a su vez repercute significativamente en la vida útil de la máquina. Por último, se tomará en cuenta el mezclado que cada grupo de mecanismos posee; mezclado convectivo con movimiento de masas de partículas relativamente grandes para luego desintegrarse y formar un mezclado entre partículas unitarias, mezclado difusivo con un movimiento aleatorio individual de partículas y cizalla con un movimiento de planos de deslizamiento en la masa de polvo en el interior del mezclador.

Después de analizar las características de cada uno de los sistemas se opta por elegir 3 tipos, los cuales son los que más se adecuan a las necesidades a satisfacer por la máquina a diseñar, los cuales se detallan a continuación.

- Mezclador de doble cono

Está compuesto por un cilindro y dos conos en sus extremos. Este sistema es de fácil construcción, además de que la carga y descarga de materia prima y del producto se pueden realizar por cualquiera de los conos. Gira a una velocidad baja, entre 50 y 100 rpm lo que supone una larga vida útil de los elementos giratorios. La capacidad de carga máxima es del 60 % del volumen total, para obtener un mezclado adecuado. La inercia de toda la masa rotativa requiere de un motor o motorreductor de mayor potencia para su funcionamiento elevando sus costos de producción y disminuyendo la vida útil

por el constante movimiento rotatorio. El mezclado ocurre por difusión y por fallas.

- Mezclador de tambor oblicuo

Está compuesto por un cilindro inclinado y su eje de rotación es a lo largo. Va a girar a baja velocidad como en el caso anterior. Su construcción es muy sencilla y el motorreductor a utilizar requiere de menor potencia que el anterior. La carga y la descarga tienen un grado mayor de dificultad ya que depende del diseño final para buscarle una compuerta adecuada. Como en el caso anterior el mezclado se da por difusión y por fallas. Este tipo de mezclador es muy utilizado en industrias farmacéuticas y alimenticias por su alto grado de uniformidad en la mezcla, buena hermeticidad y bajo ruido, lo que produce un elevado costo de producción del mismo.

Es de fácil uso y no ocupa demasiado tamaño pero conlleva a la realización de bastante mantenimiento por el modo de operar. En su mayoría posee solo una compuerta de carga y descarga lo que facilita más el uso del mismo. La vida útil del mismo depende del tipo de material de mezcla pero por el método de mezclado de rotar todo el silo esta se disminuye por estar en contacto todo el silo con el material de mezcla.

La humedad de igual forma es un criterio a tomar en cuenta, sabiendo que para cuando la sal llegue a esta etapa del proceso de producción la misma posee un porcentaje de al menos 2 % de humedad el mecanismo de mezclado a elegir debe ser capaz de trabajar bajo esta condición, para lo cual los mecanismos estacionarios con agitación interna producen un mezclado con este tipo de materiales húmedos y a diferencia de los mezcladores móviles en los cuales existe la probabilidad de que existan aglutinamientos.

- Mezclador de tornillo vertical

Este sistema, a diferencia de los dos anteriores, consta de una carcasa o casco fijo, y la mezcla se realiza gracias a un tornillo sin fin, es decir, por convección. El giro del tornillo se realiza a una velocidad aproximada de 200 a 400 rpm, por lo que se requiere de un motorreductor de menor capacidad y esto disminuirá los costos sin duda alguna. El sistema es muy fácil de cargar, así como de descargar el producto. La vida útil depende prácticamente del tornillo vertical ya que el mismo es único que presenta desgaste debido a movimiento rotatorio y el contacto continuo con el material de mezcla.

2.2.1. Criterios de selección

Los criterios de evaluación serán los fundamentos para elegir el sistema de mezclado, estos se derivan de las necesidades a cubrir con la máquina y también se basan en las capacidades de los micro salineros. A continuación se detalla la metodología utilizada para la definición de los criterios de selección:

- Recolección de información

Con este primer paso se aplican dos herramientas básicas para la obtención de información que permita definir los criterios necesarios para la selección de las tres alternativas propuestas. Para la recolección de información se implementó una entrevista semiestructurada, esta permite poder utilizar un lenguaje abierto y cercano a las características de las fuentes de información, no utilizar un cuestionario estructurado y se adapta flexiblemente a los procedimientos y temas de entrevista. También se utilizó la observación directa por medio de las visitas técnicas a varias microsalineras, aportando un mejor conocimiento y comprensión de las actividades que se realizan dentro de las

mismas, esto aporta mejores criterios para la selección de alternativas. Toda la información recolectada se obtuvo a través de los trabajadores, encargados y propietarios de las microsalineras, para lo cual se realizaron preguntas básicas y sencillas de forma verbal. Para el procesamiento de la información se utilizó un formato de clasificación para continuar con la siguiente fase.

- Desarrollo de una lista de criterios

Esta lista de criterios permite empezar a consolidar la información recolectada en criterios concretos para la selección de alternativas, para esto es muy importante una certera recolección de información y su procesamiento adecuado. Para la elaboración de esta lista se analiza la información recolectada haciendo una selección y clasificación de los datos de mayor incidencia, haciendo una depuración para obtener la información de interés.

- Definición de los criterios de selección

Esta es la parte final de la elaboración de los criterios de selección, con lo cual de la lista de criterios realizados se seleccionaron 10. El procedimiento para la selección de criterios se realizó conjuntamente con la asociación de microsalineros por medio de un análisis conjunto se discutieron los diferentes criterios planteados y se seleccionaron los que se aplican a las capacidades y la realización del proyecto. A continuación se detallan los criterios definidos para la selección de alternativas:

- Costo: el costo de la máquina será el primer factor de decisión para la construcción de la misma, por lo que para el diseño se debe tomar en cuenta que se debe incurrir en el menor coste posible.

- Seguridad en el uso: la integridad física de los colaboradores de las salineras es muy importante, por lo que la máquina debe estar diseñada con condiciones óptimas que proporcionen seguridad mientras se utiliza.
- Facilidad de uso: ya que los mismos colaboradores de las salineras utilizaran la máquina, la misma no debe ser complicada de utilizar, así no se incurre en gastos de contratar mano de obra calificada.
- Tamaño: no se puede diseñar una máquina con proporciones grandes, ya que se estaría desperdiciando bastante capacidad de la máquina, esto se debe a que los salineros tienen una producción limitada a aproximadamente una tonelada por día.
- Mantenibilidad: con fines de reducción de costos de operación, el mantenimiento debe ser el menor.
- Rendimiento: el rendimiento debe ser el más óptimo, ya que esto hora que muchos más salineros quieran realizar el proceso de fortificación de sal.
- Facilidad de carga y descarga: ya que es una máquina de pequeñas proporciones, la carga y descarga deben estar diseñadas para que no interfieran en las tareas de los colaboradores.
- Facilidad de acople: el acople debe ser el más sencillo y fácil de ensamblar para lo que es necesario diseñar la máquina con partes

que se acoplen sin necesidad de equipo especial o mano de obra calificada.

- Facilidad de fabricación: el diseño a elegir no debe ser muy asimétrico, ya que hará que la fabricación de la máquina sea difícil y los costos se eleven.
- Vida útil: ya que la inversión no es baja para la fabricación de la máquina, la vida útil debe ser prolongada, para que los inversionistas recuperen la inversión y genera ganancias el proyecto.

2.2.2. Evaluación de los criterios

Definidos ya los criterios optamos por realizar una selección de las alternativas propuestas, para esto se hará uso de los criterios y de un método matemático que permita tomar una decisión con bases sostenibles. Para la evaluación de los criterios utilizaremos un método llamado combinex. Primero se realiza una tabla de ponderación de acuerdo al grado de importancia de cada criterio propuesto. El método consiste en enumerar cada criterio en orden de importancia (en la definición de los criterios se ordenaron en grado de importancia) puede que varios criterios tengan el mismo grado de importancia.

Una vez realizado este procedimiento se ubican en la tabla como una matriz cuadrada, entonces se van calificando las posibilidades. Cuando los criterios coinciden, no tienen calificación, cuando tienen el mismo grado de importancia, se califica con 0.5 puntos, y por último cuando es más importante el parámetro de la primera columna, se califica con 1 punto.

Para terminar este método, se suman los puntos de cada parámetro y se dividen para el total, así se obtiene el factor de ponderación, WF (*weighting* factor por sus siglas en inglés). Luego de haber obtenido el factor de ponderación de cada uno, se realiza la matriz de decisión, calificando a cada alternativa del 1 al 10, donde el 1 es muy malo y el 10 es muy bueno.

Tabla II. **Matriz de ponderación de cada criterio**

	Criterios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PTS	WF
1	Costo	***	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	8	0,18
2	Seguridad	0,5	***	0,5	1	1	1	1	1	1	1	8	0,18
3	Facilidad de uso	0,5	0,5	***	1	1	1	1	1	1	1	8	0,18
4	Tamaño	0	0	0	***	0,5	0,5	1	1	1	1	5	0,11
5	Mantenibilidad	0	0	0	0,5	***	0,5	1	1	1	1	5	0,11
6	Rendimiento	0	0	0	0,5	0,5	***	1	1	1	1	5	0,11
7	Fácil carga/descarga	0	0	0	0	0	0	***	0,5	1	1	2,5	0,06
8	Facilidad de acople	0	0	0	0	0	0	0,5	***	1	1	2,5	0,06
9	Facilidad de fabricación	0	0	0	0	0	0	0	0	***	1	1	0,02
10	Vida útil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	***	0	0,00
												45	1,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Matriz de decisión para el sistema de mezclado**

Factor	Factor de ponderación	Biconico	Tambor Oblicuo	Cono Vertical
Costo	0,18	7,00	8,00	5,00
		1,24	1,42	0,89
Seguridad en el uso	0,18	8,00	8,00	8,00
		1,42	1,42	1,42
Facilidad de uso	0,18	6,00	6,00	8,00
		1,07	1,07	1,42
Tamaño	0,11	5,00	7,00	9,00
		0,56	0,78	1,00
Mantenibilidad	0,11	9,00	5,00	7,00
		1,00	0,56	0,78

Continuación de la tabla III.

Rendimiento	0,11	9,00	6,00	8,00
		1,00	0,67	0,89
Fácil carga y descarga	0,06	9,00	5,00	9,00
		0,5	0,28	0,50
Facilidad de acople	0,06	8,00	5,00	10,00
		0,44	0,28	0,56
Facilidad de fabricación	0,02	9,00	7,00	8,00
		0,20	0,16	0,18
Vida útil	0,00	7,00	7,00	9,00
		0,00	0,00	0,00
Total		7,43	6,62	7,61

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Selección a optar

Al analizar los datos de la segunda matriz del método combinex se puede notar que la mayor ponderación de los tres sistemas de mezclado lo obtuvo el método de mezclado de tornillo vertical con una ponderación de 7,61 ya que es el que más se acerca a 10, (ponderación muy buena) el método de mezclado a utilizar es el de tornillo vertical.

2.2.4. Parámetros de diseño

Para el diseño de la máquina se tienen 4 principales parámetros de diseño los cuales serán los que definirán sus dimensiones:

- Volumen total del silo de mezcla
- Ángulo de reposo de la mezcla
- Optimización del material a utilizar para la construcción
- Dimensionamiento del silo de mezcla

2.2.4.1. Capacidad del sistema

Para la determinación de la capacidad teórica del sistema es necesario saber 2 variables importantes:

- Masa a mezclar
- Densidad de la sal

Es sabido que la masa a mezclar es de una tonelada exacta, por lo que se debe determinar la densidad de la sal a mezclar. Se tienen dos datos de la densidad, uno teórico y otro experimental (obtenido en las visitas técnicas) los cuales se muestran a continuación:

- Densidad teórica

Esta se obtiene a partir de una tabla de densidades (Blug*) la cual indica las densidades en tonelada métrica sobre metro cúbico, en nuestro caso la densidad que interesa es la de la sal común.

Figura 4. **Tabla de densidades–sal común**

Sal	1,0-1,4
Sal bruta	1,50
Sal común	0,67-0,80
Sal gema	2,20
Sal común	0,90
Sal de fosfato	0,70
Sal de Glauber	1,40
Sal de plomo	1,10
Sal de potasa	0,90
Sal de roca molida	0,45
Sal de roca troceada	1,50

Fuente: *Densidades*. amesti@blug.com.es. Consulta: 25 de febrero de 2015.

Para lo cual el valor a utilizar de la densidad de la sal común es:

$$d_{\text{teórica}}: 0,90 \text{ tm/m}^3$$

- Densidad experimental

Esta densidad es la recolectada en las visitas técnicas la cual es una aproximación de la densidad de la sal producida por los micro salineros, este dato se obtuvo por medio del gerente general de una macrosalinería, ya que ellos compran un porcentaje de sal nacional y han obtenido que la densidad oscila en el siguiente rango:

$$\text{De } 0,91 \text{ tm/m}^3 \text{ a } 0,98 \text{ tm/m}^3$$

Para lo cual en el presente diseño se ha considerado trabajar con el promedio de este rango, abarcando lo mayor posible ambos extremos:

$$d_{\text{experimental}}: 0,945 \text{ tm/m}^3$$

Con esto se procede a calcular la capacidad teórica del sistema lo cual se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Sabido que : } \textit{densidad} = \frac{\textit{masa}}{\textit{volumen}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$\text{Tenemos que: } \textit{volumen} = \frac{\textit{masa}}{\textit{densidad}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

$$\text{Por lo tanto: } \textit{volumen} = \frac{1 \text{ tonelada métrica}}{0,945 \text{ tm/m}^3} = 1,0582 \text{ m}^3$$

Al realizar los cálculos se obtuvo que la capacidad teórica del sistema es $1,0582 \text{ m}^3$, este dato no es la capacidad real de mezclado, es pertinente dejar una holgura en el volumen total de la máquina para que opere con espacio suficiente para evitar sobrecargos en el sistema, esta holgura se añade más adelante.

2.2.4.2. Especificaciones

Las especificaciones del diseño de la máquina se derivan del volumen teórico del silo de mezcla, estas especificaciones proporcionarán los primeros datos técnicos de la máquina los cuales se realizan de la siguiente manera.

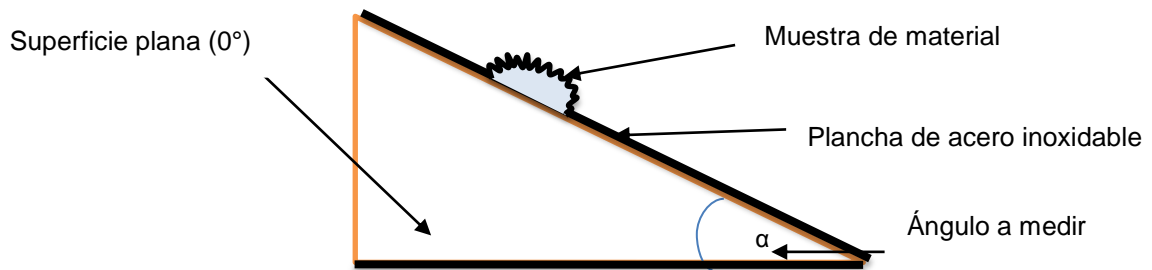
- Ángulo de reposo del silo de mezcla

El cálculo de este ángulo se realizó de forma experimental en lo cual se describe el procedimiento:

- Se necesita una pequeña plancha del material a utilizar o en su caso, un material cercano, sabiendo que la máquina debe realizarse con acero inoxidable, el tipo de acero inoxidable que se utilice no afectará los resultados de la misma.
- Se debe contar una pequeña cantidad de material de mezcla, para este caso sal con yodo y flúor; para este caso se utilizará sal de un supermercado, ya que esta sal si cumple con las condiciones de fortificación.
- Se debe colocar la plancha en una superficie plana (0°) para luego colocar una pequeña muestra de sal en la plancha, luego se procede a subir la plancha logrando una inclinación con la superficie plana y la plancha.

- Se debe buscar la posición correcta en la que el material empieza a deslizarse sin ningún problema. Luego con ayuda de un transportador se mide el ángulo entre la superficie plana y la plancha.

Figura 5. **Determinación del ángulo de deslizamiento de la sal dentro del silo de mezcla**



Fuente: elaboración propia.

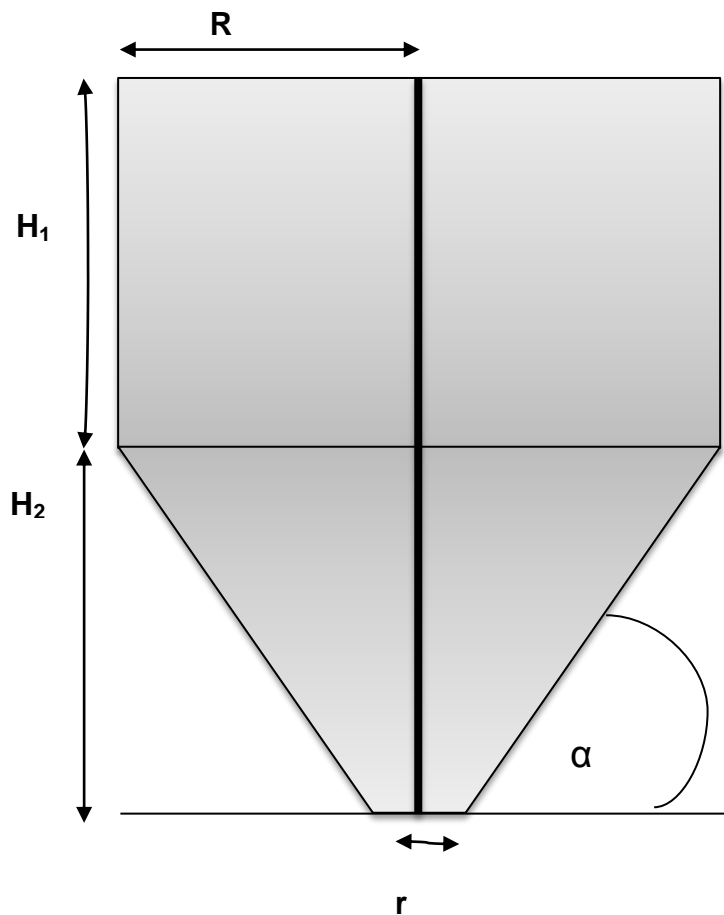
Al realizar este procedimiento se obtuvo un ángulo de 54° aproximadamente, este es el ángulo en cual la muestra de sal empieza a deslizarse por la plancha de acero inoxidable sin ningún esfuerzo. Es necesario que el material se mueva por la inclinación del cono evitando amontonamientos; además, se sabe que la sal es un material tanto cohesivo, por lo que el ángulo a utilizar será de 60° para evitar posibles atascamientos en las paredes del cono y lograr que el material llegue hasta la superficie inferior.

- Optimización del material a utilizar para la construcción de la máquina

En esta sección se realizará la optimización del material, esto quiere decir que se buscarán las dimensiones necesarias para incurrir en el menor gasto de material a utilizar, esto proporciona una reducción de costos y así cumplir con

los criterios de selección del tipo de mezclado. Para esto se debe de optimizar el área de la máquina ya que el material se obtiene por planchas en dimensiones de metros cuadrados por lo que se realiza lo siguiente:

Figura 6. **Dimensionamiento de la máquina-variables**



Fuente: elaboración propia.

Al definir las variables que contiene el cilindro de mezcla se necesita partir desde el planteo de las ecuaciones que permitirán definir una igualdad para la optimización del material a necesitar. Se empieza por definir el volumen total del

silo el cual está constituido por dos diferentes volúmenes: el volumen de cilindro y del cono. Estos volúmenes están dados de la siguiente manera:

$$Volumen_{total} = Volumen_{cilindro} + Volumen_{cono}$$

[Ec. 3] Volumen total del silo de mezcla

$$Volumen_{total} = \pi R^2(H_1) + \frac{1}{3}\pi H_2(R^2 + r^2 + R * r)$$

[Ec. 4] Volumen total del silo de mezcla variables involucradas

Teniendo ya la variables definidas, se realiza el cálculo para la optimización del material, con anterioridad se menciona que se debe de optimizar el área de la máquina, para esto es necesario colocar en una función matemática el área de la máquina en términos de una sola variable; como se puede notar el cilindro y el cono comparten una variable, el radio (R) para lo cual se construye una función matemática del área en términos de dicho radio:

$$A(R) = \pi R^2 \left[1 - \left(\frac{2}{3} * \tan \alpha \right) + \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right) \right] + \frac{1}{R} \left(2vol + \frac{2}{3}\pi r^3 \right) - \pi r^2 \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right)$$

[Ec. 5] Área del silo en función del radio mayor (R)

Donde:

$\alpha = 60^\circ$ Ángulo de reposo del cono (grados)

$r = 0,25$ Radio menor (metros)

$vol = 1,0582$ Volumen teórico de mezclado (metros cúbicos)

Luego de determinar el modelo matemático que represente el área total de la máquina en función de una sola variable (R), se procede a optimizar dicha función. El método a utilizar es el de segunda derivada, el cual consiste en

realizar la primera derivada de la función para luego despejar de la misma los extremos locales, luego se realiza la segunda derivada y se valúan los extremos locales encontrados en la primera para determinar si es un máximo o mínimo local. Si al valuar un extremo local en la segunda se obtiene un valor positivo, ese extremo local es un mínimo y si se obtiene un valor negativo ese extremo local es un máximo.

Se realiza la primera derivada de la función:

$$A'(R) = 2\pi R \left[1 - \left(\frac{2}{3} * \tan \alpha \right) + \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right) \right] - \frac{1}{R^2} \left(2vol + \frac{2}{3} \pi r^3 \right)$$

[Ec. 6] Primera derivada de la ecuación 3

Al despejar los extremos locales sustituyendo valores se obtuvo un solo valor el cual es:

$$R = 0,5822$$

Se realiza la segunda derivada para evaluar el extremo local encontrado.

$$A''(R) = 2\pi \left[1 - \left(\frac{2}{3} * \tan \alpha \right) + \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right) \right] + \frac{1}{R^3} \left(2vol + \frac{2}{3} \pi r^3 \right)$$

[Ec. 7] Segunda derivada de la ecuación 3

Al evaluar el valor de R en la segunda derivada se obtiene un valor positivo, por lo tanto el valor de R encontrado es un valor que minimiza el área de la máquina. Luego de determinar este valor para R se procede a determinar las otras variables del dimensionamiento de la máquina: H₁ y H₂.

De la figura 6 se despeja H₂ y se obtiene que:

$$H_2 = (R - r) \tan \alpha$$

[Ec. 8] Altura del cono

Se sabe que el volumen total del silo de mezcla está dado por los siguientes modelos matemáticos:

$$V_{total} = \text{volumen cilindro} + \text{volumen de cono truncado}$$

[Ec. 9] Volumen total del silo

$$V_{total} = \pi R H_1 + \frac{1}{3} \pi H_2 (R^2 + r^2 + R * r)$$

[Ec. 10] Volumen total del silo con sus variables

Se despeja H_1 y se sustituye H_2

$$H_1 = \frac{V_{total} - \frac{\pi}{3} (R - r) (R^2 + r^2 + R * r) \tan \alpha}{\pi R^2}$$

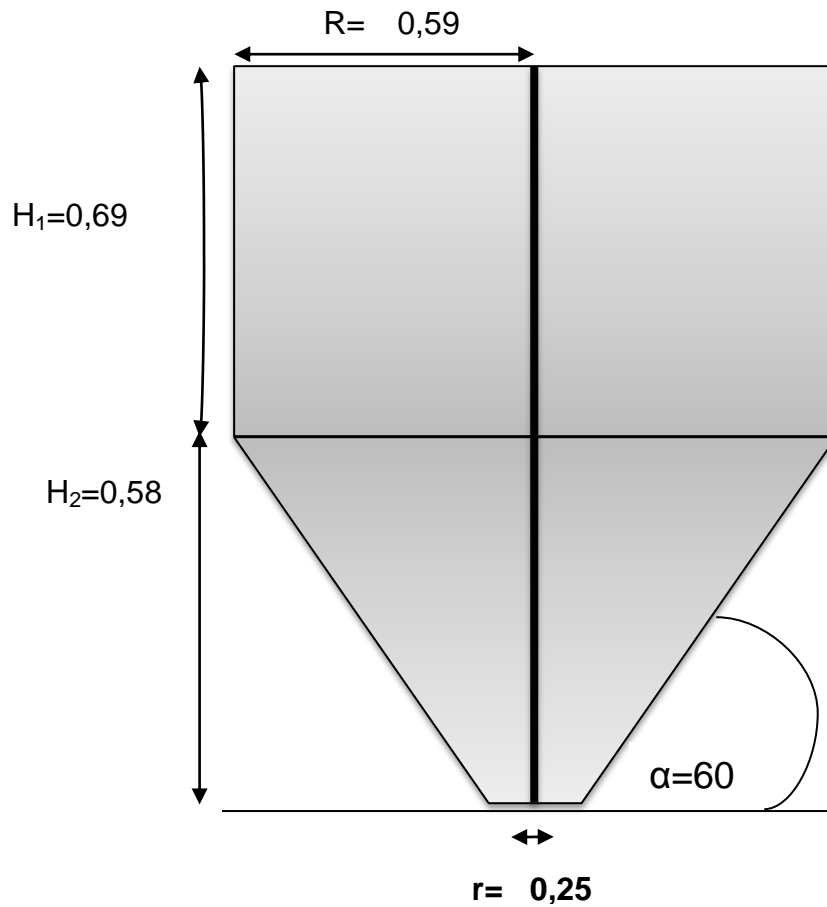
[Ec. 11] Altura del cilindro

Al sustituir los valores correspondientes se obtiene que:

$$H_1 = 0,6842 \text{ m}$$

$$H_2 = 0,5753 \text{ m}$$

Figura 7. Dimensionamiento de la máquina-valores reales



Fuente: elaboración propia.

2.2.4.3. Material

El material a utilizar para la construcción de la máquina debe cumplir ciertas características:

- Inocuo para la sal
- Alto grado de resistencia a la corrosión
- Fácil de soldar, malear y de trabajar en caliente

Ya que la máquina es para usos alimenticios es necesario utilizar acero inoxidable para cumplir con las tres características antes mencionadas. Para lo cual se tienen 3 opciones de aceros inoxidables:

- Acero inoxidable AISI 304 L
 - Terminación superficial: 2B, N°1, N°3.
 - Características del acero: acero inoxidable autentico aleado con cromo-níquel, de bajo contenido de carbono y buenas características de resistencia a la corrosión. No es templable ni magnético, soldable. Puede ser fácilmente trabajado en frío (por ejemplo: plegado, cilindrado).
 - Estado de suministro: laminado caliente, tratamiento de solución y bobinas.
 - Dimensiones: espesores: 0,5 - 32 mm.
 - Usos y aplicaciones: debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, se emplea comúnmente en la industria alimenticia, vitivinícola, frutícola, acuícola, minera y construcción. En elementos para la decoración de exteriores y ornamentales. En la fabricación de contenedores procesadoras de leche, cerveza, vino. En mesones para alimentos, fachadas de edificios, ascensores, muebles de cocina, entre otros.

Tabla IV. **Composición química del acero inoxidable AISI 304 L**

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO MÁX)							
AISI	% C	% Mn	% SI	%Cr	% NI	% P	% S
304L	< 0,03	<< 2,00	<< 0,75	18,0-20,0	8,0-12,0	< 0,045	< 0,03

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

Tabla V. **Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304 L**

PROPIEDADES MECÁNICAS			
Esfuerzo fluencia (Mpa)	Esfuerzo de tracción (Mpa)	Elongación %	Dureza Brinell
205	515	40	< 150

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

Tabla VI. **Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 304L con y sin PVC laminado en frío**

PL. ACERO INOXIDABLE AISI 304L CON Y SIN PVC LAMINADA EN FRIO		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm
0,8 a 3.0	1 000/1 500	3 000

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

Tabla VII. **Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 304L laminado en caliente**

PL. ACERO INOXIDABLE AISI 304L LAMINADA EN CALIENTE		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm
4 a 50	1 000/1 500	3 000/6 000

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

- Acero inoxidable AISI 310 S
 - Terminación superficial: N°1
 - Características del acero: acero inoxidable al Cr - Ni refractario con alta resistencia a la formación de cascarilla de laminación hasta 1 200 °C en atmósferas altas en oxígeno.
 - Estado de suministro: laminado caliente y tratamiento de solución.

- Dimensiones: espesores: 3 - 20 mm
- Usos y aplicaciones: es utilizado en la fabricación y recubrimientos de hornos y estanques expuestos a altas temperaturas en las industrias del vidrio, fundiciones, cemento, porcelana y vidrio.

Tabla VIII. **Composición química del acero inoxidable AISI 310 S**

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO MÁX)							
AISI	% C	% Mn	% Si	%Cr	% Ni	% P	% S
310 S	< 0,25	< 2,00	< 1,50	24,0-26,0	19,0-22,0	< 0,045	< 0,03

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

Tabla IX. **Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 310 S**

PROPIEDADES MECÁNICAS			
Esfuerzo fluencia (Mpa)	Esfuerzo de tracción (Mpa)	Elongación %	Dureza Brinell
205	515	40	< 217

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

Tabla X. **Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 310S**

PL. ACERO INOXIDABLE AISI 310		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm
3.0-a 16	1 000/1 500	3 000/6 000

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 16.

- Acero inoxidable AISI 316 L
 - Terminación superficial: 2B, N°1

- Características del acero: acero inoxidable austenítico aleado al Cr-Ní-Mo. La adición de molibdeno le confiere una alta resistencia a la corrosión por picado (*pitting*). No es templable, ni magnético. Gran resistencia a la acción corrosiva de reactivos químicos (en especial al ácido sulfúrico) y otros ácidos. Su aplicación es frecuente en la industria alimenticia, minería, papelera y construcción. El grado 316L, tiene un más bajo contenido de carbono, lo cual aumenta la resistencia a la corrosión intergranular y mejora su soldabilidad.
- Estado de suministro: laminado caliente y tratamiento de solución.
- Dimensiones: Espesores: 0,5 - 50 mm
- Usos y aplicaciones: el acero AISI 316 es utilizado en refinería, en la industria alimenticia, pesquera, minería, química, farmacéutica y en la agroindustria. Algunas aplicaciones son silos de almacenamiento de pulpa y cemento, estanques para ácido sulfúrico y combustibles. Estanques para fermentación y sistemas de drenaje. Pasarelas, plataformas, escaleras, sistemas de filtración de aire, ductos y spools.

Tabla XI. **Composición química del acero inoxidable AISI 316 L**

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO MÁX)							
AISI	% C	% Mn	% Si	%Cr	% Ni	% P	% S
316L	< 0,03	< 2,00	< 0,75	16,0-18,0	10,0-14,0	< 0,045	< 0,03

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros*. p. 17.

Tabla XII. **Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 316 L**

PROPIEDADES MECÁNICAS		
Esfuerzo fluencia (Mpa)	Esfuerzo de tracción (Mpa)	Elongación %
205	515	40

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 17.

Tabla XIII. **Propiedades de longitud del acero inoxidable AISI 316L con PVC laminado en frio**

PL. ACERO INOXIDABLE AISI 316L CON PVC LAMINADA EN FRIO		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm
1.0 A 3.0	1000/1500	3000

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 17.

Tabla XIV. **Propiedades del acero inoxidable AISI 316L laminado en caliente**

PL. ACERO INOXIDABLE AISI 316L LAMINADA EN CALIENTE		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm
4 a 50	1000/1500	3000/6000

Fuente: KUPPER. *Manual para la selección de aceros.* p. 17.

- Material a utilizar

Luego de analizar los tres tipos de materiales propuestos, se puede descartar el acero inoxidable 310 S el cual contiene altas características para soportar altas temperaturas, por lo que el mezclado de sal con yodo y flúor no hace uso de las mismas este acero no es útil para el diseño de la máquina. El acero inoxidable 316L por el contenido de molibdeno lo hace altamente

resistente a la corrosión de reactivos químicos, por lo que el yodo y el flúor no son corrosivos químicamente este acero también se descarta. Por último, se tiene el acero inoxidable 304L un acero bajo en carbono con alta resistencia a la corrosión y fácil soldabilidad. Una de las mejores características de este acero es su alta comercialidad, ya que por las diferentes aplicaciones es un acero de bajo costo y fácil compra en el mercado guatemalteco por lo que para la construcción de la máquina se propone el acero inoxidable 304L.

2.2.4.4. Diseño de las partes principales

En esta sección se realizarán los cálculos necesarios que permitirán diseñar las partes de mayor importancia para la máquina. En esta sección se toma como referencia todo lo estudiado durante el ciclo de estudio y se aplica de manera que los resultados sean los más certeros posibles.

2.2.4.4.1. Volumen total del silo

La máquina a diseñar debe tener una capacidad de mezclado de 1 tonelada por corrida, en el dimensionamiento anterior se determinó las medidas para un silo de un volumen con una masa de 1 tonelada, como es sabido los mezcladores de tornillo sin fin deben trabajar entre un 70 % y un 80 % del volumen total del silo de mezcla, para lo cual se debe de agregar un volumen extra para cumplir con este rango. Esta holgura en el volumen de la máquina evitaría un sobrellenado en el silo de mezcla que a la vez proporciona una mezcla de alta calidad.

La altura total del silo de mezcla es de 1,3 m (con datos redondeados al entero más próximos) la cual será la altura de llenado (H_{LL}). Esta altura de

llenado es el 80 % del volumen total del silo, para lo cual se determina la altura total de la siguiente manera:

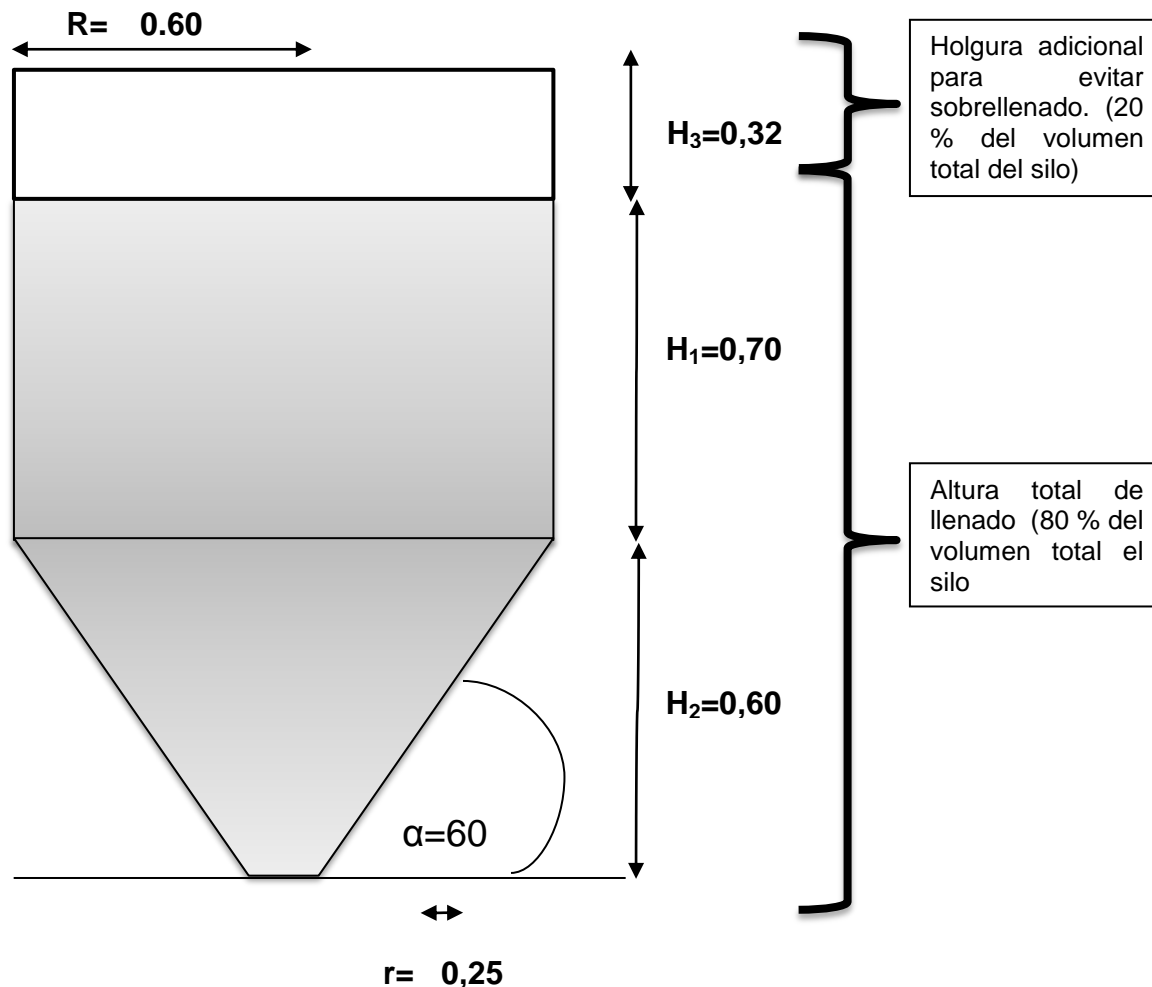
80 % *volumen silo* – – – – – 1,3m

100 % *volumen silo* – – – – – – – X

Resolviendo la siguiente regla de tres se tiene que el valor de X es de 1,62 m, esto indica que se debe de agregar una altura adicional de 32 cm al cilindro del silo de mezcla. Se le agrega al cilindro para no afectar las otras dimensiones ya obtenidas y dejar la holgura en la parte superior de la máquina.

Esta holgura adicional en el cilindro del silo, además de evitar un atascamiento de material, permite que el tornillo realice un mejor mezclado por medio del segmento de tornillo que queda libre, ya que la sal sigue la ruta de las espas creando una pequeña dispersión dentro del silo del material de mezcla. Además, un espacio extra dentro del silo también permite mezclar sal con una densidad mayor a la utilizada para realizar los cálculos que anteriormente se trabajaron.

Figura 8. Dimensionamiento final del silo de mezcla



Fuente: elaboración propia.

2.2.4.4.2. Tornillo homogenizador

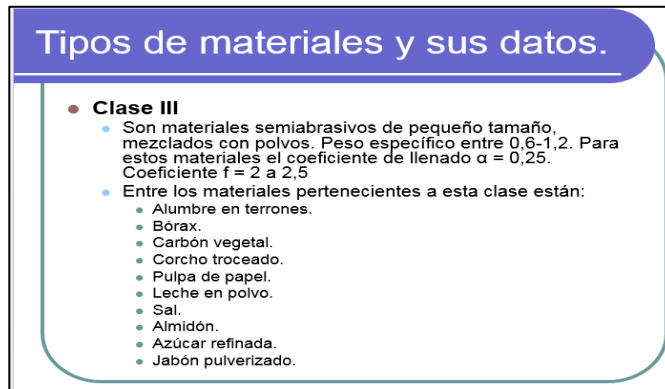
El tornillo homogenizador es la parte principal para lograr la mezcla deseada, este se encarga de mezclar el yodo, el flúor y la sal. Para realizar el dimensionamiento y el cálculo de la potencia necesaria se utilizarán referencias virtuales encontradas en algunas tesis y estudios realizados por otras universidades.

Para iniciar el dimensionamiento se debe definir el diámetro a utilizar por el canal de transporte, según la norma UNE 58-207-89 “transportadores de tornillo sin fin” los diámetros para los canales de tornillos sin fin pueden tener diámetros de 20 cm, 25 cm y 31,5 cm. Al investigar se ha encontrado que existen construcciones de canales de hasta 35,0 cm de diámetro, para lo cual en nuestro diseño se utilizará un diámetro del canal de transporte de 35,0 cm de diámetro.

- Cálculo del diámetro de la hélice del tornillo transportador

Antes de realizar los cálculos del diámetro de la hélice del tornillo se definirán las revoluciones a las que el tornillo estará sometido, estas determinaran su tiempo de vida. Se sabe que la sal es un componente semiabrasivo lo cual hace que el mismo genere un porcentaje bajo de abrasividad al tornillo, aunque sea mínimo se tendran fuerzas de desgaste aplicadas a la hélice del tornillo. Las mezcladoras de tornillo sin fin trabajan con un rango de revoluciones de 200 a 300 rpm, tomando en cuenta el tipo de material a mezcla se utilizará una velocidad de 200 rpm.

Figura 9. Información técnica de sal con respecto al tornillo sin fin



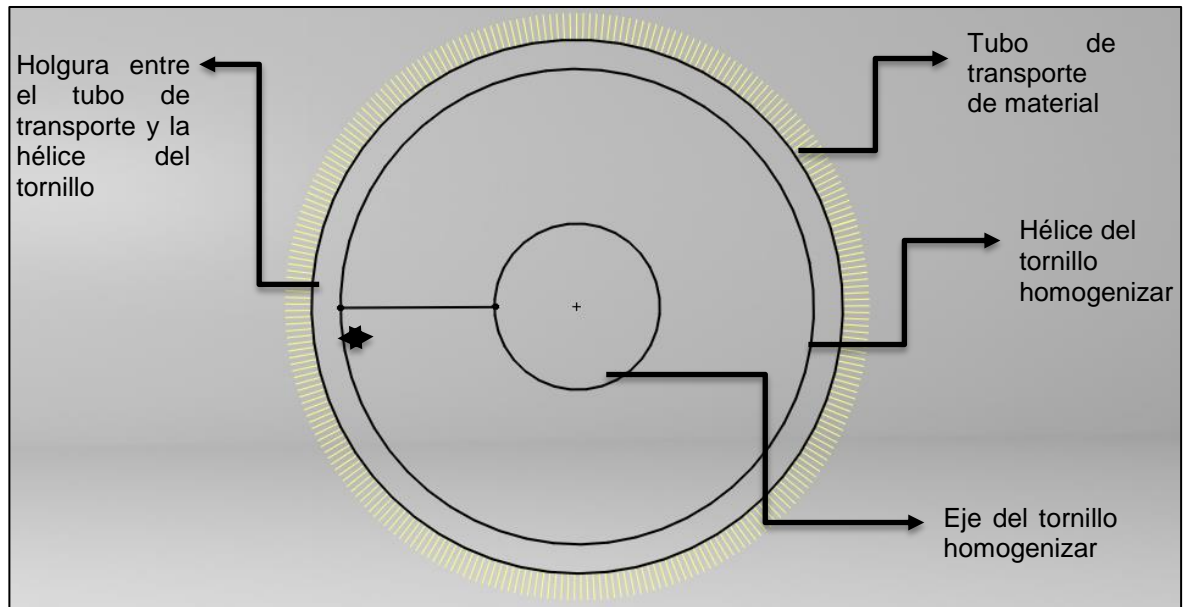
Fuente: *Transportadores: un vistazo a los tornillos sin fin.*

https://www.google.com/search?q=transportadores+un+vistazo+de+los+transportadores+de+tornillo+sin+fin+ppt&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=mQAqWO_qGsG--wWss47QAw_ Consulta: 12 de octubre 2015.

Ya definido el diámetro del tubo transportador del tornillo, ahora se debe definir la holgura entre el tubo de transporte y la hélice del tornillo. Según lo investigado, esta holgura debe estar entre el rango de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{8}$ de pulgada. El desgaste del tornillo es un parámetro a tener en cuenta: si esta holgura es mayor a $\frac{1}{2}$ pulgada el tiempo de mezclado se incrementa aproximadamente 5 minutos al tiempo de mezclado normal; si es mayor a una pulgada se debe reemplazar el tornillo por otro que cumpla en el rango especificado.

Sabiendo los rangos de la holgura tubo transportado-hélice del tornillo se definirá el valor a utilizar para esto se realiza el siguiente bosquejo.

Figura 10. **Bosquejo de la holgura del tubo transportador y la hélice del tornillo. Vista planta**



Fuente: elaboración propia.

Para fines de los cálculos a realizar se definirá la holgura con la variable “e”, al analizar el bosquejo, se sabe que:

$$D_t = D_h - 2 * e$$

[Ec. 12] Diámetro del tubo de transporte de sal

Donde:

D_t = Diámetro del tubo de transporte

D_h = Diámetro de la hélice del tornillo

e = holgura entre el tubo de transporte y la hélice

Con el objetivo de elegir el mejor diámetro de la hélice del tornillo se calcula un diámetro de hélice para ambos extremos del rango de holgura; para fines de fácil comprensión de los cálculos se utilizara un rango de holgura en milímetros el cual es:

$$6,350 \text{ mm} < e < 9,525 \text{ mm}$$

Calculando D_h con ambos extremos se tiene:

Con $e = 6,350 \text{ mm}$

$$D_h = 337,3 \text{ mm}$$

Con $e = 9,525 \text{ mm}$

$$D_h = 330,95 \text{ mm}$$

Debido a que el diámetro de la sal es muy bajo, se utilizará el menor valor de e , para lo cual el diámetro de la hélice del tornillo es de 337,3 mm.

- Cálculo del paso del tornillo

El paso del tornillo definirá la distancia entre las hélices del tornillo, este paso está dado por el tipo de paso a utilizar ya que depende del peso del material que pasará entre las hélices.

Figura 11. Información paso del tornillo

TORNILLOS SIN FIN

DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE MATERIAL

Paso del tornillo:

- Entre 0,5 y 1 veces el diámetro del mismo
- Mayor cuanto más ligera sea la carga

Diámetro del tornillo:

- 12 veces mayor que el diámetro de los pedazos a transportar (material homogéneo)
- 4 veces mayor que el mayor diámetro de los pedazos a transportar (material heterogéneo)

Velocidad del tornillo:

- Inversamente proporcional a:
 - Peso a granel
 - Abrasividad de las cargas
 - Diámetro del tornillo

Materiales pesados $\Rightarrow n \approx 50 \text{ rpm}$
Materiales ligeros $\Rightarrow n < 150 \text{ rpm}$

Fuente: Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Carlos III de Madrid. *Tornillos sin fin*.
http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/tornillos_sin_fin.pdf. Consulta: 24 de octubre de 2015.

Ya que la sal es un material semipesado, se optará por utilizar el menor paso para minimizar las cargas en la hélice del tornillo. Por lo que el paso es el siguiente:

$$S = 0,5D_h$$

[Ec. 13] Paso del alabes del tronillo homogenizado

Donde:

S = paso del tornillo

D_h = diámetro de la hélice

Por lo que el valor del paso del tornillo tiene el siguiente valor:

$$S = 168,65 \text{ mm}$$

- Ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación de hélice se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\tan \alpha = \frac{D_h * \pi}{S}$$

[Ec. 14] Ángulo de inclinación de la hélice

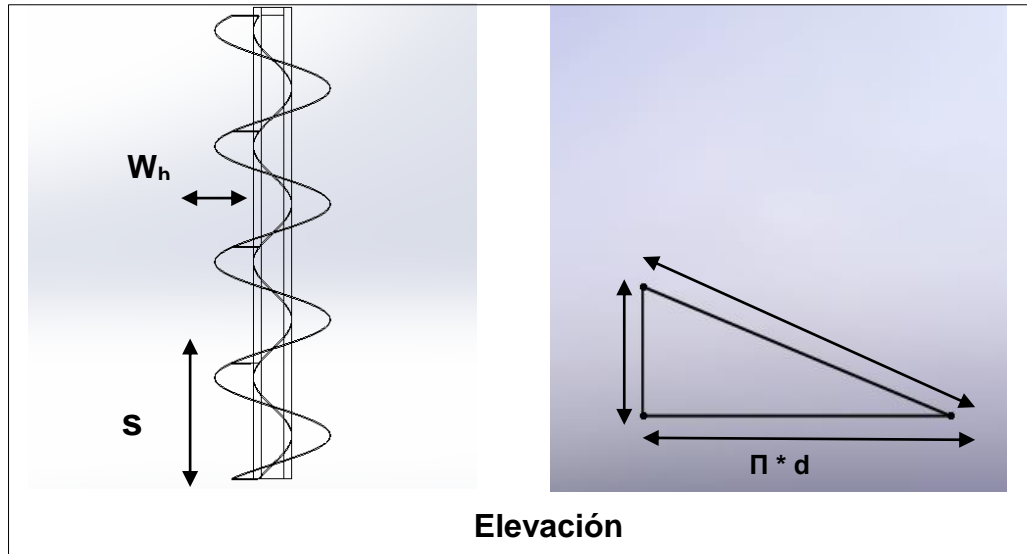
$$\alpha = 80,97^\circ$$

Para fines de cálculos se utilizará un ángulo de 81° y así trabajar con números enteros. Es el ángulo de inclinación de la hélice trazada sobre el cilindro básico.

- Desarrollo del aspa helicoidal

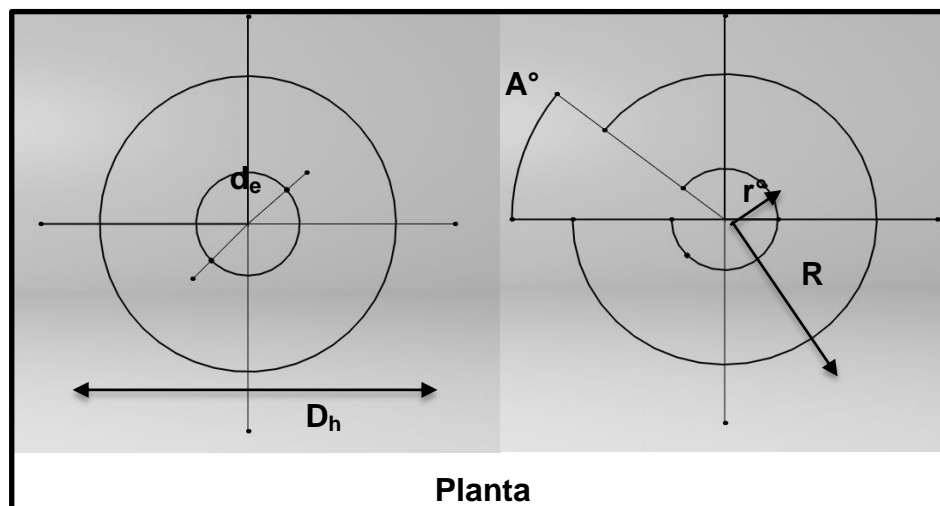
Para empezar con los cálculos del aspa se necesita definir variables por medio del siguiente bosquejo.

Figura 12. **Desarrollo del aspa del tornillo homogenizador– vista elevación**



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Figura 13. **Desarrollo del aspa del tornillo homogenizador – vista planta**



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Teniendo definidas algunas de las variables se procede al desarrollo del aspa del tornillo homogenizado. Antes se tiene que definir el valor de W_h el cual es el ancho del aspa y está dado por:

$$w_h = \frac{D_h - d_e}{2}$$

[Ec. 15] Ancho del aspa

Donde:

d_e = el diámetro del eje del tornillo

Por lo que el ancho del aspa tiene un valor de:

$$w_h = 140 \text{ mm}$$

Nota: Se tomó un valor de 50.8 mm para el diámetro del eje, ya que al observar otras máquinas similares el diámetro del eje oscila en ese valor.

Ahora se procede a determinar el valor de la longitud interna de la hélice, la cual está dada por:

$$B' = \sqrt{s^2 + (\pi * d)^2}$$

[Ec. 16] Longitud interna de la hélice

$$B' = 232 \text{ mm}$$

Ahora se calcula la longitud de la parte exterior del aspa la cual viene dada por la siguiente ecuación:

$$A' = \sqrt{s^2 + (\pi * d)^2}$$

[Ec. 17] Longitud de la parte exterior del aspa

$$A' = 1053 \text{ mm}$$

Luego se procede a calcular los radios internos y externos del aspa del tornillo de la siguiente manera:

$$r' = \frac{B' * W_h}{A' - B'}$$

[Ec. 18] Radio interno del aspa del tornillo

Donde:

r' = radio interno del aspa del tornillo

Por lo que el radio interno tiene un valor de:

$$r' = 40 \text{ mm}$$

Aplicando la siguiente fórmula se obtiene el radio mayor de la hélice.

$$R' = r' + W_h$$

[Ec. 19] Radio mayor de la hélice

$$R' = 180 \text{ mm}$$

Para determinar el ángulo de corona de la hélice se aplica la siguiente ecuación:

$$A^\circ = 360 - \frac{180 * A'}{\pi * R'}$$

[Ec. 20] Ángulo de corona de la hélice

$$A^\circ = 24^\circ$$

- Rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico del tornillo es el parámetro que definirá la potencia requerida por la máquina, este indica la cantidad de volumen que se transmite por el tornillo en una cantidad de tiempo (en este caso horas). En los cálculos anteriores se definieron diferentes variables que se utilizarán para obtener el rendimiento volumétrico el cual está dado por:

$$Q_v = 15\pi * D_h * S * n$$

[Ec. 21] Rendimiento volumétrico del tornillo

Donde:

Q_v = rendimiento volumétrico

D_h = diámetro de la hélice

S = paso del tornillo

n = revoluciones del tornillo

Con anterioridad se definieron todos estos valores para lo cual al evaluar la fórmula se obtiene un valor de Q_v de $180,88 \text{ m}^3/\text{h}$.

Luego de determinar el rendimiento volumétrico se obtiene el caudal del tornillo sin fin, este proporciona la cantidad de masa transportada en un

determinado tiempo, para este caso una hora. Este se encuentra con la siguiente fórmula:

$$Q_m = Q_v * d_{experimental}$$

[Ec. 22] Caudal del tornillo

Donde:

Q_m = caudal del tornillo sin fin

Q_v = rendimiento volumétrico

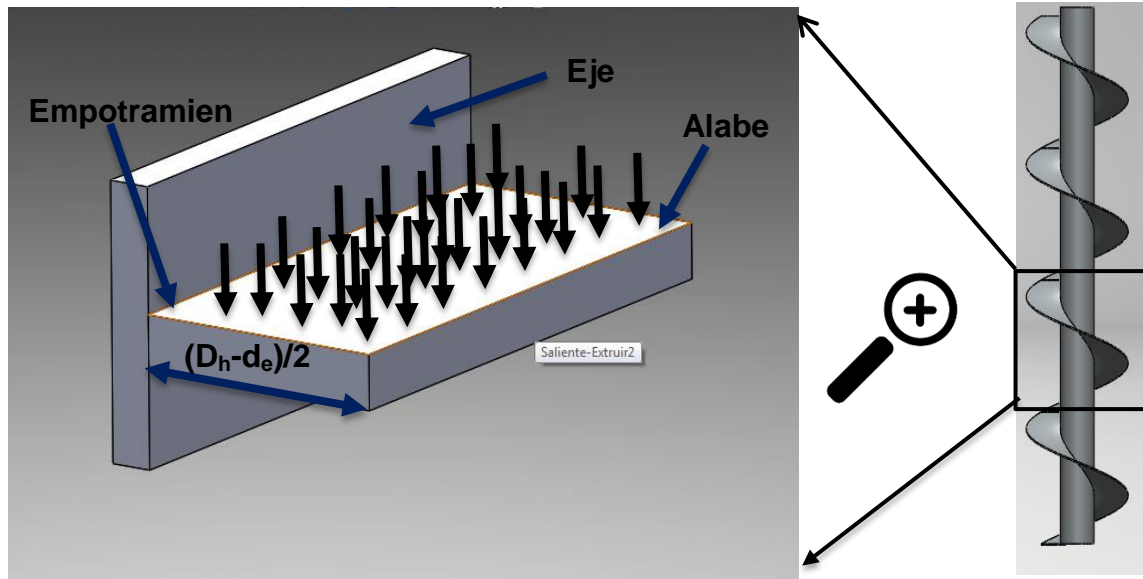
$d_{experimental}$ = densidad de la sal experimental

Al evaluar los datos se obtiene un caudal del tornillo de $Q_m = 170,93$ T/h valor que se utilizará para calcular la potencia necesaria para accionar el tornillo con el material.

- Cargas en el alabe

Dentro de esta parte se determinarán las diferentes cargas que se aplican a los alabes del tornillo homogenizador, las cuales regirán el grosor del material con el que se construirá el alabe y a su vez, también, son parámetros que determinarán el diseño del eje del mismo tornillo. Para esto asume una parte del alabe como una viga empotrada y se analizará bajo esta condición.

Figura 14. Cargas en el alabe del tornillo



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

- Carga del hélice del tornillo

La carga que genera la hélice del tornillo viene dada por el mismo peso de su material de construcción, la cual aunque sea menor comparada con la carga que genera el peso del material debe ser tomada en cuenta para determinar un grosor adecuado para la construcción de la hélice. Esta carga distribuida se determina de la siguiente manera:

Se define una ecuación para la carga puntual que genera el peso del alabe:

$$q_h = Area_{canalon} * t * \rho_{acero} * g$$

[Ec. 23] Carga puntual que genera el peso del alabe

Donde:

q_h = carga puntual que genera el peso del alabe (N)

$Area_{canalon}$ = área de una sección del tornillo homogenizador (una revolución) (m^2)

t = grosor del alabe (m)

ρ_{acero} = densidad del acero (7 800 kg/m^3)

g = gravedad (10 m/s^2)

Se sabe que el área del canalón está dada por la siguiente expresión:

$$Area_{canalon} = \frac{\pi}{4} (D_h^2 - d_{eje}^2)$$

[Ec. 24] Área del canalón

Para lo cual la carga puntual queda de la siguiente manera:

$$q_h = \frac{\pi}{4} (D_h^2 - d_{eje}^2) * t * \rho_{acero} * g$$

[Ec. 25] Carga puntual del canalón

Al valuar los valores correspondientes se tiene que

$$q_h = 13.69 \text{ kg } \frac{m}{s^2} (N)$$

Sabiendo que la carga del alabe es una carga distribuida se divide la carga puntual por el largo del alabe ($\frac{D_h - d_{eje}}{2}$).

$$Q_h = \frac{q_h}{\frac{D_h - d_{eje}}{2}}$$

[Ec. 26] División de la carga puntual por el largo del alabe

Al evaluar los valores se tiene que el valor de Q_h es:

$$Q_h = 95,06 \text{ N/m}$$

- Carga del peso del material

Esta carga se calcula de la misma manera que la anterior a diferencia de que se utilizará la densidad del material de mezcla y el paso del tornillo será la altura. Por lo que se determina la carga del peso del material de mezcla de la siguiente manera.

Se tiene que:

$$q_m = Area_{canalón} * S * d_{exp} * g$$

[Ec. 27] Carga del peso del material de mezcla

Donde:

q_m = carga puntual del material de mezcla (N)

Área _{canalón} = área de una sección del tornillo homogenizador (una revolución) (m²)

S = paso del tornillo (m)

d_{exp} = densidad experimental de la mezcla (Kg/m³)

g = gravedad (m/s²)

En los cálculos anteriores se definió el área del canalón para lo cual la carga puntual del peso del material de mezcla queda de la siguiente manera:

$$q_m = \frac{\pi}{4} (D_h^2 - d_{eje}^2) * S * d_{exp} * g$$

[Ec. 28] Carga puntual del peso del material de mezcla

Se valúan los valores correspondientes y se obtiene que:

$$q_h = 140.16 \text{ kg } \frac{m}{s^2} (N)$$

Ya que es necesario encontrar la carga distribuida por todo el alabe se divide la carga puntual por el largo del alabe $(\frac{D_h - d_{eje}}{2})$.

$$Q_m = \frac{q_h}{\frac{D_h - d_{eje}}{2}}$$

[Ec. 29] Carga distribuida por todo el alabe

Al valuar los valores correspondientes se obtiene que la carga distribuida por el peso del material de mezcla sobre el alabe es de:

$$Q_m = 972 \frac{N}{m}$$

- Análisis de las cargas en el alabe por medio del esfuerzo flector

Ahora se analizará las cargas distribuidas en los alabes del tornillo para determinar si el grosor del alabe propuesto en los cálculos anteriores son los

adecuados para la construcción del tornillo. Es necesario determinar la carga total distribuida en los alabes del tornillo. Entonces

$$Q_t = Q_m + Q_h$$

[Ec. 30] Carga total distribuida en los alabes del tornillo

$$Q_t = 1067 \frac{N}{m}$$

Se sabe que la mayor reacción en el alabe se encuentra en el punto de soldadura, para cálculos de este proyecto se encuentra en el empotramiento de la viga. Esta reacción está dada por:

$$R_e = Q_t * L$$

Ecuación 31. Reacción en el empotramiento

Donde:

R_e = reacción en el empotramiento (N)

Q_t = carga total distribuida en el alabe

L = largo de la columna (largo del alabe que está dado por $(\frac{D_h - d_{eje}}{2})$)

Determinando el valor de la reacción se tiene que:

$$R_e = 153,64 N$$

Luego de calcular la reacción, se determina el esfuerzo flector máximo, el cual también se da en el punto de empotramiento, este viene dado por:

$$M_{max} = -\frac{Q_t * L}{2}$$

[Ec. 32] Momento flector máximo

Donde:

M_{max} = momento flector máximo

Q_t = carga total distribuida en el alabe (

L = largo de la columna (largo del alabe que está dado por $(\frac{D_h - d_{eje}}{2})$)

Valuando los valores correspondientes se tiene que:

$$M_{max} = -11,06 \text{ N} * \text{m}$$

Se sabe que la reacción máxima (fuerza cortante) y el momento flector máximo se da el punto de empotramiento (en el área de soldadura entre el eje y el alabe), para lo cual se debe calcular el esfuerzo flector, se considera que este esfuerzo es máximo en la fibra superior de la columna.

$$\sigma_f = \left| \frac{M_{max} * Y}{I} \right|$$

[Ec. 33] Esfuerzo flector máximo

Donde:

σ_f = esfuerzo flector máximo

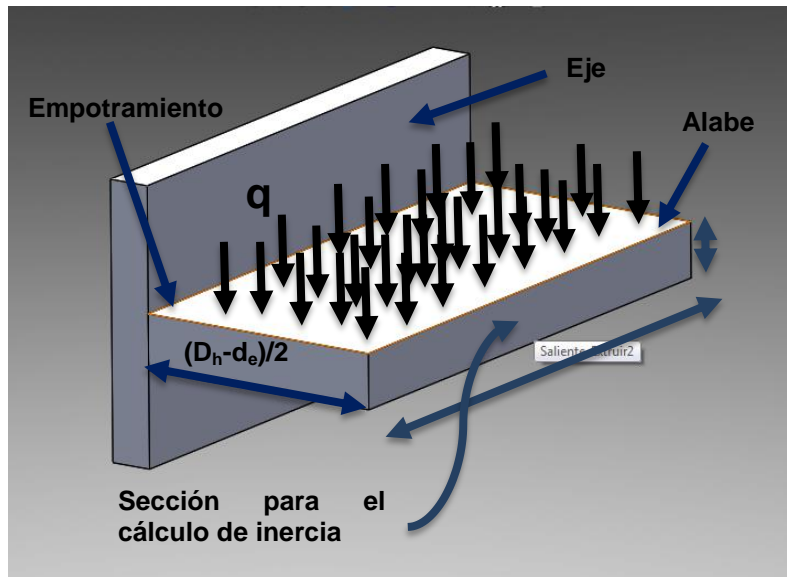
M_{max} = momento flector máximo

Y = distancia de la línea neutra a la fibra de análisis

I = momento de inercia de la sección

Se calcula la inercia de la sección, en este caso, se debe calcular la inercia de la sección frontal de la viga que queda de esta manera:

Figura 15. Área de sección para el cálculo de la inercia



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Es sabido que la inercia para la cara frontal de la viga es la de un rectángulo con base mayor, para lo cual se define de la siguiente manera:

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

[Ec. 34] Inercia de la cara frontal de la viga

Donde:

b = la base del rectángulo es la distancia del frente del alabe la cual está dada por $\pi * D_h$

h = esta altura es igual al grosor del alabe t = 0,002m

Por lo que la ecuación de la inercia queda de la siguiente manera:

$$I = \frac{1}{12} (\pi * D_h) * t$$

[Ec. 35] Inercia sustituida con los datos dados para b ($\pi * D_h$)

Para lo cual al valuar los valores respectivos se tiene que el valor de la inercia es de $I = 0,707 * 10^{-9} m^4$

Ahora es necesario definir un valor para “Y” el cual va tomar un valor de t/2 ya que con anterioridad se mencionó que el punto de análisis será en la fibra superior dado que ahí es donde se concentra el mayor esfuerzo. Para lo que el esfuerzo se obtiene de la siguiente manera:

$$\sigma_f = \left| \frac{-11,06 Nm * 0.001m}{0,707 * 10^{-9} m^4} \right|$$

[Ec. 36] Esfuerzo flector máximo con valores reales

$$\sigma_f = 15,6435 * 10^6 Pa = 15,6435 Mpa$$

Al obtener el esfuerzo flector máximo se realiza el análisis entre el esfuerzo flector y la resistencia a la fluencia del material seleccionado para la fabricación del tornillo homogenizador el cual es el acero 304L. Con este análisis se obtiene el factor de seguridad de la relación esfuerzo de fluencia del material y esfuerzo flector producido en el alabe del tornillo.

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

[Ec. 37] Factor de seguridad

Donde:

FS = factor de seguridad

S_y = resistencia de fluencia del acero 304L (205 Mpa.)

σ_f = esfuerzo flector máximo

Al evaluar los valores indicados se obtiene como resultado un factor de seguridad de 13,10, lo cual es un factor de seguridad satisfactorio ya que es mucho mayor que el valor mínimo de 4. Con esto se puede estar seguros que los alabes del tornillo no cederán por el esfuerzo flector producido por las cargas distribuidas.

- Análisis de las cargas en el alabe por medio del esfuerzo cortante

Para este análisis se continuará asumiendo el alabe del tornillo como una viga empotrada en voladizo. Se sabe que para una sección rectangular sometida a un esfuerzo cortante en paralelo a uno de los lados de la misma, la distribución de tensiones cortantes y la tensión cortante máxima está dada por:

$$\tau_{maxi} = \frac{3V}{2A}$$

[Ec. 38] Esfuerzo cortante máximo

Donde:

τ_{max} = esfuerzo cortante máximo

V = fuerza cortante

A = área transversal de la sección

Ahora se determina el área transversal de la viga, la cual viene dada por:

$$A = t (\pi * D_h)$$

[Ec. 39] Área transversal de la viga

Al realizar los cálculos necesarios se obtiene un área de $2,1237 * 10^{-3} \text{ m}^2$. Se sabe que la fuerza cortante V es la fuerza máxima de reacción la cual es la misma que R_e para lo cual se procede a calcular el esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_{max} = \frac{3 (153,64 \text{ N})}{2 (2,1237 * 10^{-3})} = 0,1085 * 10^6 \text{ Pa}$$

[Ec. 40] Esfuerzo cortante máximo con valores reales

Al obtener el esfuerzo cortante máximo producido por las cargas distribuidas del material se realiza el análisis entre esfuerzo cortante máximo y el límite cortante del material el cual viene dado por:

$$S_{sy} = 0,777 S_y$$

[Ec. 41] El límite cortante del material

Para lo cual S_{sy} tiene un valor de 118,28 Mpa, con esto se puede obtener el factor de seguridad con el cual se puede saber si el grosor propuesto para el material de los alabes del tornillo homogenizador es resistente a la fuerza cortante.

$$FS = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}}$$

[Ec. 42] Factor de seguridad

El factor de seguridad obtenido es de 1090,18, este es un valor muy alto que indica que es casi imposible de que el alabe del tornillo seda ante la fuerza cortante producida por las cargas que soportará. En conclusión un grosor de 2 mm para los alabes del tornillo son lo suficientemente resistentes para realizar el trabajo de mezclado.

- Potencia

La potencia necesaria que la máquina requiere está constituida en tres partes:

$$P_T = P_m + P_t + P_l$$

[Ec. 43] Potencia total necesaria para el funcionamiento de la máquina

Donde:

P_T = potencia total necesaria para el funcionamiento de la máquina

P_m = potencia requerida para el transporte del material

P_t = potencia requerida para el accionamiento del tornillo en vacío

P_l = potencia por la inclinación del tornillo

Definiendo las tres potencias se procede a calcularlas, por lo cual se empieza por la potencia necesaria para el transporte del material, esta potencia es la encargada de accionar el tornillo y transportar el material desde un punto inicial en la parte inferior hasta un punto final en la parte superior. Esta potencia se define de la siguiente manera:

$$P_m = \frac{Q_m * h_c * \lambda * g}{3\ 600}$$

[Ec. 44] Potencia necesaria para el transporte del material

Donde:

Q_m = caudal del tornillo

h_c = altura total del silo de mezcla

λ = resistencia al desplazamiento de los materiales

g = gravedad

De todas estas variables solo falta determinar la resistencia al desplazamiento de los materiales (λ), al investigar se obtienen dos valores de λ para la sal los cuales son:

- Sal gruesa $\lambda = 1,0$
- Sal fina $\lambda = 1,7$

Para el diseño de este proyecto se utilizará un valor de $\lambda = 1,7$ para que la máquina posea la potencia necesaria para mezclar sal fina y gruesa con yodo y flúor (estos valores se obtuvieron del manual CEMA SCREW CONVEYORS). Al evaluar los valores correspondientes se obtiene que:

$$P_m = 1,3073 \text{ kW} = 1,4826 \text{ HP}$$

Ahora se determina la potencia necesaria para accionar el tornillo en vacío, esta potencia es muy pequeña comparada con la potencia para el transporte del material, pero no deja de ser insignificante para la potencia total requerida por la máquina. Esta potencia se obtiene de la siguiente manera:

$$P_t = \frac{D_t * h_c}{20}$$

[Ec. 45] Potencia necesaria para accionar el tornillo en vacío

Donde:

D_t = diámetro del tubo de transporte

h_c = altura total del silo de mezcla

Para lo cual se obtiene que:

$$P_t = 0,0283 \text{ kW} = 0,0321 \text{ HP}$$

Por último, se calcula la potencia para la inclinación del tornillo, esta potencia es la necesaria para vencer la inclinación del tornillo. Se sabe que el tornillo a diseñar es totalmente vertical por lo que la inclinación a vencer es la altura total del silo, para lo cual se calcula de la siguiente manera:

$$P_I = \frac{Q_c * h_c * g}{3\ 600}$$

[Ec. 46] Potencia de para la inclinación del tornillo

Al evaluar los valores correspondientes se obtiene que:

$$P_I = 0,7691 \text{ kW} = 0,8722 \text{ HP}$$

Ahora se debe calcular la potencia total la cual es la suma de las tres potencias anteriores:

$$P_T = 2,3869 \text{ HP} = 2,4200 \text{ CV}$$

Ya que se tiene la potencia total del tornillo sin fin se tiene que tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Si la potencia del motor en caballos encontrada para un determinado caso es menor a 2 CV multiplique por 2 el resultado encontrado.
- Si la potencia calculada es menor a 4 CV multiplicar por 1,5 el resultado.
- Si el transportador se carga por gravead desde un silo o una tolva agregar al resultado $\frac{1}{2}$ CV a 1 CV.

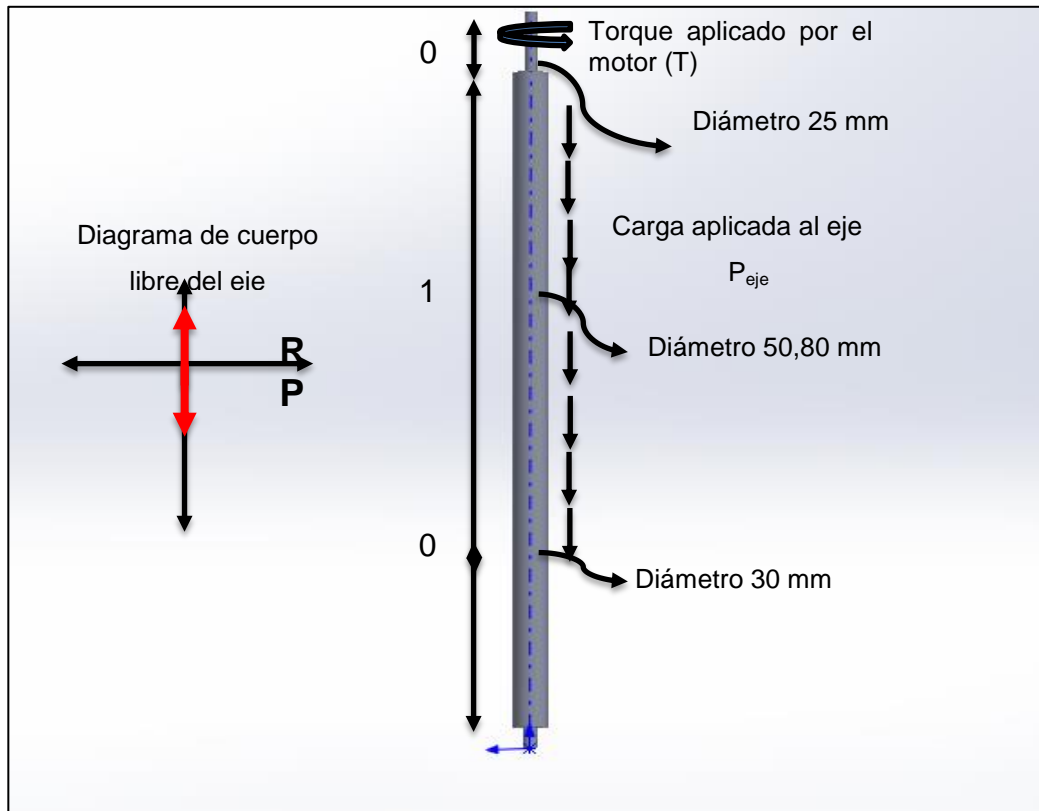
Para este proyecto se aplica las condiciones b y c para lo cual la potencia final que requiere la máquina es:

$$P_T = 5,2668 \text{ HP} = 5,3400 \text{ CV}$$

- Diseño del eje del tornillo

En esta parte se detallará los cálculos necesarios para el diseño del eje del tornillo homogenizador, utilizando diferentes herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo de los cursos de diseño de máquinas. El diseño se basa bajo las condiciones de fatiga a las cuales el eje estará sometido y el cálculo principal se realiza en la diferencia de diámetros entre el eje que de salida para el convertidor del motor eléctrico y el eje del tornillo homogenizador. Es necesario recordar que cuando se tiene un eje sometido a un torque específico y existe una reducción de diámetros existirá una concentración de esfuerzos entre dicha diferencia. A continuación se realiza un gráfico donde se detallan las variables y el eje propuesto para el tonillo homogenizador.

Figura 16. **Diseño propuesto del eje**



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Donde:

R_y = reacción del peso total sobre el eje

P_{eje} = carga sobre el eje compuesto por: peso del material del eje (q_e) + peso total de las hélices del tornillo (q_{th}) + peso total del material con el tornillo a carga total (q_{mt}):

T = torque aplicado por el motor eléctrico.

Primero se analizará el esfuerzo axial aplicado al eje, pero es necesario determinar la única reacción aplicada al eje (R_y) la cual viene dada por la sumatoria de fuerzas aplicadas al eje.

$$\sum F = 0$$

[Ec. 47] Sumatoria de fuerzas

$$R_y - P_{eje} = 0$$

[Ec. 48] Sumatoria de fuerzas aplicadas en el eje

Con esto se determina que la reacción aplicada sobre el eje es igual a la carga sobre el mismo, por lo tanto, se determina la carga puntual aplicada al eje en dirección vertical.

- Carga del material de mezcla a carga completa de la máquina

Esta carga viene dada por todo el material que está dentro del tornillo cuando la máquina trabaja a carga completa, sabiendo que la longitud efectiva del tornillo (longitud de transporte del material) es de 1.3 m para lo cual dicha carga viene dada por:

$$q_{tm} = Area_{tornillo} * L_f * d_{exp} * g$$

[Ec. 49] Carga puntual del material de mezcla (N)

Donde:

q_{tm} = carga puntual del material de mezcla (N)

Área_{canalón} = área de una sección del tornillo homogenizador (una revolución) (m²)

L_f = longitud efectiva del tornillo homogenizador (m)

d_{exp} = densidad experimental de la mezcla (Kg/m³)

g = gravedad (m/s²)

Para lo cual el valor de la carga puntual aplicada por todo el peso del material sobre el eje es de:

$$q_{tm} = 1\,078\text{ N}$$

- Carga de las hélices del tornillo homogenizador

Para el cálculo del peso total de las hélices de todo el tornillo es conocido por los cálculos anteriores que por cada paso del tornillo se tiene una carga puntual de 13,69 N, se realiza el cálculo de cuantos pasos caben en todo el tornillo homogenizador para lo cual se utiliza la longitud de todo el silo.

$$\text{No. de Pasos} = \frac{L_{\text{silo}}}{S}$$

[Ec.n 50] No. De pasos a lo largo del tornillo homogenizador

Donde:

S = paso del tornillo homogenizador

L_{silo} = longitud de todo el silo (1,62 m)

Para lo cual el resultado es de 9,58 pasos por toda la longitud del silo. Ahora se debe determinar la carga total multiplicando el valor de la carga

puntual de cada hélice (1369 N) por el número de pasos obtenido, y se obtiene que:

$$q_{th} = 131,15 N$$

- Carga total del material de construcción del eje (Acero 304L)

El eje se divide en tres diámetros diferentes, el diámetro del eje entrada de potencia, el diámetro del eje donde se sujetan (soldadas) las hélices del tornillo y el diámetro donde descansa el eje en su respectivo cojinete. Para estos cálculos no se tomará en cuenta el diámetro donde descansa el eje ya que la longitud de esta sección es demasiado pequeña, siendo insignificante el peso que la misma genera.

Por medio de tablas de fabricantes de barras de acero inoxidable 304L se tiene la siguiente información:

- Para un diámetro de 50,80 mm se tiene un peso de 15,90 Kg/m
- Para un diámetro de 25,40 mm se tiene un peso de 3,97 Kg/m

Con base en esto se tiene que para una longitud de eje de 0,15 m y diámetro de 25.40 mm se tiene un peso de 0,60 Kg y para una longitud de eje de 1,62 m y diámetro de 50,80 mm se tiene un peso de 82,29 Kg. El valor total del peso del material de construcción del eje es de:

$$P_e = 82,89 Kg$$

Para determinar la carga puntual que genera todo el material de construcción del eje se multiplica el valor anterior por la gravedad y se obtiene que:

$$q_e = 828,86 \text{ N}$$

Por último se determina la carga total que esta sobre el eje la cual es:

$$q_{eje} = 2058,01 \text{ N}$$

- Cálculo del esfuerzo axial sobre el eje

Este esfuerzo se genera por la reacción que se da sobre el eje a causa de todas las cargas que afectan al mismo. Este esfuerzo se define sencillamente de la siguiente manera:

$$\sigma_{eje} = \frac{q_{eje}}{\text{Area del eje}}$$

[Ec. 51] Esfuerzo axial sobre el eje

Al determinar este eje con los valores correspondientes se determina que el esfuerzo axial que afecta al eje del tornillo homogenizador es de:

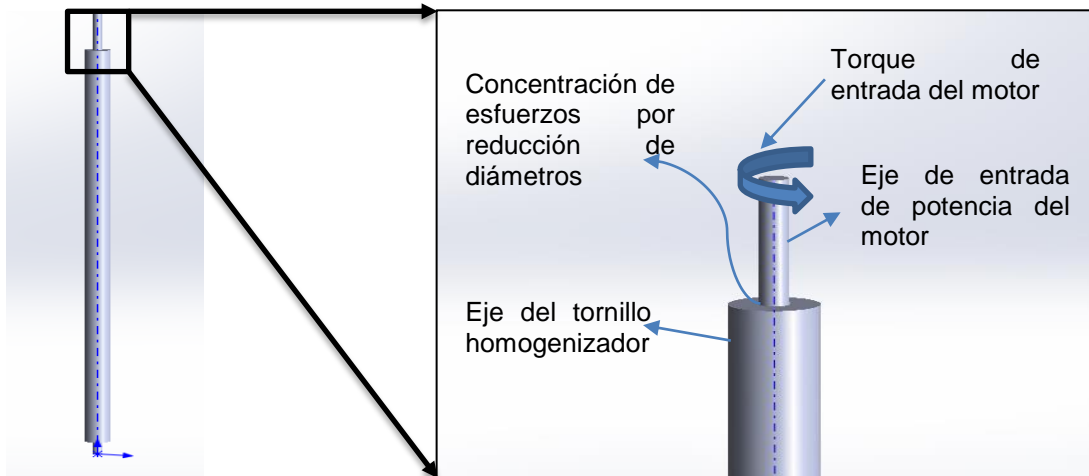
$$\sigma_{eje} = 0,0514 \text{ Mpa}$$

Este esfuerzo es demasiado pequeño comparado con los esfuerzos últimos que soporta el material para lo cual no afecta el diseño del eje propuesto.

- Cálculo del esfuerzo cortante torsional

Este esfuerzo es el que de mayor manera afecta el eje ya que el mismo está sometido a una carga de torsión aplicada en el eje de entrada de la potencia del motor. Para ello es necesario determinar cuál es el menor diámetro que el eje de entrada de potencia debe tener.

Figura 17. **Concentración de esfuerzos**



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

El esfuerzo cortante torsional que se genera en el eje de entrada del torque del motor está definido por la siguiente expresión:

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

[Ec. 52] Esfuerzo cortante torsional

Donde:

τ_{\max} = esfuerzo cortante torsional

T = torque de entrada del motor (N-m)

c = radio de la sección transversal D_s (0,0127 m)

J = momento polar de inercia de la sección transversal

Se determina el torque de entrada que produce el motor el cual viene dado por la siguiente expresión:

$$T = \frac{HP * 716}{RPM}$$

[Ec. 53] Torque producido por el motor (Kg-m)

Donde:

T = torque producido por el motor (Kg-m)

HP = potencia del motor

RPM = revoluciones de salida del convertidor (200 RPM)

Al calcular el torque con los valores correspondientes se obtiene un valor de 26.85 Kg-m, el cual al convertirlo a las dimensionales utilizadas para los cálculos de este proyecto se obtiene un valor de 263,13 N-m.

Luego de determinar el torque de entrada se determina el valor del momento polar de inercia de la sección de interés, para este caso el eje de entrada del torque del motor ya que el mismo posee el menor diámetro, este momento está definido por:

$$J = \frac{\pi D_s^4}{32}$$

[Ec. 54] T Momento polar de inercia

Donde:

J = momento polar de inercia

D_s =diámetro de la sección a analizar (0,0254 m)

Al evaluar los valores correspondientes se obtiene un valor de momento polar de $4,0863 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$.

Ahora ya se puede obtener el valor del esfuerzo cortante torsional el cual tiene un valor de:

$$\tau_{max} = 81,1354 \text{ Mpa}$$

- Análisis de la concentración de esfuerzos por la reducción de diámetros en el eje

Para analizar la confiabilidad del diámetro menor del eje se analizará la concentración de esfuerzos en el cambio de diámetros. Se sabe que el eje está sometido a flexión invertida (flexión nula o casi cero) por lo que se utilizará el criterio de línea segura de Soderberg:

$$\frac{\tau_a}{S_e} + \frac{\tau_m}{S_y} = \frac{1}{FS}$$

[Ec. 55] Criterio de línea segura de Soderberg

Donde:

τ_a = esfuerzo de torsión alternante

τ_m = esfuerzo de torsión medio

S_e = límite de resistencia a la fatiga para un punto crítico

S_y = esfuerzo de fluencia del material (205 Mpa)

Para el análisis se determina el valor del factor de seguridad por medio del criterio anterior, para esto se determinan los esfuerzos cortantes (alternante y medio) los cuales están dados por:

$$\tau_a = \left| \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2} \right| \qquad \tau_m = \left| \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} \right|$$

[Ec. 56] Esfuerzos cortantes (alternante y medio)

Sabiendo que en el eje del tornillo homogenizador el esfuerzo de torsión máximo tiene un valor de 81,1357 Mpa y el esfuerzo de torsión mínimo es de 0 Mpa. Con esto se obtienen los esfuerzos con valores de:

$$\tau_a = 40,5677 \text{ Mpa} \qquad \tau_m = 40,5677 \text{ Mpa}$$

Por último, se calcula el límite de resistencia a la fatiga (S_e) para la concentración de esfuerzos en el cambio de diámetros del eje. Este límite de resistencia a la fatiga permitirá conjuntamente con los esfuerzos de torsión alternante y medio determinar un factor de seguridad para el diámetro menor propuesto para el eje del tornillo homogenizador.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e'$$

[Ec. 57] Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de algún elemento mecánico

Donde:

S_e = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de algún elemento mecánico.

K_a = factor de modificación de la condición superficial.

K_b = factor de modificación de tamaño

K_c = factor de modificación de la carga

K_d = factor de modificación de la temperatura

K_e = factor de confiabilidad.

K_f = factor de modificación de efectos varios.

S_e' = límite de resistencia en una viga giratoria.

A continuación se detallará como se obtienen cada uno de los siguientes factores:

- Factor K_a

Este factor depende de la calidad del acabado de la superficie de la parte a analizar y de la resistencia a la tensión. Este factor está representado por:

$$K_a = aS_{ut}^b$$

[Ec. 58] Factor del acabado de la superficie de la parte a analizar

Donde:

S_{ut} = resistencia mínima a la tensión del material (485 Mpa según propiedades mecánicas mínimas requeridas por ASTM A240 y ASME SA-240)

Los valores de a y b los se determinan por medio de la tabla 6-2 *Diseño de Ingeniería Mecánica*, de Shigley Joseph E.

$$K_a = 0,88$$

- Factor K_b

Para este factor se hace uso de la siguiente expresión ya que el eje está sometido a torsión:

$$K_b = 0,879d^{-0,107} \quad 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg}$$

[Ec. 59] Factor K_b

Tomando en cuenta que el análisis es para la concentración de esfuerzos el diámetro a utilizar es de 25,4 mm (1 pulgada) por lo que K_b tiene un valor de:

$$K_b = 0,879$$

- Factor K_c

Este factor se define bajo las siguientes condiciones:

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{Flexion} \\ 0,85 & \text{axial} \\ 0,59 & \text{torsion} \end{cases}$$

Ya que el eje está afectado en su mayoría por una carga de torsión el factor de carga tiene un valor de:

$$K_c = 0,59$$

- Factor K_d

Se sabe que cuando la temperatura de operación de un elemento mecánico están por debajo de la temperatura ambiente la posibilidad de una fractura en el mismo es muy alta, también es sabido que si la temperatura está por encima de la temperatura ambiente el valor de la resistencia a la fluencia disminuye considerablemente. Ya que la mezcla dentro del silo de la máquina se encuentra a temperatura ambiente, el eje no estará sometido a diferentes temperaturas que la que la mezcla posea, por lo mismo se utiliza la siguiente condición para determinar el valor del factor de temperatura:

$$K_d = 1, \quad \text{Si } temp \leq 450 \text{ C}^\circ$$

- Factor K_e

Ya que todas las tablas de las cuales se derivan los factores anteriores están realizadas con base en datos estadísticos recolectados por ensayos que permiten definir valores medios es necesario tomar en cuenta que existe una desviación estándar en la veracidad de los datos. Por lo que es necesario definir un factor de confianza que permita acercarse más al valor exacto del límite de resistencia a la fatiga. Por medio de la tabla 6-5 se define el factor de confianza con una confiabilidad de 90 %.

$$K_{e90\%} = 0,897$$

- Factor K_f

Este factor toma en cuenta diferentes condiciones tanto de operación como de construcción que afectan de alguna manera el límite de resistencia de

la pieza a analizar. Las características que toma en cuenta el factor de efectos varios son los siguientes:

- Corrosión
- Recubrimiento electrolítico
- Metalizados por aspersión
- Frecuencia cíclica
- Corrosión por frotamiento

Este factor está definido por:

$$K_f = 1 + q(k_t - 1)$$

[Ec. 60] Factor de modificación de efectos varios

Donde:

K_f = factor de modificación de efectos varios

q = sensibilidad de la muesca (0,83 aproximadamente)⁷

k_t = factor de concentración de esfuerzo. (1,194)⁸

Al evaluar los datos correspondientes se tiene un valor de

$$K_f = 1,161$$

- Resistencia última S_e'

⁷ SHIGLEY, Joseph. *Diseño de ingeniería mecánica*. p. 513.

⁸ Op. Cit. 1204.

Por último se calcula el límite de una viga giratoria (S_e') la cual está definida por la siguiente condición:

$$S_e' = 0,506 S_{ut} \quad si \leq 1\,460 \text{ Mpa}$$

Para lo cual se obtiene un valor de S_e' de 285,41 Mpa.

Al haber obtenido todos los factores necesarios para el cálculo del límite de resistencia a la fatiga se evalúa en la ecuación antes mencionada para obtener un valor de:

$$S_e = 132,41 \text{ Mpa}$$

- Cálculo del factor de seguridad

El factor de seguridad que se busca se encuentra en un valor de 1,5 y 2 para tener la confianza necesaria que el eje de menor diámetro no cederá ante el esfuerzo de torsional. Para esto es necesario realizar un despeje para el factor de seguridad de la ecuación de la línea de segura de soderverg la cual queda de la siguiente manera:

$$FS = \frac{S_e * S_y}{\tau_a * S_y + \tau_m * S_e}$$

[Ec. 61] Cálculo del factor de seguridad

Al determinar el valor del factor de se obtuvo un valor de 1,9830 el cual es un factor de seguridad que se encuentra entre los valores esperados (1,5-2) por lo que el valor propuestos de los ejes de 50,80 mm en la sección de los alabes y 25,40 para el eje de salida son adecuados para la construcción.

2.2.4.4.3. Grosor del material

En esta parte se obtendrá el valor del grosor de las planchas de acero 304L deben tener para que el silo soporte a carga completa todo el material a mezclar. Para esto se aplicará la teoría de cilindros de pared delgada, la cual se puede utilizar siempre que se cumpla lo siguiente:

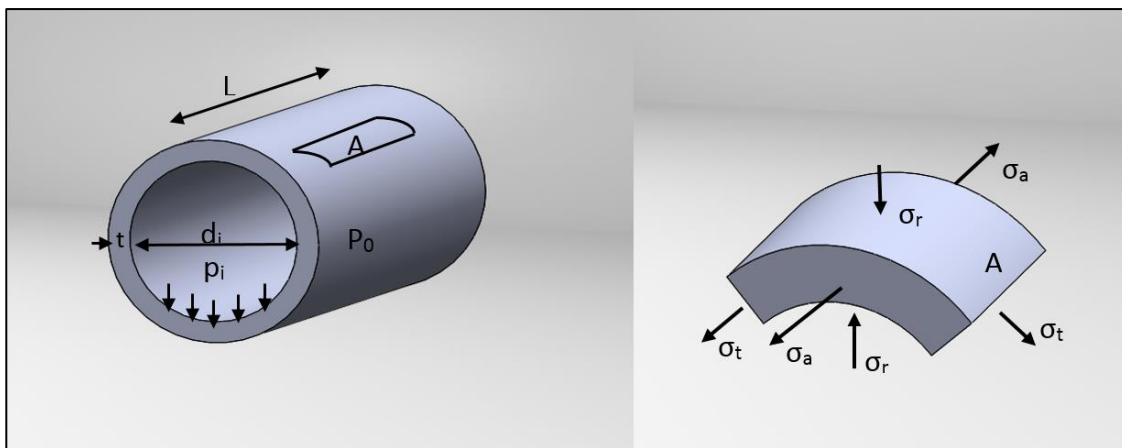
$$\frac{t}{d_i} \leq 0,10$$

Donde:

t = grosor del material

d_i = diámetro interior del cilindro

Figura 18. Esfuerzos en cilindros de pared delgada



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Es conocido que el silo de mezcla en su carga total estará aplicando una presión interior la cual se tomará como un silo lleno de agua con presión en todas partes dentro del mismo. El silo está sometido a tres tipos de esfuerzos: esfuerzo tangencial σ_t , esfuerzo axial σ_a y el esfuerzo radial σ_r . Ya que el silo no tiene una presión externa el esfuerzo radial es despreciable por ser demasiado pequeño, por lo tanto, se tiene que:

$$\sigma_r = 0$$

Por lo que el esfuerzo axial está dado por:

$$\sigma_a = \frac{p_i * d_i}{4 * t}$$

[Ec. 62] Cálculo esfuerzo axial

Y el esfuerzo tangencial está dado de la siguiente manera:

$$\sigma_t = \frac{p_i * (d_i + t)}{2 * t}$$

[Ec. 63] Cálculo esfuerzo tangencial

Donde:

p_i = presión interna

d_i = diámetro interior del silo (1,20 m)

t = grosor del material

La presión interna se determina de la siguiente manera:

$$p_i = d_{exp} * g * R$$

[Ec. 64] Cálculo presión interna

Donde:

d_{exp} = densidad experimental del material a mezclar. (945 kg/m³)

g = gravedad (10,00 m/s²)

R = radio del silo de mezcla (0,6)

Al evaluar los datos dentro de la ecuación se obtiene un valor para la presión interna de:

$$p_i = 5\,670\text{ Pa} = 5,670\text{ Kpa}$$

Se sabe que el esfuerzo cortante máximo viene dado por:

$$\tau_{max} = \frac{Ssy}{FS}$$

[Ec. 65] Cálculo esfuerzo cortante máximo

Donde:

Ssy = resistencia de fluencia de corte

FS = factor de seguridad

Se puede determinar Ssy de la siguiente manera:

$$Ssy = 0,577 * Sy$$

[Ec. 66] Cálculo resistencia de fluencia de corte

Donde:

S_y = esfuerzo de fluencia del material del acero 304L (205 Mpa)

Por lo que la resistencia de fluencia de corte es de un valor de:

$$S_{sy} = 118,285 \text{ Mpa}$$

Se debe elegir un factor de seguridad adecuado para que obtener un grosor confiable, este se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla XV. Factores de seguridad según la carga aplicada

TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 – 4	1.5 - 2	5 – 6	7
Las siguientes recomendaciones NO se deben adoptar si se hace análisis por fatiga				
Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 – 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 – 12	15
Choque fuerte	10 – 15	5 – 7	15 – 20	20

* Resistencia máxima se refiere a S_u , S_{uc} o S_{us} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)
 ** Resistencia de fluencia se refiere a S_y , S_{yc} o S_{ys} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

Fuente: FAIRES, V. M. *Diseño de elementos de máquinas*. p. 120.

Los valores que aparecen en la primera fila (en negrita), son valores mínimos del factor de seguridad para las condiciones dadas, para usos del proyecto se utilizará un valor mayor para el factor de seguridad, haciendo más

confiable el valor del grosor a obtener, por lo que se utilizará un valor de FS de 4. Entonces:

$$\tau_{max} = \frac{Ssy}{FS} = \frac{118,285 \text{ Mpa}}{4} = 29,571 \text{ Mpa}$$

[Ec. 67] Esfuerzo cortante máximo por medio de factor de seguridad

Se sabe que en un elemento donde actúan esfuerzos tridimensionales, habrá una orientación donde no actúan esfuerzos cortantes. Los tres esfuerzos normales antes mencionados son tres esfuerzos principales, si se denominan como σ_1, σ_2 y σ_3 teniendo en cuenta de ordenarlos de $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ quedan de la siguiente manera:

$$\sigma_1 = \sigma_x = \sigma_t$$

$$\sigma_2 = \sigma_y = \sigma_a$$

$$\sigma_3 = \sigma_z = \sigma_r$$

Con base en esto se tiene que el esfuerzo cortante máximo está dado por:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

[Ec. 68] Esfuerzo cortante máximo por medio de los esfuerzos aplicados en la pared del cilindro

Sabiendo que el esfuerzo tres es el esfuerzo radial el cual por falta de presión externa se reduce a cero se tiene que:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1}{2}$$

[Ec. 69] Esfuerzo cortante máximo por medio de los esfuerzos aplicados en la pared del cilindro simplificada

Colocando las diferentes variables se tiene que:

$$2 * \tau_{max} = \frac{p_i * (d_i + t)}{2 * t}$$

[Ec. 70] Esfuerzo cortante máximo sustituyendo variables

Al despejar el valor de t (grosor del material) y valuar en la ecuación resultante, se tiene que es necesario un valor de:

$$t = 0,00011m = 0,1151 \text{ mm}$$

Se puede notar que el grosor necesario para que el silo de mezcla soporte toda la carga del material de mezcla es bastante bajo, por lo que se propone un grosor de 3 mm el cual se adapta para la comodidad de la construcción de la máquina, además, de ser un grosor comercial en el mercado.

2.2.4.4. Estructura de soporte de la máquina

La estructura de soporte es la encargada de mantener a la máquina en una posición rígida y segura para su operación. Esta estructura debe de ser un marco de acero resistente a las condiciones del ambiente y en lo principal para resistir la corrosión de la sal. Para esta estructura se propone utilizar un tubo cuadrado con especificaciones de fabricación bajo la norma ASTM A500, ya que durante los recorridos en las dos salineras se pudo observar que las estructuras de las máquinas están realizadas con perfiles de acero para lo cual se realiza el siguiente estudio técnico de los parámetros de construcción del perfil propuesto.

- Estudio técnico del perfil ASTM A500

Para el estudio técnico de los valores técnicos del perfil propuesto para la estructura de soporte se realizó por medio de la empresa Terniun, a la cual se acudió para obtener toda la información de mayor relevancia para el diseño de la maquina fortificadora.

- Descripción del perfil ASTM A500

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente, utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal el cual puede tener sección de fabricación redondas, cuadradas y rectangulares. Tiene diversos usos como estructuras livianas y pesadas, carrocerías, postes, puentes y contenedores industriales, entre otras. Sus mayores características es la fácil forma de soldarlo, cortarlo, darle forma y maquinarlo.

- Normas de fabricación

Este tipo de perfil estructural es fabricado bajo la norma americana A 500-03 en grados A, B y C bajo norma europea EN 10219 julio 1998 en grados s235, s275, s355. Para validar las exigencias de la norma de fabricación se realizan los siguientes ensayos de verificación: inspección por ultrasonido al carbón de soldadura, ensayo de aplastamiento, ensayos no destructivos, inspección visual, verificación dimensional y metalográfica.

- Composición química

Este tipo de perfiles se fabrica con acero laminado en caliente de bajo contenido de carbono, alta soldabilidad y ductilidad según normas AISI/SAE el cual posee la siguiente composición química

Tabla XVI. **Composición química del perfil ASTM A500**

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PERFIL ASTM A500				
Grado	% C	% Mn	% P	% S
A/B	0,26	1,35	0,035	0,035
C	0,23	1,35	0,035	0,035

Fuente: Empresa Terniun. *Información técnica, tubería y perfiles.*

<http://www.grupoazero.mx/docs/Informacion-Tecnica-Tuberia-Y-Perfiles-2.pdf>. Consulta: 12 de octubre de 2015.

- Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son unas de las más importantes ya que son parámetros de diseño los cuales son utilizados para el estudio de compresión y pandeo realizado más adelante, para lo cual se presentan las siguientes propiedades:

Tabla XVII. **Propiedades mecánicas del perfil ASTM A500**

Grado	A (Mpa)	B (Mpa)	C (Mpa)
Limite elástico mínimo (S_u)	270	315	345
Resistencia a la tensión mínima (S_y)	310	400	425

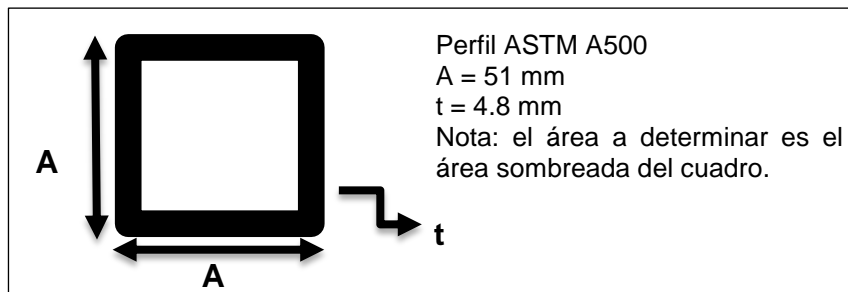
Fuente: Empresa Terniun. *Información técnica, tubería y perfiles.*

<http://www.grupoazero.mx/docs/Informacion-Tecnica-Tuberia-Y-Perfiles-2.pdf>. Consulta: 12 de octubre de 2015.

- Cálculos del área del tubo

Es importante determinar este dato para obtener el esfuerzo de compresión que se generará a lo largo del tubo y determinar si dicho material lo soporta.

Figura 19. **Cálculos del área del tubo**



Fuente: elaboración propia.

Al realizar los cálculos correspondientes se tiene un área de:

$$A_p = 8.28 * 10^{-4} m^2$$

- Cálculos de la carga de compresión de la estructura de soporte

Para realizar los cálculos que proporcionarán los datos necesarios para constatar que el material propuesto para la estructura de la máquina es el adecuado es necesario determinar el peso total que soportar dicha estructura. Para lo cual se tiene lo siguiente:

Tabla XVIII. **Peso de cada material propuesto para la estructura de la máquina**

Núm.	Parte de la máquina	Peso en Kg
1	Eje del tornillo	82,89
2	Alabes del tornillo	13,11
3	Silo de mezcla	55 kg
4	Motorreductor	200
5	Peso del material de mezcla	1000 kg
Total		1351

Fuente: elaboración propia.

Al analizar los datos de la tabla anterior se tiene que la estructura tiene que soportar un peso de 1351 kg que generan una fuerza de 13510 N.

- Análisis de esfuerzo de compresión

Al haber determinado el área es necesario analizar el esfuerzo de compresión que se concentra en el tubo de la estructura. Para esto ya se tienen los dos datos principales para el cálculo del mismo por lo que el esfuerzo viene dado por la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

[Ec. 71] Esfuerzo de compresión

Donde:

σ_c = esfuerzo de compresión

P = fuerza ejercida por la el peso total del maquina (13510 N)

A = área afectada por la fuerza ($8,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$)

Al evaluar los valores correspondientes se tiene un esfuerzo de compresión de:

$$\sigma_c = 16,31 \text{ Mpa}$$

Se debe de asegurar que este esfuerzo de compresión no traspase los límites del último esfuerzo que el material soporta. Para lo cual para tener la certeza de que esto no pasará se analiza el factor de seguridad entre el último esfuerzo que resiste el material ($S_y = 320 \text{ Mpa}$, valor usualmente usado para diseño y cálculos) y el esfuerzo aplicado al material (σ_c) por lo que el valor del factor de seguridad tiene un valor de:

$$FS = 19,61$$

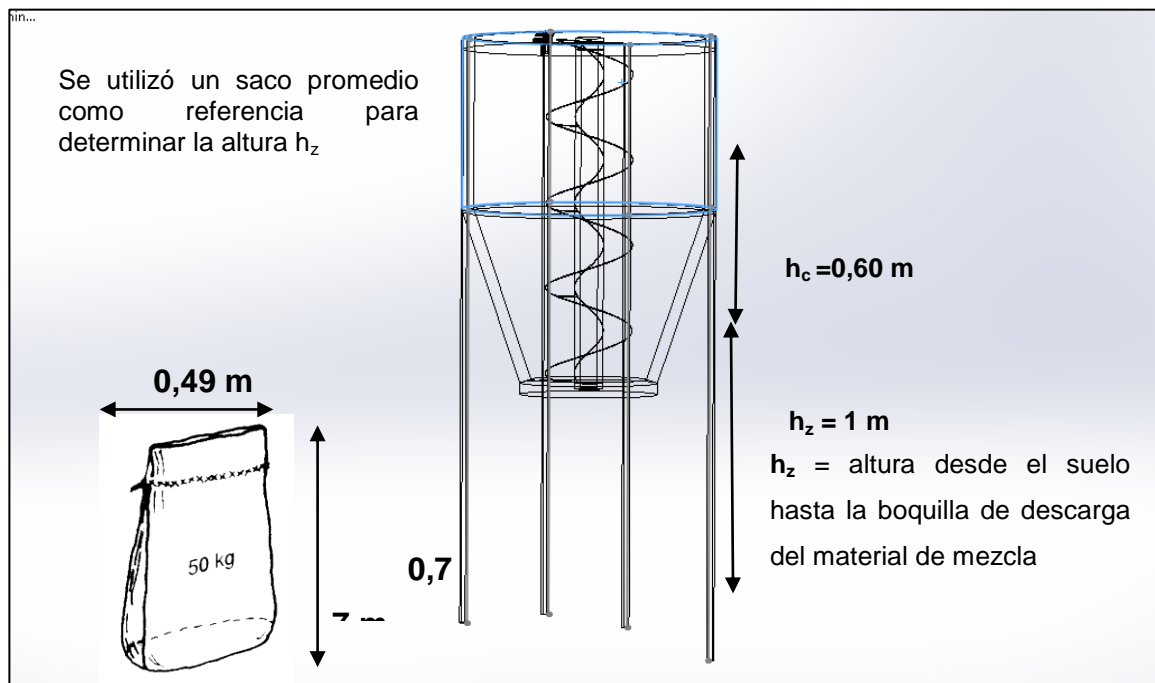
Al analizar el valor del factor de seguridad se puede estar seguros que el tubo ASTM A500 no fallará por el esfuerzo de compresión ejercido por todo el peso de la máquina. Es necesario notar que el análisis se realiza para un solo tubo con toda la carga de la máquina, el diseño de la estructura lleva 4 tubos que sostienen a toda la carga, por lo que existe mayor confiabilidad que la estructura no fallará por el esfuerzo de compresión.

- Análisis del pandeo de los tubos ASTM A500

Es necesario realizar el estudio acerca del pandeo que los tubos puedan tener a causa del peso que genera la máquina sobre los mismos, en este análisis se relaciona íntimamente la longitud de los tubos que estarán libres para sostener toda la máquina y el espesor del tubo. Este análisis consiste en determinar el tipo de esbeltez del perfil, para calificar si una columna fallará por esbeltez o por resistencia se debe determinar la relación de esbeltez. Se sabe

que las columnas esbeltas fallarán por pandeo antes que por resistencia, siendo esta una falla típica de elementos a compresión independientemente de la resistencia. A continuación se dan los parámetros tomados en cuenta para la realización del análisis de pandeo del perfil propuesto.

Figura 20. Longitud efectiva de la estructura de soporte



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Por cuestiones de ergonomía se propone una altura de un metro entre el tubo de descarga y el suelo por lo que $h_z = 1$ m. Por lo que la altura total a la cual estar sometida la estructura metálica es de 1,60 m.

Es necesario para continuar con el análisis determinar qué tipo de columna se analizará, por lo que es necesario realizar una comparación entre la

esbeltez y la esbeltez de transición, con esto se conocerá si la estructura de la máquina posee columnas largas o cortas.

- Esbeltez

La esbeltez de una columna da a conocer su comportamiento por medio de la relación de su longitud y las dimensiones de las secciones transversales. Esta relación viene dada por:

$$\lambda = \frac{kL_e}{r_g}$$

[Ec. 72] Cálculo de la esbeltez de una columna

Donde:

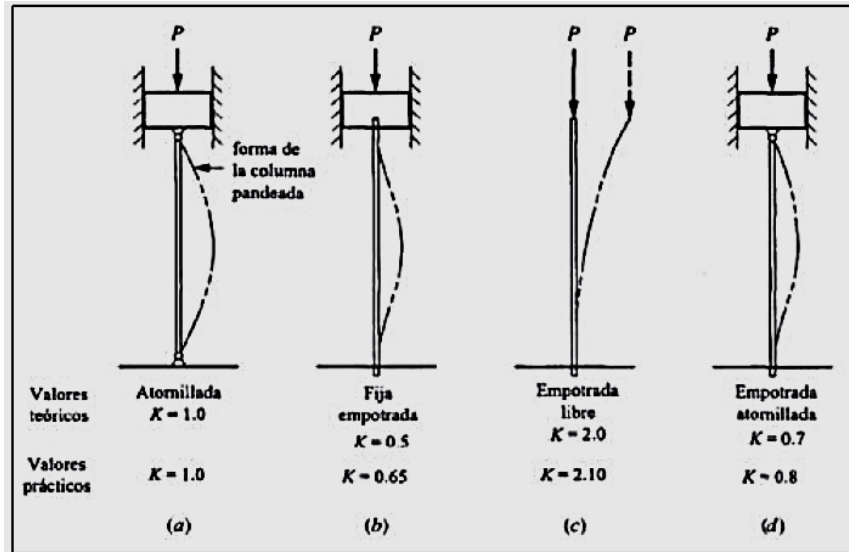
k = coeficiente de empotramiento de la columna

L_e = longitud efectiva (longitud entre empotramientos de la columna)

r_g = radio de giro

Para determinar el coeficiente de empotramiento se utiliza la siguiente tabla.

Figura 21. Coeficiente de longitud efectiva de la viga



Fuente: SHIGLEY J. *Manual de diseño mecánico*, p. 156.

Para lo cual se utiliza un valor de $k = 2,1$ ya que el perfil estará soldado por una parte lateral al silo de mezcla, creando un empotramiento libre entre la columna y el silo de mezcla.

El radio de giro está definido por la siguiente expresión:

$$r_g = \sqrt{\frac{I}{A_p}}$$

[Ec. 74] Cálculo del radio de giro de la columna

Donde:

I = inercia del perfil ($24,63 \text{ cm}^4$, por medio de tablas)

Al evaluar los datos correspondientes se obtiene un radio de giro con un valor de:

$$r_g = 1,724 \text{ cm} = 0,01724 \text{ m}$$

Con este valor del radio de giro del perfil se obtiene el valor de la esbeltez el cual es:

$$\lambda = 194,89$$

- Esbeltez de transición

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}}$$

[Ec. 75] Cálculo de la esbeltez de transición

Al evaluar los datos correspondientes se tiene un valor para la esbeltez de transición de:

$$C_c = 111,05$$

Al comparar la esbeltez con la esbeltez de transición se puede notar que la esbeltez de transición es de menor valor que la esbeltez; esto indica que se debe aplicar un análisis para una columna larga, utilizando el criterio de la carga crítica de Euler.

Ahora es necesario determinar la carga última que el perfil propuesto soporta, para que el mismo no se defleccione en su eje simétrico. Para este análisis se utiliza la carga crítica de Euler para columnas sometidas a

compresión, para determinar si la estructura no colapsará por pandeo lateral. Por lo tanto, la carga crítica está definida por:

$$P_E = \frac{\pi^2 * E * A_p}{\lambda^2}$$

[Ec. 76] Carga crítica de Euler para columnas sometidas a compresion

Donde:

E = modulo de elasticidad ($2,038 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2 = 199927,8 \text{ Mpa}$)

A_p = área del perfil ($8,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$)

λ = esbeltez de la comumna

Al evaluar los datos correctos dentro de la expresión para obtener el valor de la carga última que el perfil soporta se tiene:

$$P_E = 32489,15 \text{ N}$$

Esta carga es la que hará que el perfil propuesto se defleccione y la columna falle por pandeo lateral. Ahora se determina el factor de seguridad para la carga aplicada y la última carga que soporta el material.

$$FS = \frac{\text{Carga última que resiste el material}}{\text{Carga real aplicada al material}} = \frac{43308,14 \text{ N}}{13510 \text{ N}} = 3,20$$

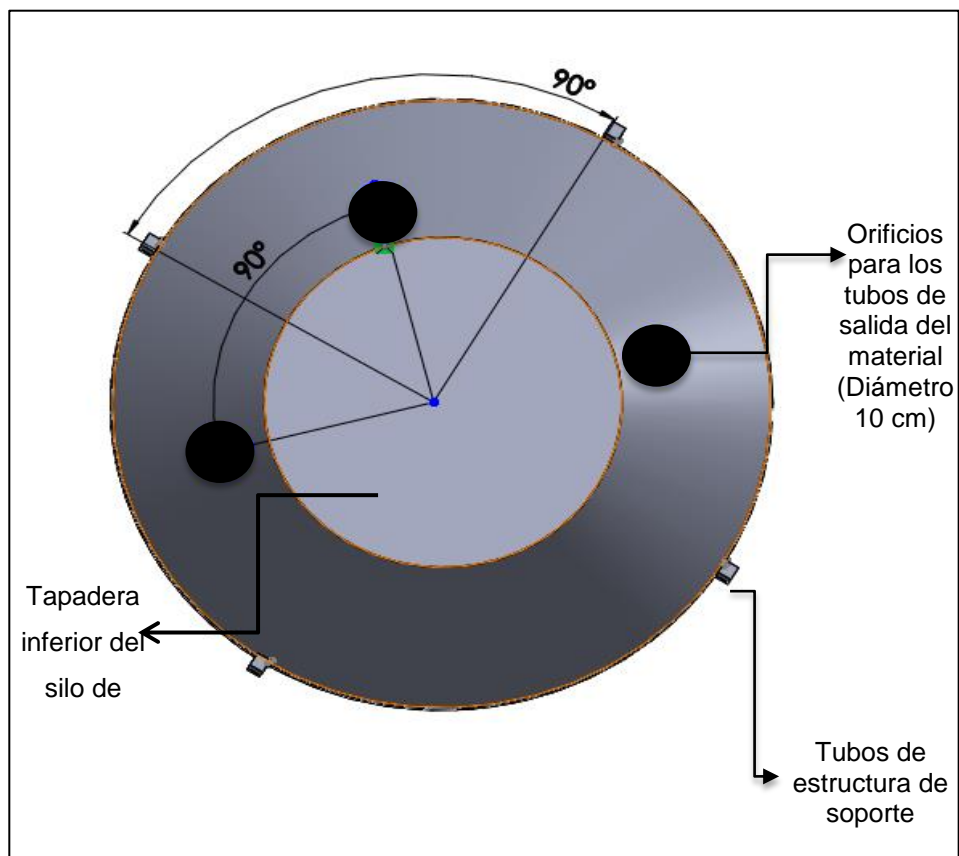
[Ec. 77] Carga aplicada y la última carga que soporta el material

El valor obtenido del factor de seguridad se encuentra dentro del rango de 3-4, por lo que se puede estar seguro que el tubo cuadrado ASTM A500 no fallará por pandeo cuando la máquina este trabajando a completa carga.

- Cálculos para el diseño de los tubos de descarga del material

Los tubos de descarga son los encargados de permitir que el material se desplace al exterior de la máquina y se envase en sacos ya sea para su distribución final o que luego se traslada al área de empaquetado. El material de fabricación es el mismo acero del cual está construido el resto de la máquina, esto para garantizar su durabilidad. Se dispone realizar 3 tubos de salida colocados en de la siguiente manera:

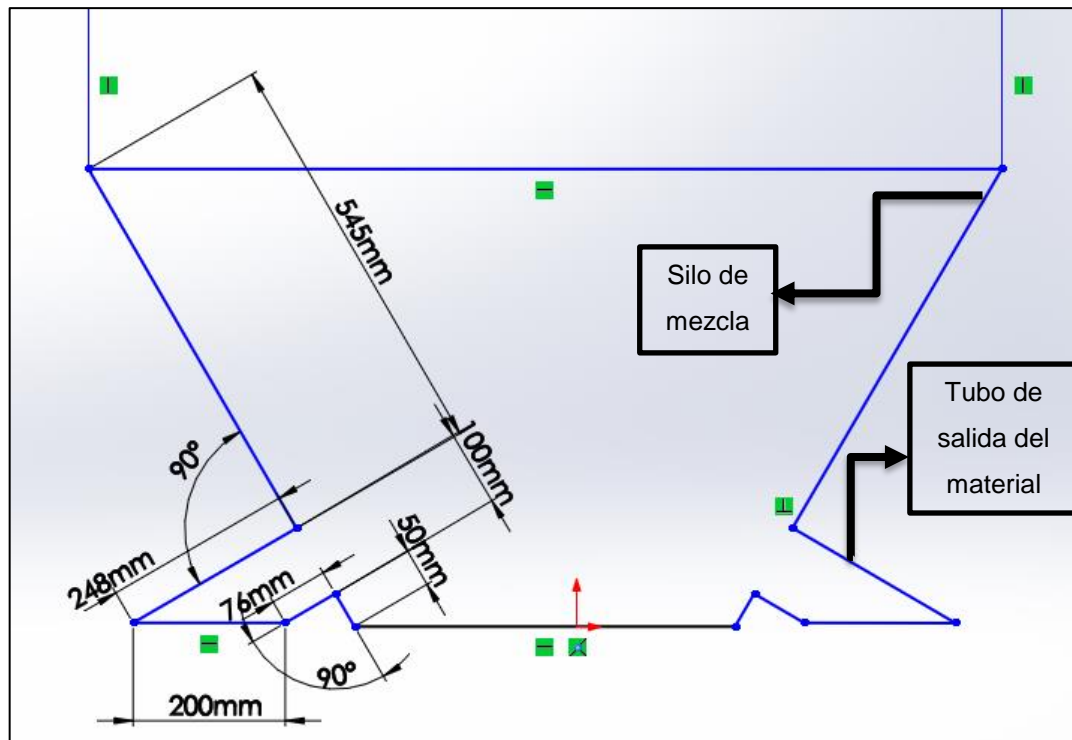
Figura 22. **Distancia entre los tubos de salida. Vista posterior del silo de mezcla**



Fuente: elaboración propia, empleando Solid Work 2013.

Es necesario definir el diámetro, el largo y el ángulo de inclinación de los tubos de salida, esto se realiza tomando en cuenta la ergonomía de los trabajadores para que laboren de una manera más cómoda al momento de operar la máquina. Las dimensiones de estas salidas se basan en el diámetro del tubo que transportará el material hasta los diferentes sacos para ser trasladado a su próxima área de proceso. Para esto se propone un diámetro de salida de 10 cm (100 mm) el cual permitirá que la sal salga por el tubo sin ningún atasco y un flujo constante, cabe mencionar que este diámetro puede estar sujeto a cambios al momento de la construcción de la máquina. Los tubos están en una dirección de 90° con relación a la pared inclinada del cono del silo de mezcla.

Figura 23. Dimensiones de los tubos de salida del material



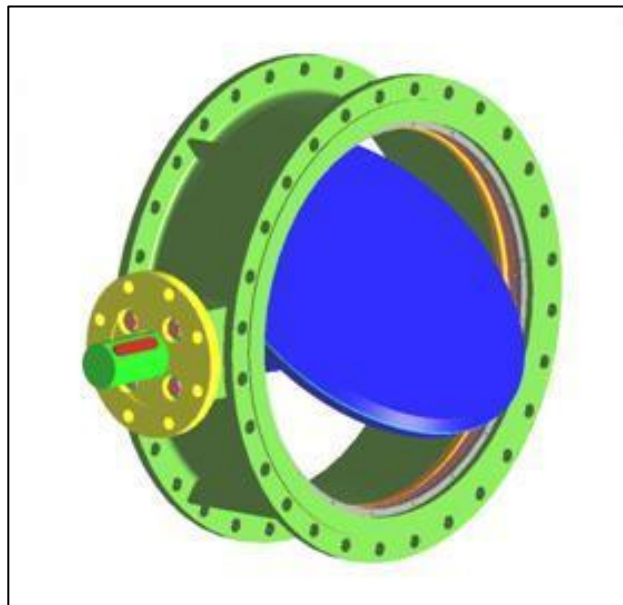
Fuente: elaboración propia.

Al dimensionar los tubos de descarga es necesario instalarles un dispositivo que corte el flujo del material mientras la máquina está trabajando y cuando es necesario descargarla permita dejar fluir el material mezclado hacia el exterior. Estos dispositivos pueden ser los siguientes:

- Válvula de mariposa para silos

Esta llave es un dispositivo que permite reducir o cortar el flujo de un material en un tubo transportador. Esta válvula aumenta o reduce la sección tubular por medio de placa que comúnmente se llama mariposa que gira sobre un eje el cual posee una llave en la parte exterior del tubo para manipular la mariposa y así controlar el flujo del material que pasa a través del tubo.

Figura 24. **Válvula de mariposa**



Fuente: Valvias. *Válvula de mariposa*. <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-mariposa.php>.

Consulta: 5 de noviembre de 2015.

- Válvula de guillotina

Este tipo de válvula también cumple las mismas funciones que la válvula anteriormente descrita a diferencia que esta soporta más presiones por el tipo de diseño. Consta de una compuerta con movimiento vertical la cual sube y baja interrumpiendo el flujo dentro del tubo de descarga. Se acciona por medio de un tornillo superior que desplaza la compuerta dentro de una carcasa que permite un desplazamiento uniforme.

Figura 25. **Válvula de guillotina**



Fuente: Provaltec, *Válvulas técnicas*. <http://www.provaltec.cl/guillotina/lug/acero-inoxidable/valvula-guillotina-lug-acero-inoxidable-150-detail>. Consulta: 5 de noviembre de 2015.

2.3. Manual de construcción de la máquina

En esta sección se realizará un manual a pequeña escala sobre la construcción de la máquina, el mismo será una pequeña guía sobre los aspectos técnicos que se deben tomar en cuenta para lograr que su construcción se realiza conforme el diseño anteriormente planteado.

2.3.1. Generalidades

Para realizar la construcción de la máquina mezcladora de yodo y flúor para sal se debe contar con un taller de metal-mecánica completo y personal técnico que trabaje a la perfección con acero inoxidable. Para esto se detalla a continuación una lista de las herramientas más importantes para el desarrollo del proyecto:

- Torno industrial
- Dobladora
- Cizalla para acero inoxidable
- Roladora para acero inoxidable
- Fresadora
 - Fresas escalonadas
 - Fresas avellanadoras
- Taladro de pedestal
 - Juego de brocas rectificadas
 - Brocas de cobalto y de titanio
 - Brocas con mago cilíndrico, reducido, hexagonal y cónico

- Juego de machos
 - Reparación de roscas
 - Machos insertos
 - Terrajas
 - Gira machos

- Soldadora eléctrica manual
 - Electrodo E312-13

- Herramienta para mecánica de banco
 - Sierra
 - Cepillo
 - Lima.
 - Limatón
 - Martillo

- Banco de trabajo
 - Prensa

- Equipo de medición
 - Micrómetro
 - Pie de rey
 - Metro metálico
 - Niveles

2.3.1.1. Objetivos

- Proveer una guía para la construcción de la máquina que permita desarrollar de una forma eficiente y eficaz la construcción de la máquina.

- Crear diagramas de procesos de las actividades que conllevan la construcción de la máquina para facilitar el proceso de construcción.
- Documentar los procedimientos más importantes para detallar los aspectos técnicos de la construcción de la máquina.

2.3.1.2. Alcances

El siguiente manual reúne varias técnicas y procedimientos aplicables a la construcción de la máquina mezcladora las cuales son desarrolladas de una forma sencilla y clara para la fácil comprensión del lector que en este caso es el personal de las salineras. El manual abarca lo más básico para la construcción de la máquina el cual va desde la documentación de los procedimientos más básicos que se deben de aplicar para su construcción. También se realizan diagramas de operaciones y de ensamble que son una guía de todas las actividades a realizar para llevar a cabo la máquina mezcladora.

2.3.2. Procedimientos

En esta sección se describen algunos procedimientos importantes que se deben realizar para la construcción de la máquina. Se pretende dar a conocer los aspectos técnicos para trabajar de una manera correcta con el acero inoxidable.

- Procedimiento de corte de acero inoxidable
 - Objetivo

Proporcionar de conocimientos técnicos sobre el procedimiento de corte de acero inoxidable.

- Alcance

Este procedimiento se aplica en las actividades construcción, mantenimiento, modificación y reparación de la máquina ya sea en su totalidad o una tarea parcial.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el técnico mecánico del área de mantenimiento y reparación de la máquina.

- Definiciones

- Aserrado: cortar o dividir con una sierra la madera, metal u otro material.
- Cizallado: es la separación de una lámina o perfil sin arranque de viruta utilizando una cizalla.
- Punzonado: mecanismo de rotura de planchas causado por una carga concentrada que genera una rotura por corte que afecta a la placa en un determinado perímetro que rodea la huella de la carga.
- Maquinado: remover por medio de una herramienta de corte todo el exceso del material, de tal forma que la pieza terminada sea realmente de forma y características deseadas.

- Aspectos a considerar

El acero inoxidable puede cortarse con una gran variedad de técnicas como el aserrado, cizallado, punzonado, el corte por chorro de agua, corte

plasma y el corte láser. Se debe tomar en cuenta que no se puede utilizar la técnica de corte con oxiacetilénico. No se puede asegurar que un proceso sea mejor que otro, todos tienen ventajas y desventajas, la recomendación es que para seleccionar adecuadamente el método ideal, el fabricante deberá considerar los factores particulares de su requerimiento: espesor de material, velocidad de corte que necesita, acabado de la pieza a cortar, precisión, afectación de la zona térmicamente, necesidad de operaciones secundarias, complejidad de la pieza a cortar, costos de la operación e inversión. En esta sección se enfocarán los tres métodos de corte más particulares:

- Aserrado, Cizallado y punzonado

Para el maquinado de acero inoxidable es muy útil el cizallado y punzonado, cortes fríos, en los que no existe calor que pueda afectar o distorsionar las propiedades especiales de este tipo de acero, es multidireccional (puede cortar en cualquier dirección), no deja agrietamiento en el corte que pudiera favorecer eventualmente la corrosión. Su principal desventaja es que requiere operaciones secundarias de acabado; el punzonado tiene la limitación de cortar espesores menores que los que cortan los métodos térmicos; por ejemplo, el espesor máximo del acero inoxidable que se puede punzonar es de aproximadamente 20 mm, pero es importante considerar que en espesores mayores de 10 mm se pueden agrietar las líneas de corte y favorecer así la corrosión.

En estos procesos, es muy importante limpiar todas las cuchillas, punzones, dados y utillaje que tengan contacto con el material, también preparar y pulir el borde expuesto al ambiente del acero para eliminar rendijas o hendiduras. Si se deben efectuar operaciones de trazado, hay que evitar el uso de punzones duros y procurar utilizar lápices o marcadores de fácil eliminación

con un trapo o disolvente. Si las láminas de inoxidable están protegidas con película plástica se deberá trazar sobre esta. Para cortar el acero inoxidable con sierra se deben utilizar las sierras circulares, que son las más adecuadas para esto. Este tipo de sierras permite un sinfín de cortes en distintos materiales, solo hace falta seleccionar la cuchilla correcta. No hay que forzar, sino hacer el movimiento suave pero firme para que el acabado sea completamente limpio. A continuación se detallan los diferentes tipos de corte con algunas generalidades.

Tabla XIX. **Métodos de corte del acero inoxidable**

Métodos de corte del acero inoxidable		
Método	Espesor/geometría	Observaciones
Guillotina	Láminas, cintas, placas finas	Se debe realizar una preparación previa del borde expuesto al ambiente para eliminar el riesgo de formación de rendijas.
Corte por sierra y abrasivo	Amplio rango de espesores	Se recomienda eliminar restos de lubricantes o líquidos de corte antes de proceder a la soldadura o al tratamiento térmico previo.
Maquinado	Formas geométricas variadas	Se recomienda eliminar restos de lubricantes o líquidos de corte antes de proceder a la soldadura o al tratamiento térmico previo.
Corte con arco de plasma	Amplio rango de espesores	Antes de soldar, se debe amolar los bordes y superficies cortadas para limpiar bien el metal.
Corte con polvo metálico	Amplio rango de espesores	Se trata de un corte menos preciso que el corte con plasma, y además una vez efectuado el corte se deben eliminar todas las escorias formadas.
Corte por arco de grafito	Usado para acanalar la parte posterior del cordón de soldadura y para cortar piezas con formas irregulares	Antes de soldar, se deben amolar los bordes y superficies cortadas para limpiar bien el metal.

Fuente: *Ingemecánica*; <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 15 de noviembre de 2015

- Procedimiento

Tabla XX. **Procedimiento de corte del acero inoxidable**

PROCEDIMIENTO DE CORTE DEL ACERO INOXIDABLE			
FECHA: Octubre de 2016		EDICIÓN Núm. : 1	FECHA DE EDICIÓN:
CÓDIGO: P1		PÁGINA: 1 de 1	RESPONSABLE: técnico mecánico
Núm	Procedimiento	Herramientas	Recursos/equipo
1	Determinar el tipo de acero inoxidable a cortar y determinar si este posee recubrimiento de PVC.	-Cuchilla	
2	Preparar la sierra circular ajustando el disco de corte y la protección del mismo.	-Llaves para tornillos	
3	Colocarse equipo de seguridad adecuado para realizar el procedimiento de corte.		-Guates de cuero -Caretta plástica -Mascarilla -Casco
4	Buscar una superficie plana donde colocar la plancha, colocarla en una posición de corte y sujetarla.	-Banco de trabajo -Mordazas o caballete de acerrar	
5	Medir la zona o el área cortar, marcándolo con un punzón de corte, si el acero posee recubrimiento de PVC realizar el marcado sobre el mismo.	-Punzón de corte -Cinta métrica -Escuadra	-Tiza de color oscura
6	Colocar la sierra alineada con la marca de corte realizada anteriormente.	-Escuadra	
7	Encender la sierra circular y comenzar a deslizarla sobre la marca. No hay que forzar sino hacer el movimiento suave pero firme para que el acabado sea completamente limpio.		
8	Limar el corte con una lima suave para metales para desbastar la superficie rugosa después del corte.	-Lima -Limatón	

Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento de doblado del acero inoxidable

- Objetivo

Proporcionar los conocimientos técnicos sobre el procedimiento de doblado del acero inoxidable.

- Alcance

Este procedimiento se aplica en las actividades construcción, mantenimiento, modificación y reparación de la máquina ya sea en su totalidad o una tarea parcial de la misma.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el técnico mecánico del área de mantenimiento y reparación de la máquina.

- Definiciones

- Deformación: cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmico.
 - Fleje: cinta continua plástica o metálica utilizada para sujetar o proteger algún elemento.
 - Abrasivo: desgaste o pulido por fricción, especialmente en la superficie de un material.
 - Tensión: acción de fuerzas opuestas a que está sometido un cuerpo.

- Aislar: poner un cuerpo fuera del alcance de la propagación de energía calorífica, sonora, entre otros, mediante el uso de materiales aislantes.
- Aspectos a considerar

El doblado del acero inoxidable no requiere, necesariamente, herramientas especiales y tiende a ser un método particularmente económico para producir componentes geoméricamente simples. Es importante tener presente que el comportamiento tensión-deformación del acero inoxidable difiere del comportamiento del acero al carbono en varios aspectos; la fabricación en frío del acero inoxidable genera un endurecimiento del material, es por ello que se requiere mayor fuerza para transformarlo que la requerida para doblar el acero al carbono.

Así mismo, el acero inoxidable tiende más a la recuperación elástica, que el acero al carbono, en ese sentido debe sobre-doblarse. En cualquier caso, hay que señalar que el acero inoxidable puede absorber impactos considerables sin que sobrevenga la fractura, gracias a su excelente ductilidad y a sus características de endurecimiento por deformación. Se puede conformar y doblar acero inoxidable incluso si el material se adquirió con altos acabados de fábrica, como el 2B, P3 y P4.

Generalmente se pueden solicitar al proveedor los rollos, flejes, hojas, entre otros, con una película plástica protectora y mantenerla durante los procesos de transformación para aislar la superficie de daños. También se recomienda también para los procesos de doblado evitar desplazar el material sobre elementos o superficies abrasivas, ásperas o con esquinas que puedan causar cualquier daño al acero.

La tendencia del material a regresar a la forma original, conocida como memoria elástica depende de los siguientes parámetros: el espesor de la lámina el radio del doblado, el ángulo de doblado, el tipo de material, el límite elástico del material y el tratamiento térmico del material.

- Procedimiento

Tabla XXI. **Procedimiento de doblado del acero inoxidable**

PROCEDIMIENTO DE DOBLADO DE ACERO INOXIDABLE			
FECHA: octubre de 2016		EDICIÓN Núm. : 1	FECHA DE EDICIÓN:
CÓDIGO: P1		PÁGINA: 1 de 1	RESPONSABLE: técnico mecánico
Núm.	Procedimiento	Herramientas	Recursos/equipo
1	Preparar la pieza a la cual se le realizara el dobles.	-Cinta métrica -Lima	-Guantes de cuero -Lentes protectores
2	Preparar la máquina de rodillos (distancia entre rodillos).	-Llaves para tuercas	
3	Colocar la pieza de metal en la zona inicial de la roladora.		-Guantes de cuero -Lentes protectores
4	Si la roladora es hidráulica ajustar la velocidad de doblado.		
5	Ajustar la posición de rodillos para determinar el ángulo de doblado.	-Llaves para tuercas	
6	Realizar el doblado verificando la distancia de los rodillos.		-Guantes de cuero -Lentes protectores
7	Verificar que la pieza tenga las dimensiones deseadas.	-Cinta métrica	

Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento de soldadura del acero inoxidable
 - Objetivo

Proporcionar los conocimientos técnicos sobre el procedimiento de soldado del acero inoxidable.

- Alcance

Este procedimiento se aplica en las actividades construcción, mantenimiento, modificación y reparación de la máquina ya sea en su totalidad o una tarea parcial.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el técnico mecánico del área de mantenimiento y reparación de la máquina.

- Definiciones

- Austenítico: grupo principal de aceros inoxidable de la cual la composición más habitual es 18 % Cr y 8 % Ni
- TIG: tipo de soldadura que se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces con torio o circonio en porcentajes no superiores a un 2 %.
- MIG: soldadura con metal gas activo, es un proceso en el que se forma un arco eléctrico entre un electrodo y una pieza de trabajo de metal que calienta los metales y causa que se derritan y se unan.

- Aspectos generales

Esta sección es una de las más importantes ya que la soldadura eléctrica es el procedimiento con el cual se sujetarán todas las partes de la máquina, ya que el mayor porcentaje de la construcción de la máquina se realiza ensamblando diferentes secciones de acero inoxidable es necesario determinar la diferencia entre soldar acero inoxidable y aceros al carbono.

En la tabla XXII se muestra una primera comparativa de la influencia de las propiedades físicas en la soldadura de aceros inoxidables austeníticos frente a los aceros al carbono.

Tabla XXII. **Comparativa entre la soldadura en aceros inoxidables vs aceros al carbono**

Comparativa entre la soldadura en aceros inoxidables austeníticos Vs. aceros al carbono			
	Aceros inoxidables austeníticos	Aceros al carbono	Observaciones
Punto de fusión	1400 - 1450 °C (Acero inoxidable AISI 304)	1 540 °C	El acero inoxidable tipo 304 requiere menos calor para producir la fusión, lo cual significa una soldadura más rápida para el mismo calor aportado por la fuente de soldeo, o bien, requiere emplear menos calor para la misma velocidad de soldeo.
Velocidad de conductividad térmica a 100 °C a 650 °C	28 % 66 %	100 % 100 %	El acero inoxidable 304 conduce el calor mucho más lentamente que los aceros al carbono, lo cual va a producir gradientes de temperatura más pronunciados. Esto va a originar como resultado que se genere una mayor deformación en la pieza soldada. Esto va a provocar que la zona soldada permanecerá caliente por más tiempo, originándose así un mayor riesgo de producirse fenómenos como la precipitación de carburos de cromo, que como se verá más adelante, va a reducir la resistencia a la corrosión del acero.

Continuación de la tabla XXII.

Resistencia Eléctrica (microhm.c m,aprox.)			Esto tiene especial relevancia en los métodos de soldeo por resistencia eléctrica. En efecto, una mayor resistencia eléctrica de los aceros inoxidables 304 implica que se genera mayor calor para el paso de la misma corriente eléctrica. Esta propiedad, junto con la menor velocidad de conductividad térmica de los aceros inoxidables, va a condicionar que los métodos de soldeo por resistencia eléctrica sean más efectivos en los aceros inoxidables que en los aceros al carbono.
a 20 °C	72,0	12,5	
a 885 °C	126,0	125	
Expansión térmica pulg./pulg./°C x 10 ⁻⁶	17,6 (20 - 500 °C)	11,7 (20 - 628 °C)	El acero inoxidable 304 se expande y contrae a una velocidad más alta que los aceros al carbono, lo cual significa que son más propensos a sufrir grandes deformaciones durante la soldadura. Por lo tanto, en el caso de los aceros inoxidables habrá que cuidar el proceso de embridado de las piezas con el fin de permitir la expansión y contracción de manera que se pueda controlar la deformación y el desarrollo de tensiones térmicas después del enfriamiento.

Fuente: *Ingemecánica*; <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 15 de noviembre de 2015.

- Tipos de soldadura para el acero inoxidable

Los aceros inoxidables se pueden soldar empleando la mayoría de los procesos comerciales de soldadura, siendo los más populares: la soldadura manual con electrodo revestido, el procedimiento TIG y el procedimiento MIG. No obstante, existen otros procesos que pueden ofrecer ciertas ventajas

respecto a los anteriores cuando se trata de altas producciones o fabricaciones especiales.

Por ejemplo, el proceso de soldeo por arco con electrodo tubular ha tenido gran avance en los últimos años, produciendo una soldadura de mucha calidad en los aceros inoxidable y de mayor eficiencia que los procedimientos con electrodo revestido.

En otras ocasiones, cuando los espesores de las piezas a soldar sobrepasan los 6 mm, o bien para soldadura en solapa, el procedimiento de soldadura por arco sumergido resulta el más rentable y de mejor aplicación.

Por el contrario, la soldadura oxiacetilénica no se recomienda para la soldadura de aceros inoxidable. Ello es debido porque durante la soldadura se generan óxidos de cromo de un elevado punto de fusión, superior al del metal base. Estos óxidos no funden y quedan sobre la superficie del baño dificultando el proceso de soldadura, además de disminuir la resistencia a la corrosión, tanto de la soldadura como de las áreas adyacentes.

- Aspectos operativos para el procedimiento de soldadura en acero inoxidable

Hay que reseñar que la soldadura en los aceros inoxidable genera un baño que en general resulta menos fluido que el de un acero ordinario o al carbono, y además la penetración obtenida en la soldadura no es tan grande. Para compensar estos inconvenientes se debe prestar especial atención a las operaciones previas de preparación y separación de bordes. En este sentido, se recomienda realizar siempre un chaflán en los bordes para facilitar la fluidez y

penetración del baño de fusión, además de poder conseguir así de más espacio para que la pasada de raíz pueda ser más ancha.

Además, en comparación con el resto de aceros al carbono, los aceros inoxidable muestran una mayor resistencia eléctrica debida a su estructura interna y composición, lo que implicará el empleo de mayores niveles de intensidad de corriente en el equipo de soldeo eléctrico, entre un 25 % y 50 % superior a los utilizados para soldar un acero común.

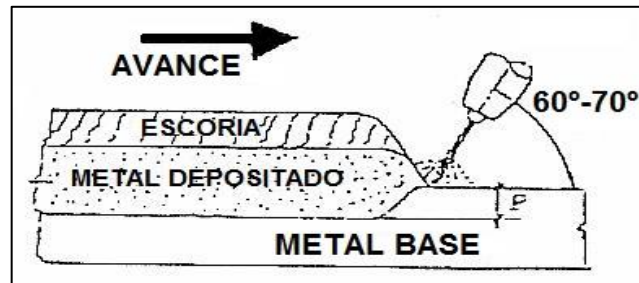
Si se emplease una corriente de intensidad demasiado baja dará lugar a un arco inestable, con interferencias de la escoria en el arco que terminará pegándose en el electrodo y dará lugar a una incorrecta forma del cordón. Por el contrario, si se emplea una corriente de intensidad demasiado elevada generará un salpicado excesivo y poco control sobre el baño de fusión, que terminará produciendo fisuras y una pérdida de resistencia a la corrosión por pérdida de cromo en la composición final del cordón.

En cuanto a la posición a mantener del electrodo, esta dependerá de las distintas técnicas de avance en función de la posición en que se realiza la soldadura:

- Soldadura a derecha

La soldadura a derecha proporciona una mayor penetración y avance de la pistola. Por otro lado, se evita el riesgo de inclusiones de escorias y, además, disminuye la probabilidad de formación de poros o de falta de fusión del baño. Genera un baño muy caliente y fluido, lo que requiere cierta habilidad por parte del operario. Se ejecuta mediante pasadas estrechas.

Figura 26. **Soldadura a derecha**



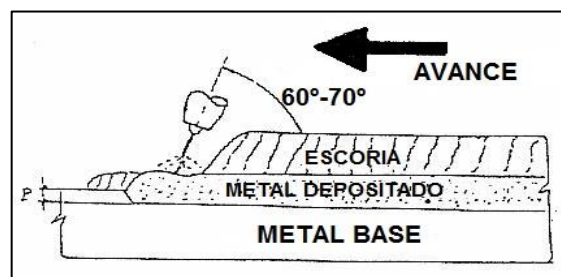
Fuente: *Ingemecánica*; <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 17 de noviembre de 2015.

- Soldadura a izquierda

La soldadura ejecutada a izquierda proporciona poca penetración, por lo que sólo se recomienda para soldar chapas finas. Por otro lado, requiere menor intensidad de corriente, por lo que el calor aportado al proceso es menor. Tiene tendencia a la formación de poros y de falta de fusión en el baño. Genera cordones anchos.

Figura 27. **Soldadura a izquierda**



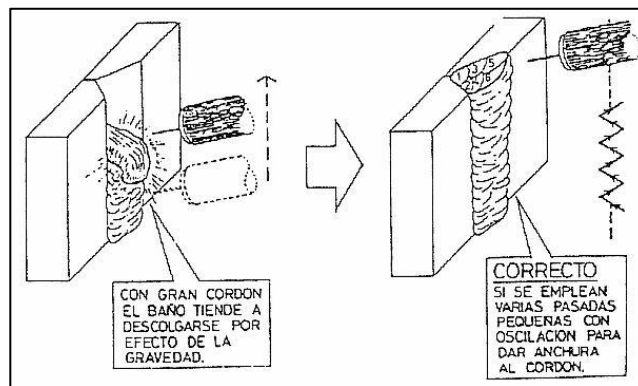
Fuente: *Ingemecánica*; <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 17 de noviembre de 2015.

- Soldadura vertical

Para soldadura vertical el electrodo se recomienda mantenerlo perpendicular a la pieza, usándose una leve oscilación en la pasada de raíz.

Figura 28. Soldadura en vertical



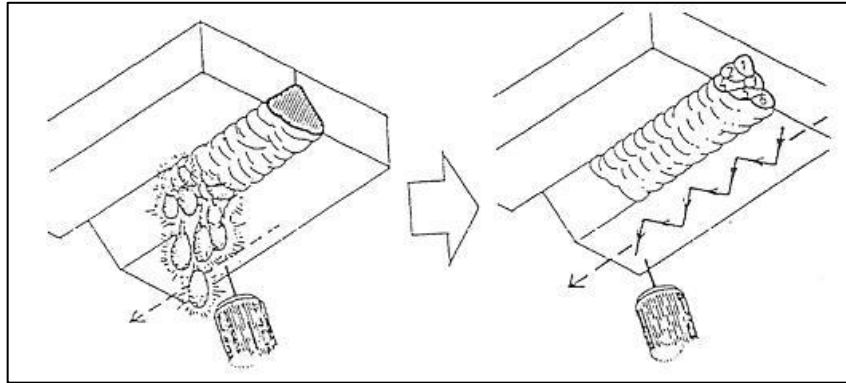
Fuente: *Ingemecánica*; <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 17 de noviembre de 2015.

- Soldadura en techo

Para las soldaduras ejecutadas en techo se recomienda realizar varias pasadas pequeñas con oscilación.

Figura 29. **Soldadura en techo**



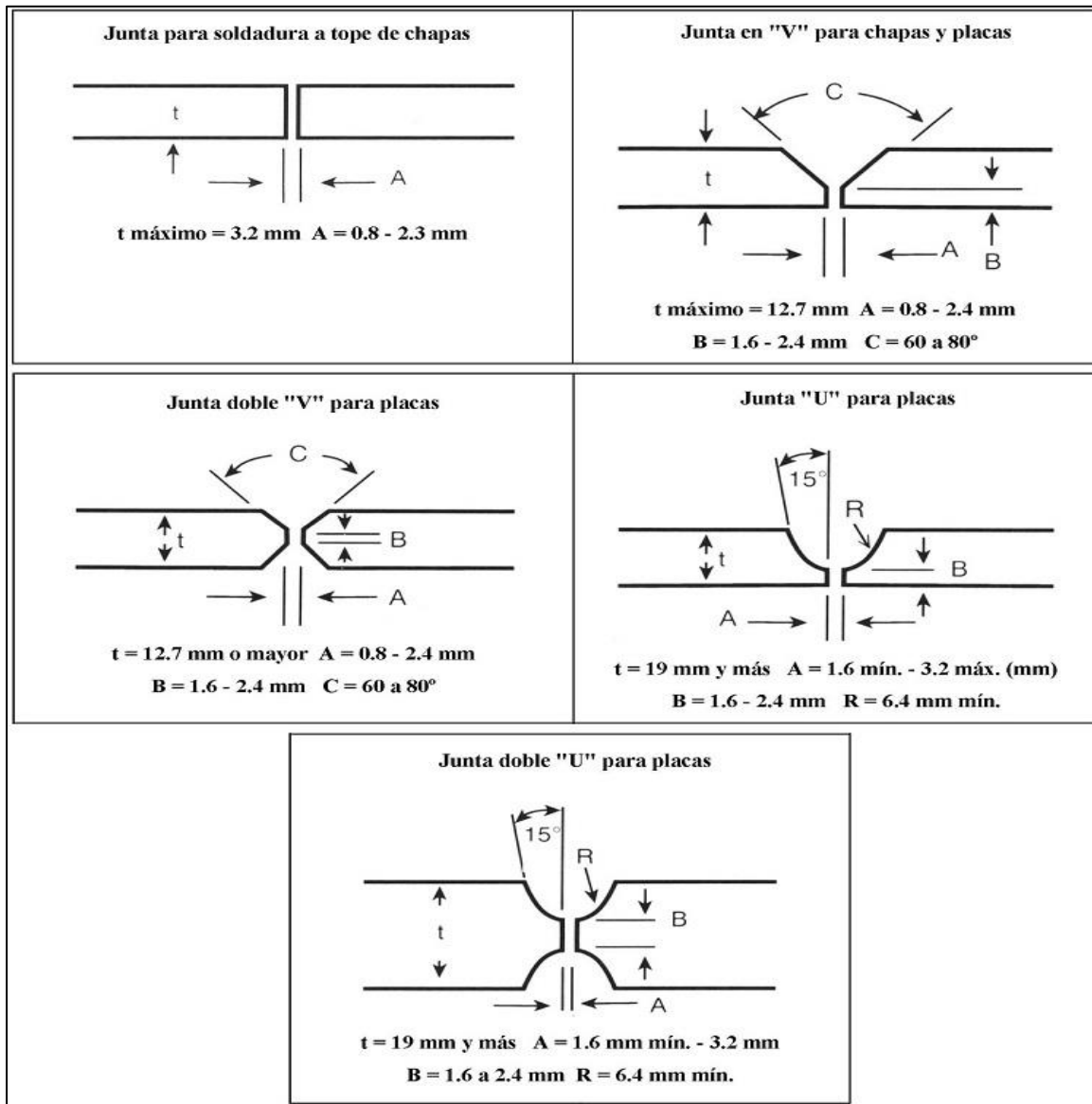
Fuente: *Ingemecánica*; <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 18 de noviembre de 2015

- Preparación de bordes antes de la soldadura

La soldadura no solo depende de los diferentes aspectos técnicos antes mencionados sino que también de la preparación de las piezas antes de ser soldadas. A continuación, se muestran las preparaciones de borde recomendadas para la soldadura de chapas y planchas de acero inoxidable, con objeto de obtener un cordón de soldadura final con un diseño óptimo:

Figura 30. Preparación de bordes antes de la soldadura



Fuente: *Ingemecánica*. <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html#seccion22>.

Consulta: 18 de noviembre de 2015.

- Penetración de la soldadura

Para que una soldadura a tope pueda desarrollar totalmente sus propiedades de resistencia mecánica es necesario que la penetración del metal de aporte sea completa, de manera que rellene todo el espacio entre las piezas soldadas.

Es muy importante evitar que se formen huecos o rendijas sin rellenar de material de aporte por una falta de penetración pues esto, además de reducir la resistencia mecánica de la soldadura, es un foco de corrosión.

Por lo tanto, grietas y rendijas se convierten en puntos críticos por donde suele comenzar la corrosión del metal. Por ello, habrá que poner especial atención a la penetración de la junta soldada y disponer de un espacio mayor para el cordón de raíz de manera que favorezca el relleno con material de aporte. Por esa razón, una vez realizada la soldadura, se hace necesario realizar el sellado de grietas, hendiduras, rendijas o el relleno de cráteres, pues son el origen de fenómenos corrosivos que reducen la resistencia del metal.

- Otros aspectos importantes para una correcta soldadura

- Humedad

Otros de los aspectos que habrá que cuidar mucho es la humedad, cuya presencia puede producir porosidades en el cordón de soldadura. La humedad no sólo puede presentarse en el ambiente que rodea mientras se ejecuta la soldadura, sino que puede estar presente a través del metal base o estar ya impregnada en el propio revestimiento de los electrodos inoxidables que se empleen. Para ello se recomienda mantener los electrodos en ambientes

cerrados y calefactados a 100 °C, o bien en termos portátiles hasta su utilización, para evitar que se produzca la absorción de humedad por parte del revestimiento del electrodo. Síntomas que avisan de la presencia de humedad en el revestimiento de los electrodos es la dificultad que presenta la remoción de la escoria de la superficie del cordón o la presencia visible de porosidad.

- Limpieza

Otro aspecto a cuidar es la limpieza tanto del propio cordón como de las zonas cercanas en una distancia de 5 a 8 cm. Una limpieza insuficiente podrá provocar una pérdida de resistencia a la corrosión del propio cordón de soldadura o de las zonas adyacentes afectadas térmicamente por la soldadura, así como dar origen a una posible aparición de fisuras, porosidad o discontinuidades internas por falta de fusión.

- Ventilación y control de humos

Una adecuada ventilación es importante para minimizar la exposición de los operarios soldadores al humo producido por la soldadura. Además de una buena ventilación, los soldadores deben evitar aspirar los humos que se desprenden del trabajo de soldeo, posicionándose de tal manera que su cabeza se encuentre fuera de la columna de humo. La composición de los humos de soldadura varía con el metal de aporte y el proceso. Las soldaduras por arco también producen gases como ozono y óxidos de nitrógeno. Se ha manifestado preocupación en la soldadura con consumibles de acero inoxidable y aceros de alta aleación debido al cromo, y en menor grado al níquel, presentes en los humos de soldadura. Una buena ventilación minimizará estos riesgos a la salud.

- Procedimiento

Tabla XXIII. **Procedimiento de soldado del acero inoxidable**

PROCEDIMIENTO DE SOLDADO DEL ACERO INOXIDABLE			
FECHA: octubre de 2016		EDICIÓN Núm. : 1	FECHA DE EDICIÓN:
CÓDIGO: P1		PÁGINA: 1 de 1	RESPONSABLE: técnico mecánico
Núm.	Procedimiento	Herramientas	Recursos/equipo
1	Reconocer el tipo de material a soldar y determinar las características y especificaciones para realizar una buena soldadura.		
2	Determinar el tipo de material de aporte que se utilizara y verificar su compatibilidad con el material a soldar.		
3	Preparar la pieza a soldar: -Parámetros de diseño -Tipo de corte de la pieza -Preparación y limpieza de los bordes -Ensamble parcial de la pieza	-Pulidora -Punzón -Cinta métrica	-Lija -Tiza
4	Las partes a soldarse una vez alineadas deben mantenerse en posición mediante tornillos, cuñas u otros medios adecuados.	-Tornillos -Cuñas -Sargento -Vice grip	
5	Para aceros con un contenido de carbono mayor a 0,22 % y en espesores mayores a 9 mm, se requerirá precalentar el acero entre 120°C - 200 °C para eliminar los riesgos de agrietamiento.		
6	Se debe graduar al amperaje indicado para garantizar que el metal base no sufrirá problemas de fusión y debilitamiento por este efecto.		
7	Proceder a desarrollar la soldadura bajo los parámetros que la misma requiera utilizando la técnica que mejor se desenvuelva para la pieza a soldar.	-Máquina de soldadura con arco eléctrico	-Electrodos
8	Al terminar el proceso de soldado realizar una inspección visual el cual es un proceso no destructivo para evaluar la soldadura realizada tomando en cuenta los siguientes aspectos: -conformidad del procedimiento realizado. -Verificación de las condiciones operativas del equipo de soldadura. -Calidad del cordón de soldadura -Preparación de la pieza. -Apariencia y dimensionamiento final de la soldadura. -Algún tipo de deformación creada por la soldadura	-Cepillo metálico -Lima -Pulidora -Discos para pulir	
9	Preparación final de la pieza: -Limar bordes -Limar cordones	-Pulidora -Disco de pulir -Lima	

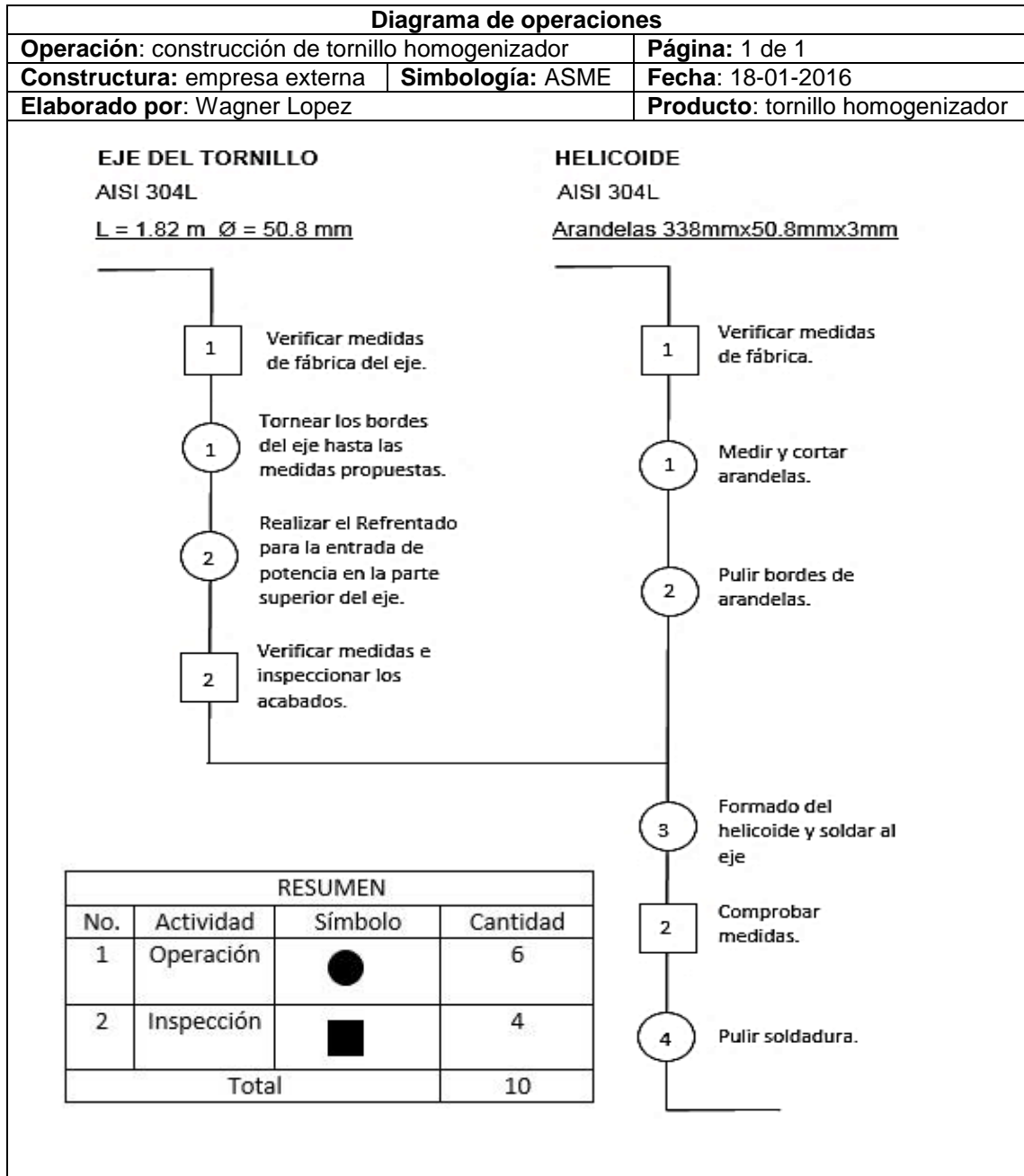
Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Diagramas de operaciones

Los siguientes diagramas de operaciones son una pequeña guía para la construcción de la máquina con los cuales se pretende dar a conocer las actividades básicas más importantes que permitirán llevar a cabo el diseño propuesto. Para esto se ha dividido los diagramas en dos partes:

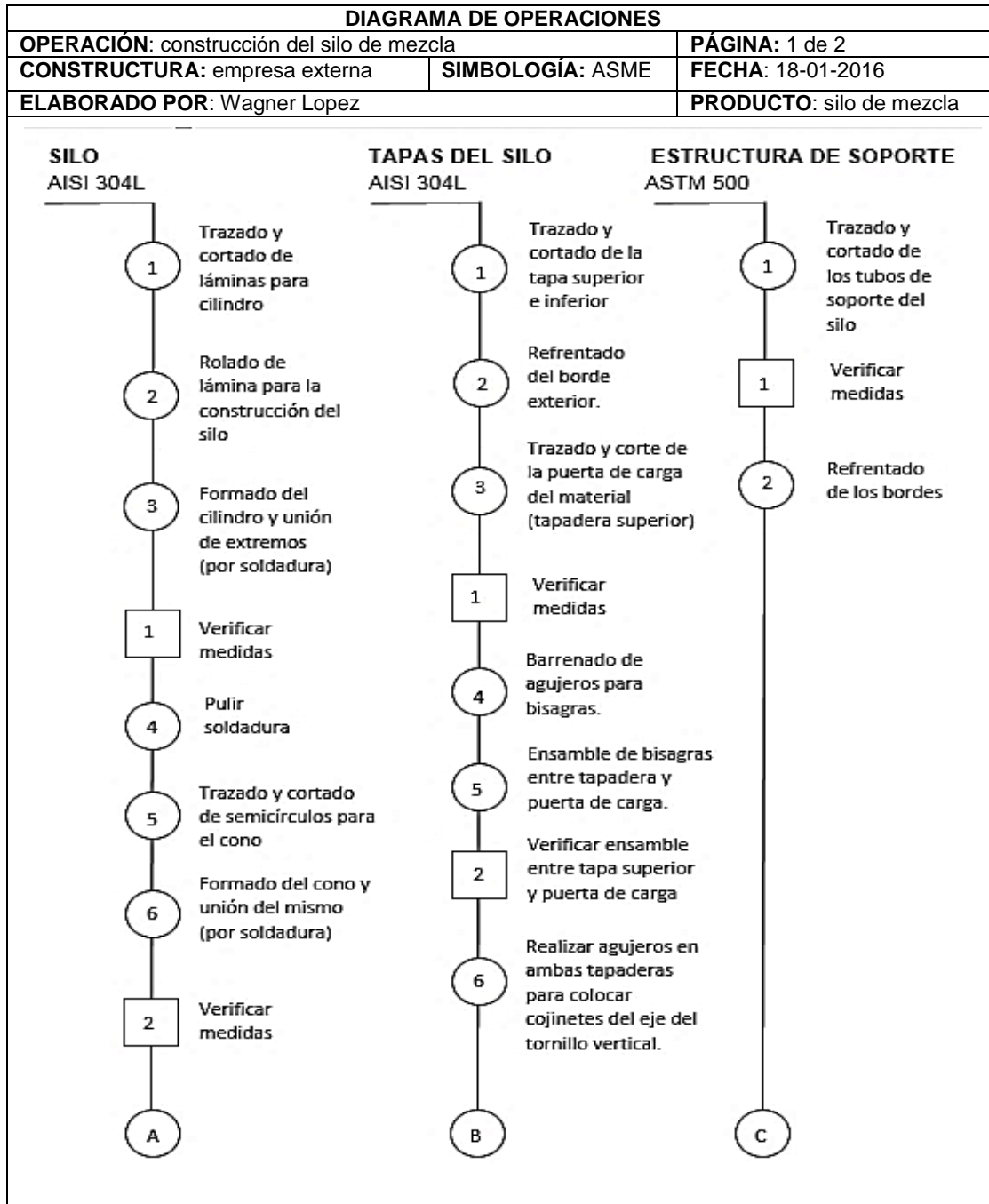
- Tornillo homogenizar
- Silo de mezcla

Tabla XXIV. Diagrama de operaciones del tornillo homogenizador

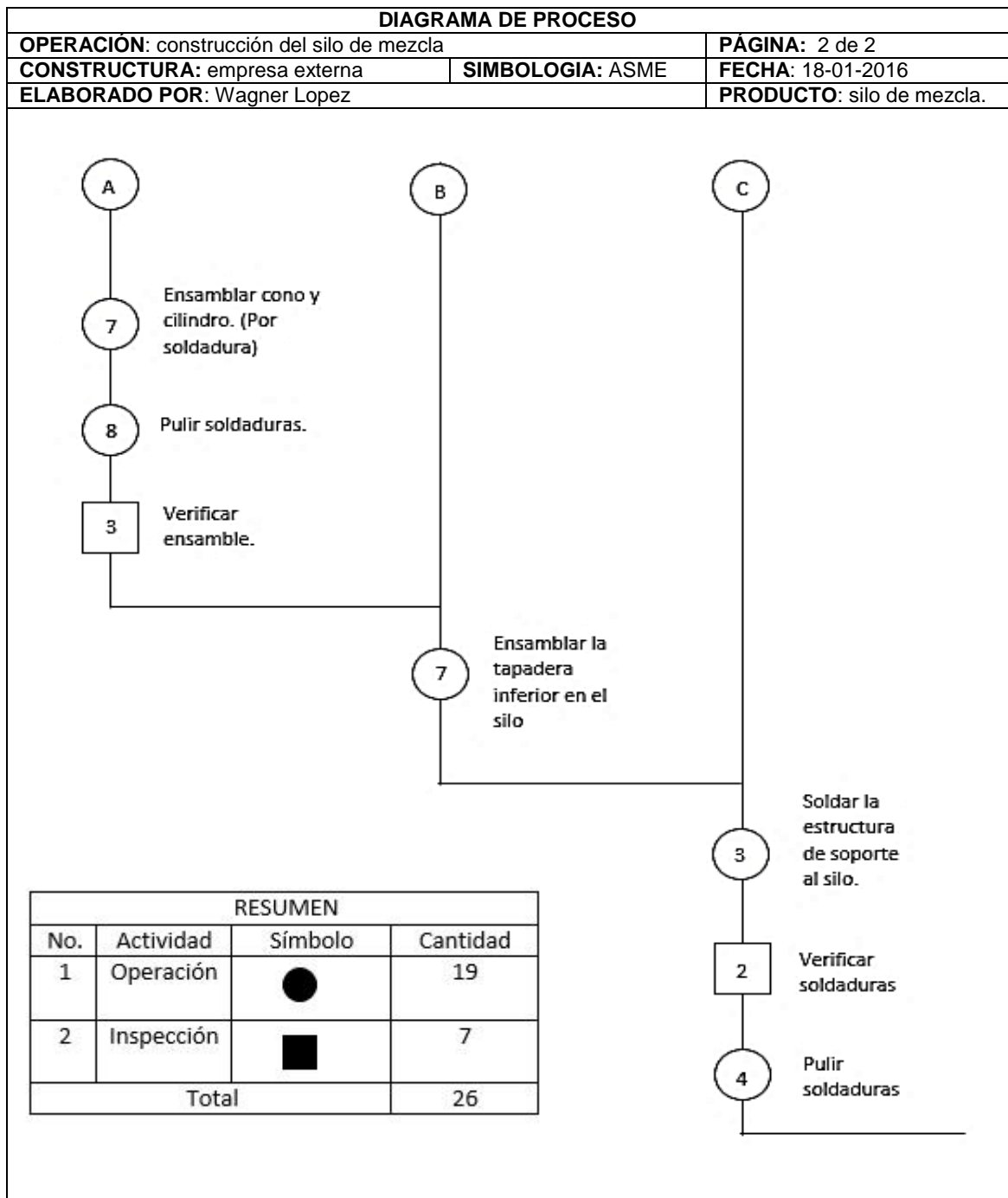


Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Diagrama de operación del silo de mezcla



Continuación de la tabla XXV.



Fuente: elaboración propia.

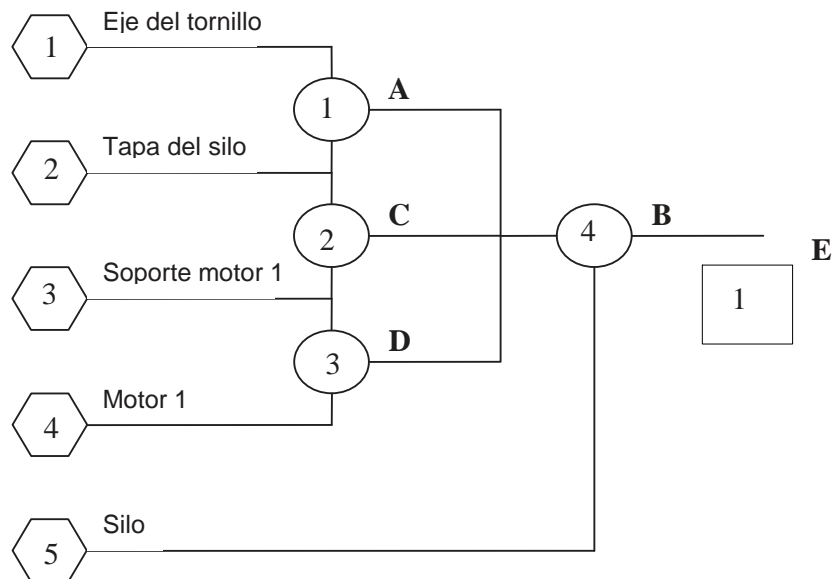
2.3.4. Diagramas de ensamble

El siguiente diagrama es representación de la línea a seguir para el ensamble de la máquina. Este permitirá crear una guía de la secuencia lógica para el armado de las partes que conforman la mezcladora.

Para el siguiente diagrama se utilizarán las siguientes operaciones las cuales se denotan con la siguiente simbología:

- Ensamblar
- Acoplar
- Soldar
- Ajustar tornillos de unión
- Inspección de ensamble

Figura 31. Diagrama de operaciones



Fuente: elaboración propia.

2.4. Mantenimiento de la máquina

Esta máquina mezcladora como cualquier otra máquina con piezas mecánicas requiere un mantenimiento para alargar la vida de la misma. Se sabe que la máquina estará en continuo contacto con materiales corrosivos como la sal, por lo que un mantenimiento correctivo permitirá aumentar la productividad de la máquina haciendo que la misma trabaje en condiciones idóneas para lograr una mezcla homogénea.

2.4.1. Generalidades

Ya se ha mencionado que el mantenimiento es una parte esencial del funcionamiento de la maquinaria, para lo cual es necesario tomar en cuenta las siguientes generalidades para realizar un mantenimiento preventivo y correctivo efectivo.

Uno de los factores determinantes de la actividad industrial es el de producir cantidad con calidad, con regularidad en el momento oportuno y con puntualidad y para esto es imprescindible tener cierto grado de seguridad funcional y uno de los requisitos para obtenerla es realizar un mantenimiento adecuado a los equipos de servicio a los equipos de proceso y a las instalaciones en general.

Esto es lo que va a establecer una continuidad operativa en la planta, que va a permitir alcanzar el nivel de eficacia con el que deseamos operar; y para esto es necesario incorporar procedimientos y medidas a los equipos, a sus características, a su estado y al tipo de averías que se puedan presentar. Estos procedimientos y medidas se aplican para detectar y prevenir averías; y se basan en una inspección previa con adopción de medidas para poder evitarlas.

Estas medidas pueden aplicarse en forma crítica que es cuando la necesidad es inaplazable y urgente; pueden aplicarse en segundo lugar en forma periódica que es cuando se aplica a lapsos determinados; y pueden por último aplicarse en forma cíclica que es cuando se determina y establece el momento oportuno.

2.4.2. Rutinas de mantenimiento

Tabla XXVI. Rutina de mantenimiento del motor eléctrico

Mezcladora de sal con yodo y flúor			Logo de la Salinera	
Rutina de mantenimiento			Núm.	Pág: de
Fecha ejecución	Hora de inicio	Hora de finalización		
Elemento de la máquina			Actividad	
Motor eléctrico				
Personal encargado de actividad de mantenimiento				
Operador			Nombre	
Jefe mantenimiento				
Operario				
Contratista				
Núm.	Actividad	Aprobado	No aprobado	Observaciones
1	Limpieza exterior			
2	Revisar que la temperatura este a 40 °C			
3	Lubricación de los rodamientos			
4	Revisar ruidos extraños en los rodamientos			
5	Revisar vibraciones			
6	Revisar conexiones eléctricas			
7	Tomar voltaje y amperaje			
8	Revisar sellos			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Rutina de mantenimiento del reductor de velocidad

Mezcladora de sal con yodo y flúor			Logo de la Salinera	
Rutina de mantenimiento			Núm.	Pág: de
Fecha ejecución	Hora de inicio		Hora de finalización	
Elemento de la máquina			Actividad	
Reductor de velocidad				
Personal encargado de actividad de mantenimiento				
Operador			Nombre	
Jefe mantenimiento				
Operario				
Contratista				
Núm.	Actividad	Aprobado	No aprobado	Observaciones
1	Torque de los tornillos de anclaje			
2	Temperatura de servicio			
3	Fugas de lubricante en la carcasa			
4	Nivel del lubricante			
5	Ruidos internos extraños			
6	Nivel de corrosión			
7	Limpieza			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Rutina de mantenimiento del tornillo helicoidal

Mezcladora de sal con yodo y flúor			Logo de la Salinera	
Rutina de mantenimiento			Núm.	Pág: de
Fecha ejecución	Hora de inicio	Hora de finalización		
Elemento de la máquina			Actividad	
Tornillo helicoidal				
Personal encargado de actividad de mantenimiento				
Operador			Nombre	
Jefe mantenimiento				
Operario				
Contratista				
Núm.	Actividad	Aprobado	No aprobado	Observaciones
1	Revisar superficie en búsqueda de anomalías			
2	Revisar ruidos extraños			
3	Lubricación de los rodamientos			
4	Revisar desgaste del canal transportador			
5	Revisar desgaste de las hélices del tornillo			
6	Revisar soldadura de las hélices			
7	Checar el grado de corrosión			
8	Alineamiento del tornillo			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Rutina de mantenimiento del silo de mezcla

Mezcladora de sal con yodo y flúor			Logo de la Salinera	
Rutina de mantenimiento			Núm.	Pág: de
Fecha ejecución	Hora de inicio	Hora de finalización		
Elemento de la máquina			Actividad	
Silo de mezcla				
Personal encargado de actividad de mantenimiento				
Operador		Nombre		
Jefe mantenimiento				
Operario				
Contratista				
Núm.	Actividad	Aprobado	No aprobado	Observaciones
1	Limpieza exterior			
2	Revisar cordones de soldadura en uniones			
3	Checar evidencia de grietas			
4	Revisar vibraciones			
5	Revisar el nivel de corrosión exterior			
6	Revisar el nivel de corrosión interior			
7	Checar lubricación en bisagras de puerta de llenado			
8	Revisar que no existan hendiduras			

Fuente: elaboración propia.

2.4.2.1. Fichas de mantenimiento

Tabla XXX. **Ficha de mantenimiento del motor eléctrico**

Mezcladora de sal con yodo y flúor		Logo de la Salinera		
Ficha de mantenimiento		Núm.	Pág:	de
Aprobada por	Fecha de inicio	Fecha de finalización		
Elemento de la máquina		Encargado		
Motor eléctrico				

Fecha	Orden de trabajo	Descripción	Reparó	Costo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Ficha de mantenimiento del reductor de velocidad**

Mezcladora de sal con yodo y flúor		Logo de la Salinera		
Ficha de mantenimiento		Núm.	Pág:	de
Aprobada por	Fecha de inicio	Fecha de finalización		
Elemento de la máquina		Encargado		
Reductor de velocidad				

Fecha	Orden de trabajo	Descripción	Reparó	Costo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Ficha de mantenimiento del tornillo helicoidal**

Mezcladora de sal con yodo y flúor			Logo de la Salinera	
Ficha de mantenimiento			Núm.	Pág: de
Aprobada por		Fecha de inicio	Fecha de finalización	
Elemento de la máquina			Encargado	
Tornillo helicoidal				
Fecha	Orden de trabajo	Descripción	Reparó	Costo

Fuente: elaboración propia

Tabla XXXIII. **Ficha de mantenimiento del silo de mezcla**

Mezcladora de sal con yodo y flúor			Logo de la Salinera	
Ficha de mantenimiento			Núm.	Pág: de
Aprobada por		Fecha de inicio	Fecha de finalización	
Elemento de la máquina			Encargado	
Silo de mezcla				
Fecha	Orden de trabajo	Descripción	Reparó	Costo

Fuente: elaboración propia.

2.4.2.2. Procedimientos

- Procedimiento de limpieza

La limpieza de la máquina es vital para la duración de la misma, se debe de evitar que la mezcladora este el menor tiempo posible en contacto con el material de mezcla (sal) ya que así se evitará el menor grado de corrosión que afecte a todos los componentes de la máquina. Es importante que la máquina este totalmente libre de alguna conexión eléctrica y tener un cuidado especial con el motorreductor ya que podría entrar agua en el mismo provocando problemas de funcionamiento.

- Limpieza general

La limpieza general es una limpieza exhaustiva de la máquina mezcladora que garantiza que la misma está en condiciones óptimas para poder realizar el mezclado de la sal cumpliendo con los aspectos técnicos de calidad para el consumidor final.

- Aspectos a considerar

- No mezclar solución jabonosa con desinfectante (hipoclorito o cualquiera que se utilice), ya que la mezcla puede ocasionar una reacción y liberar gases que irritan las mucosas.
 - Utilizar el jabón en polvo siempre disuelto en agua.
 - Siempre que disponga de agua caliente para el enjuague utilícela ya que el agua caliente facilita las labores de desengrasar y la desinfección. También se aconseja utilizar una hidroelectrica para el lavado de la máquina.

- Los implementos utilizados para realizar el aseo correspondiente de la máquina mezcladora deben estar marcados por área, de manera que se puedan identificar fácilmente, esto con el objetivo de impedir la contaminación cruzada entre áreas

- **Materiales**
 - Escoba
 - Recogedor de sólidos (pala)
 - Recipiente identificado para basura
 - Mopa o trapeador
 - Cepillo
 - Balde o escurridor de trapeadores
 - Guantes
 - Detergente y desinfectante
 - Bolsa para basura

- **Responsable**
 - Auxiliar designado por el supervisor o administrador del punto operativo.
 - El administrador o supervisor debe verificar la eficiencia del procedimiento.

- **Frecuencia**
 - Este procedimiento se tiene que realizar como mínimo una vez a la semana o la frecuencia que el administrador o supervisor crea conveniente.

- Procedimiento

Para esto se tienen los siguientes pasos para el proceso de limpieza:

- Remoción de cualquier residuo visible

Antes de empezar con la limpieza de la máquina es necesario remover cualquier residuo de tamaño grande que puede ser quitado fácilmente. Esto se puede realizar con un paño o un cepillo para tener acceso a lugares no tan minuciosos.

- Preenjuagar la máquina

Es necesario realizar un prejuague con agua a la máquina para limpiarla de los residuos más pequeños, en el mejor de los casos se debe de realizar con una hidrolavadora la presión del agua permitirá limpiar los lugares más minuciosos de la máquina. Es importante utilizar agua libre de sal ya que el objetivo del pre-enjuague es limpiar toda la máquina de la sal excedente por la actividad de mezclado.

- Limpieza con un químico detergente

Ya que la sal es para uso alimenticio se debe de tener las condiciones adecuadas para que el producto final esté listo para su consumo. Para esto es necesario realizar una limpieza con un químico detergente inocuo e inodoro para no afectar la calidad de la sal, este detergente debe tener la particularidad de ser amigable con el acero inoxidable y en el mejor de los casos que contenga un agente anticorrosivo.

- Enjuague de la máquina

Después de realizar la limpieza con el detergente es necesario realizar un enjuague con agua libre de sal para remover toda la suciedad desprendida a causa de la acción del detergente. Es importante realizar esta operación con bastante agua y cerciorarse de hacer llegar el agua todos los lugares minuciosos de la máquina, así se tendrá un lavado perfecto de la máquina.

- Inspección visual

Es necesario inspeccionar que la máquina esté libre de cualquier suciedad además de no poseer residuos del detergente. Esto importante ya que si la máquina posee residuos del detergente este podría contaminar al material de mezcla haciendo que el mismo no cumpla con condiciones de calidad adecuados. De ser necesario se debe de volver a realizar la limpieza con el químico detergente y volver a enjuagar.

- Desinfectar con un químico de saneamiento.

Esto queda a disposición del personal a cargo de la máquina, una desinfección de la misma nos proveerá de las garantías necesarias para que nuestro producto final esté libre de cualquier agente contaminante (bacterias, suciedad, microorganismos entre otros). Se puede utilizar compuestos cuaternarios de amonio los cuales son amigables con los metales, es incoloro y no toxico. Debe utilizarse en concentraciones de entre 200-1 200 miligramos por litro (mg/l). Para la aplicación del desinfectante es necesario saber la fuerza química y el tiempo de aplicación del mismo.

- Eliminar el exceso de humedad

Esta es la última operación a realizar, con la cual se remueve todo exceso de humedad de la máquina, se puede utilizar un paño absorbente y para las partes de difícil acceso podemos utilizar aire comprimido tratando que el mismo contenga los niveles más bajos de humedad.

- Limpieza diaria

La limpieza diaria es de la máquina mezcladora tiene como objetivo principal remover toda la mezcla excedente de sal que esté dentro de la máquina para impedir que la sal este por mucho tiempo en contacto con el silo de mezcla. Esta es una limpieza rápida pero que es importante ya que evitaremos los efectos de corrosión del material de mezcla.

- Aspectos a considerar
 - No utilizar agua salada para realizar el lavado.
 - Utilizar jabón en polvo disuelto en agua.
 - Siempre que disponga de agua caliente para el enjuague utilícela ya que el agua caliente facilita las labores de desengrasar y la desinfección. También se aconseja utilizar una hidroléctrica para el lavado de la máquina.
 - Los implementos utilizados para realizar el aseo correspondiente de la máquina mezcladora deben estar marcados por área, de manera que se puedan identificar fácilmente, esto con el objetivo de impedir la contaminación cruzada entre áreas.

- **Materiales**
 - Escoba
 - Recogedor de solidos (pala)
 - Recipiente identificado para basura
 - Mopa o trapeador
 - Cepillo
 - Balde o escurridor de trapeadores
 - Guantes
 - Detergente y desinfectante
 - Bolsa para basura

- **Responsable**
 - Auxiliar designado por el supervisor o administrador del punto operativo.
 - El administrador o supervisor debe verificar la eficiencia del procedimiento.

- **Frecuencia**
 - Este procedimiento se tiene que realizar de forma diaria, después de realizar el último batch de mezcla en el día.

- **Procedimiento**

Para esto se tienen los siguientes pasos para el proceso de limpieza:

- Pre-enjuagar la máquina

El preenjuague lava todos los residuos del material de mezcla, se debe de tener mayor énfasis en el interior el silo que es donde más residuos de sal se

encuentran. Este debe ser con abundante agua y en el mejor de los casos con una hidrolavadora ya que se tendrá agua a presión y se utilizará cantidades menores de agua.

- Limpieza con un químico detergente

Ya que la sal es para uso alimenticio se debe tener las condiciones adecuadas para que el producto final esté listo para su consumo. Para esto es necesario realizar una limpieza con un químico detergente inocuo e inodoro para no afectar la calidad de la sal, este detergente debe tener la particularidad de que debe ser amigable con el acero inoxidable y en el mejor de los casos que contenga un agente anticorrosivo.

- Enjuague de la máquina

Con el enjuague se remueve el químico detergente de la máquina y con él todas las partículas de suciedad dejando a la máquina libre de suciedad y de detergente, garantizando la calidad de la sal.

- Inspección visual

Es necesario inspeccionar que la máquina esté libre de cualquier suciedad además de no poseer residuos del detergente. Esto importante ya que si la máquina posee residuos del detergente este podría contaminar al material de mezcla haciendo que el mismo no cumpla con condiciones de calidad adecuadas. De ser necesario se debe volver a realizar la limpieza con el químico detergente y volver a enjuagar.

- Eliminar el exceso de humedad

Esta es la última operación a realizar, con la cual se remueve todo exceso de humedad de la máquina, se puede utilizar un paño absorbente y para las partes de difícil acceso podemos utilizar aire comprimido tratando que el mismo contenga los niveles más bajos de humedad.

- Procedimiento de montaje y desmontaje de piezas mecánicas

El montaje y desmontaje de piezas mecánicas es un procedimiento de mantenimiento que indica los aspectos técnicos a considerar para el reemplazo de alguna pieza mecánica de la mezcladora.

- Aspectos a considerar
 - Identificar previamente el elemento de la máquina a reemplazar.
 - Razón por la cual se realiza el desmontaje de la pieza, para mantenimiento correctivo o preventivo.
 - Si es una pieza móvil, es necesario identificar el flujo de energía entrante y saliente del mecanismo para proceder a interrumpirlo.
 - Identificar si el mecanismo posee algún tipo de ajuste.
 - Utilizar un almacenamiento adecuado para las piezas desmontadas.
 - Disponer de documentación para ensamble o armado (dibujos, planos, diagramas entre otros).
 - Seleccionar los medios adecuados para realizar las diferentes actividades.

- Disponer de los manuales del fabricante para las regulaciones técnicas de montaje y desmontaje.
- Herramientas
 - Compresor de aire
 - Vernier y micrómetro
 - Herramientas para montaje y desmontaje (llaves mixtas)
 - Alicates para seguros, pinzas, tenazas entre otros
 - Herramientas ajustables
 - Destornilladores de diferentes tipos
 - Martillo de goma y de metal
- Responsable
 - Mecánico designado por el supervisor o administrador del punto operativo.
 - El administrador o supervisor debe verificar la eficiencia del procedimiento.
- Frecuencia
 - Cada vez que sea necesario desmontar o montar una pieza mecánica para su sustitución.
- Procedimiento

Estos son unos pasos generales antes de realizar un montaje o desmontaje de una pieza mecánica de la máquina mezcladora:

- Eliminar fuentes de energía eléctrica

Ante cualquier actividad de desmontaje o montaje de alguna pieza mecánica se debe desconectar cualquier alimentación de energía eléctrica de la máquina para evitar cualquier accidente.

- Analizar la metodología a utilizar

Se debe de realizar un sondeo acerca de la metodología a utilizar para realizar cualquier actividad, tomando en cuenta las otras piezas mecánicas para evitar daños.

- Limpieza

Una limpieza previa de la máquina y del área en donde se trabaja nos proporcionará un ambiente más seguro para trabajar. Es necesario realizar una limpieza de la pieza a manipular para tener una mejor visualización.

- Recolección de evidencia

Siempre es de suma importancia recolectar evidencia de la pieza a desmontar o montar para tener pruebas del estado de las piezas mecánicas antes o después de manipularlas. Esto también proporciona ayuda para dejar las piezas tal y como estaban en su correcto funcionamiento.

- Inspección visual

No importa la actividad realizada (montaje o desmontaje) siempre es necesario realizar una inspección visual del elemento a manipular así como

todos los elementos que estén alrededor. Una inspección visual proporciona información de otros posibles problemas que no se han percatado para su pronta solución. También es de suma importante inspeccionar la pieza a manipular ya para asegurar que no existe otro problema que la afecte y que no ha sido tomado en cuenta. Observe cuidadosamente para detectar rozamientos, desgastes, coloraciones, limaduras, entre otros, que puedan indicar la avería o la causa.

- Consulta de catálogos y documentos

En el caso de que existiera algún manual o documento de la pieza a manipular es necesario realizar una consultar, para lograr un desarme lógico y seguro, evitando roturas o métodos complicados de desmontaje o montaje.

- Herramientas y equipo

Se debe preparar recipientes limpios para colocar las diferentes piezas que se extraen de la máquina, también es necesario tener algún solvente limpiador y brochas para ir limpiando cualquier parte interna del elemento a manipular, con esto se trabajará de una manera ordenada y limpia.

- Procedimiento de lubricación

Este procedimiento proporciona la información técnica para llevar a cabo la lubricación del reductor. Ambos procedimientos son similares por los que se realiza uno solo para realizarlo.

- Aspectos a considerar
 - Utilizar lubricante recomendado por el fabricante.
 - Manipular el reductor únicamente con herramienta especial para dichos elementos.
 - Identificar todas las características del reductor.
 - Utilizar bombas de engrase y lubricación para realizar dicho procedimiento.

- Herramientas
 - Herramientas para montaje y desmontaje (llaves mixtas)
 - Alicates para seguros, pinzas, tenazas entre otros
 - Herramientas ajustables
 - Destornilladores de diferentes tipos
 - Martillo de goma y de metal
 - Bomba de engrase
 - Embudo

- Responsable
 - Mecánico designado por el supervisor o administrador del punto operativo.
 - El administrador o supervisor debe verificar la eficiencia del procedimiento.

- Frecuencia
 - Seguir instrucciones del manual del fabricante. Por lo general son plazos habituales de 2 000 horas.

- Procedimiento

Estos son unos pasos generales para realizar el procedimiento de lubricación.

- Desmontar el reductor

Para trabajar de una forma cómoda y segura es necesario desmontar el reductor y colocarlo en un banco de trabajo plano. Se debe tener limpia el área de trabajo para evitar accidentes.

- Retirar el tapón de drenaje

Se identifica el tapón de drenaje del lubricante y se retira para poder extraer el lubricante antiguo.

- Recolectar el lubricante usado

Se debe drenar el lubricante usado y colocarlo en un recipiente, este recipiente debe estar totalmente limpio y debe de ser de color claro para poder identificar cualquier objeto anómalo que haya salido dentro de la carcasa del equipo.

- Inspección visual del lubricante utilizado

Se debe realizar una inspección visual del lubricante para determinar el estado del mismo. Además también se realiza una inspección visual para encontrar objetos anómalos. Una técnica muy efectiva es la de colocar un imán

dentro del recipiente para atrapar cualquier objeto metálico y además provee información del desgaste del motor o reductor.

- Limpieza del reductor

Es necesario realizar una limpieza interna y externa del elemento a lubricar, se puede utilizar un aceite de limpieza para realizar un aseo más profundo. Dentro de las partes críticas limpiar se encuentra el visor del nivel de lubricante, ya con un visor sucio no se puede determinar un nivel de lubricante real.

- Aplicación del lubricante nuevo

La mejor herramienta para aplicar el lubricante nuevo es un embudo, así se evita derramamientos. La cantidad correcta del lubricante se debe revisar con el reductor en funcionamiento, se debe llenar hasta el punto medio del visor, nunca debe estar por encima o debajo de este punto. Es importante no contaminar el nuevo lubricante con suciedad, agua o químicos.

- Procedimiento para la limpieza de un motor eléctrico

El ambiente donde trabaje un motor eléctrico será el que rija la frecuencia y el grado de limpieza que un motor eléctrico necesite, por lo general los motores eléctricos no necesitan de una limpieza frecuente pero si es necesario mantener el interior del motor libre de agentes contaminantes que puedan afectar el desempeño de dicho motor.

- Aspectos a considerar
 - Antes de manipular el motor corte toda fuente de energía eléctrica.
 - Si se utiliza aire comprimido esté libre de humedad en lo mayor posible, para evitar introducir humedad dentro del motor.
 - Si se utiliza algún solvente, asegúrese que el mismo sea dieléctrico para resguardar su seguridad.
 - Asegurarse de que el aire comprimido tenga una presión máxima de 15 a 50 bares para no dañar los elementos interiores del motor.

- Herramientas
 - Compresor de aire
 - Herramientas para montaje y desmontaje (llaves mixtas)
 - Alicates para seguros, pinzas, tenazas entre otros
 - Herramientas ajustables
 - Destornilladores de diferentes tipos

- Responsable
 - Técnico eléctrico designado por el supervisor o administrador del punto operativo.
 - El administrador o supervisor debe verificar la eficiencia del procedimiento.

- Frecuencia
 - Por el ambiente de trabajo en el cual se desarrollara el motor el procedimiento de limpieza tiene que realizarse como mínimo una vez al mes.

- Procedimiento

El procedimiento de limpieza para un motor eléctrico se realiza por medio de ocho pasos importantes los cuales se detallan a continuación:

- Inspección visual

Antes de manipular un motor eléctrico realice una inspección visual que le permita analizar el estado del motor así como posibles problemas no identificados con anterioridad.

- Aplique aire comprimido

Con una pistola especial aplique aire comprimido por todo el motor, asegúrese de aplicar también el interior del motor para remover todas las partículas de suciedad.

- Limpie el motor con un desengrasante

Con un paño suave limpie la carcasa con un desengrasante que le permita retirar toda la suciedad.

- Verifique los acoplamientos con otros elementos mecánicos

Asegúrese que todos los acoplamientos estén bien ajustados y debidamente lubricados.

- Reajuste de tornillos

Abra la tapa de conexión y realice reapriete de tornillería, en el caso de encontrar algún elemento dañado cámbielo.

- Pruebas auditivas

Ponga en funcionamiento el motor y verifique auditivamente el estado de los baleros con un estetoscopio tratando de encontrar ruidos de desgaste o rozamientos.

- Verificación de consumo de energía

Con un amperímetro de gancho compare la corriente de placa con la de consumo. Estas deben de ser similares, de lo contrario se tiene un sobre consumo en el motor que podría dañarlo en un futuro.

- Colocar de nuevo la tapa de conexión

Coloque de nuevo la tapa de conexión y registre todo el procedimiento en una ficha mantenimiento con el mayor número de detalles.

2.4.2.3. Cronograma

Tabla XXXIV. Cronograma de mantenimiento

Mezcladora de sal con yodo y fluor	de		Año		No. 1		Logo de la salinera																		
	Tipo mantenimiento		2016		Pág. 1 de 1																				
Cronograma de mantenimiento	Encargado		Aprobado por																						
	Plan de actividades para mantenimiento preventivo																								
Primer semestre																									
Meses		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
Semanas		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Reductor																									
1	Lubricación (bimensual)	■								■								■							
2	Limpieza (bimensual)																								
3	Rutina de mantenimiento (quincenal)		■				■				■				■				■				■		
Motor eléctrico																									
1	Limpieza	■				■				■				■				■				■			
2	Rutina de mantenimiento		■				■				■				■				■				■		
Tornillo y silo de mezcla																									
1	Limpieza diaria (al final de cada día)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Limpieza general (quincenal)		■				■				■				■				■				■		
3	Rutina de mantenimiento		■				■				■				■				■				■		

Fuente: elaboración propia.

2.4.2.4. Requisitos

Dentro de esta sección se tienen los requisitos necesarios para llevar a cabo las diferentes actividades de la máquina mezcladora, tanto para su operación y mantenimiento. Estos requisitos se basan en la seguridad industrial que se debe aplicar para evitar futuros accidentes y lograr que la planta posea procedimientos de producción seguros y confiables.

- Equipo de seguridad industrial

Es obligatorio que todo colaborador que manipule la máquina, no importando el tipo de actividad que realice esté debidamente equipado para lo cual se detalla a continuación el equipo de seguridad más importante:

- Equipo de seguridad industrial durante la operación de la máquina
 - Casco de seguridad

El principal objetivo del casco de seguridad es proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos. También, puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica.

- Lentes de seguridad

Protegen los ojos al frente y los lados de una gran variedad de peligros o riesgos, como objetos o partículas sólidas voladoras, e incluso de salpicaduras químicas. Se recomienda utilizar del tipo de lentes claros con banda de seguridad con el mayor rango de protección ocular.

- Gabacha de PVC protectora

La gabacha protege el frente del cuerpo del colaborador de cualquier químico u material nocivo que pueda causar algún daño. Estas gabachas por lo general son de doble PVC revestido con polipropileno en polyester/algodón dando una mayor comodidad al colaborador para trabajar.

- Botas de goma

Para la industria alimenticia se utilizan botas de hule de color blancas, con suela antideslizante, en algunos casos estas vienen recubiertas con algodón en su interior para dar mayor confort al colaborador.

- Redecillas para el cabello

Estas redecillas son la solución económica para preservar los alimentos de la contaminación producida por la caída de cabellos de operarios y trabajadores. Cubren plenamente toda la cabeza del usuario cubriendo incluso debajo de las orejas.

- Tapones de oído

Se usan en ambientes con ruidos muy fuertes, o para evitar que entre el agua, arena o viento. Los tapones para los oídos son una prenda de protección que se inserta en el canal auditivo externo para evitar dañar la capacidad de audición de quien los lleva.

- Equipo de seguridad industrial durante el mantenimiento de la máquina

- Casco de seguridad

El principal objetivo del casco de seguridad es proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos. También puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica.

- Lentes de seguridad tipo goggles

Son un tipo de anteojos protectores que normalmente son usados para evitar la entrada de objetos, agua o productos químicos en los ojos. Las gafas protectoras comúnmente son usadas al trabajar con herramientas, como taladros o motosierras, para prevenir que partículas dañen los ojos.

- Guantes protectores con manga larga

Este tipo de guantes brinda una protección contra químico o materiales nocivos para nuestra piel, por su manga larga tiene una protección en todo el brazo, en su mayoría son de látex pero también se puede utilizar guantes de PVC.

- Mascarilla contra gases (respiradores libres de mantenimiento)

Es necesario proteger el sistema respiratorio de todas las partículas nocivas del medio ambiente, para eso se recomienda utilizar respiradores de media cara libres de mantenimiento, estos atrapan todo tipo de impurezas, gases, polvo y otros elementos que pone en riesgo la salud del colaborador.

- Gabacha de PVC protectora

La gabacha protege el frente del cuerpo del colaborador de cualquier químico u material nocivo que pueda causar algún daño. Estas gabachas por lo general son de doble PVC revestido con polipropileno en polyester/algodón dando una mayor comodidad al colaborador para trabajar.

- **Botas de goma**

Para la industria alimenticia se utilizan botas de hule de color blancas, con suela antideslizante, en algunos casos estas vienen recubiertas con algodón en su interior para dar mayor confort al colaborador.

- **Señalización**

Es necesario señalar el área donde se encontrará la máquina mezcladora; esta señalización va dirigida tanto a los propios colaboradores y personal ajeno que este en algún momento en contacto con la máquina. A continuación, se proponen algunas señales para utilizar dentro del ambiente donde se encuentre la máquina:

- **Prohibido fumar**

Esta señalización recuerda al colaborador que es prohibido fumar dentro de las instalaciones donde se encuentre la máquina, además de mantener un ambiente libre de humo de tabaco.

Figura 32. **Rotulación de seguridad industrial-prohibido fumar**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. 89.

- Máquina en movimiento

Es de suma importancia señalar que la máquina está en movimiento y que no se debe acercarse a ella para evitar accidentes. Esto también protege a los colaboradores de algún movimiento brusco de la máquina.

Figura 33. **Rotulación de seguridad industrial-máquina en movimiento**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. 91.

- Uso obligatorio de equipo de seguridad

Esta señalización indica que es obligatorio utilizar todo el equipo de protección personal para poder operar la máquina o realizar alguna actividad de mantenimiento.

Figura 34. **Rotulación de seguridad industrial-uso obligatorio de equipo de seguridad**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. 95.

- Obligatorio lavarse las manos

Ya que dentro de la máquina se manipula una mezcla de consumo humano, es de suma importancia mantener una higiene completa, por lo que lavarse las manos es obligatorio para manipular la máquina.

Figura 35. **Rotulación de seguridad industrial-obligatorio lavarse las manos**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. 96.

- Estación lava ojos

Ya que los colaboradores manipularán sal, es necesario que exista una estación donde lavarse los ojos si ocurriera una emergencia, por lo cual debe estar debidamente señalizada.

Figura 36. **Rotulación de seguridad industrial-estación lavaojos**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. p. 98.

- Salida de emergencia

Siempre que se esté dentro de un espacio cerrado es necesario tener una salida de emergencia ante cualquier contingencia que pueda suceder. Estas salidas deben tener su respectiva señalización para actuar rápido.

Figura 37. **Rotulación de seguridad industrial-salida de emergencia**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. p. 98.

- Apague el equipo si no lo utiliza

Es importante no utilizar la máquina sin la mezcla, ya que esto provocará daños en el eje del tornillo, por ello es importante apagarla si no se va a mezclar.

Figura 38. **Rotulación de seguridad industrial-apague el equipo si no lo utiliza**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. p. 100.

- Maquinaria en mantenimiento

Cada vez que se esté realizando alguna actividad de mantenimiento es de suma importancia señalar que la máquina no debe de ser operada, para evitar algún accidente o daño de la máquina.

Figura 39. **Rotulación de seguridad industrial-peligro maquinaria en reparación**



Fuente: Titan Grupo MR. *Catálogo de rótulos*. 100.

- Diseño de normas de seguridad industrial

Dentro de una planta procesadora de algún tipo de alimentos para consumo humano es necesario mantener un orden adecuado para realizar las actividades, para esto se proponen las siguientes normas de seguridad industrial con el fin primordial de resguardar la salud de los colaboradores y con ello mantener una producción de sal mezclada yodo y flúor que cumpla con las condiciones idóneas de calidad, proveyendo al consumidor final un producto de con estándares de excelencia.

- Norma de salud y seguridad

La salud y seguridad son de importancia primordial para la planta procesadora de sal con yodo y flúor. A lo largo de todas las operaciones se debe velar por la salud y seguridad de sus colaboradores y de todos aquellos que estén relacionados con sus actividades.

- **Objetivos**
 - ✓ Cero daños a las personas y cero accidentes.
 - ✓ Un ambiente de trabajo seguro y saludable con cero impactos en sus colaboradores.
- El personal de la planta procesadora debe estar comprometido a alcanzar estos objetivos
 - ✓ Todo el personal es responsables de promover y velar por la salud y seguridad.
 - ✓ Todo personal debe intervenir cuando hayan condiciones inseguras o de incumplimiento a la normativa de seguridad; también deben responsabilizarse por su propia salud y seguridad y la de las demás personas que se encuentren alrededor.
- Para asegurar el cumplimiento de esta norma de salud y seguridad se debe
 - ✓ Disponer de un sistema de manejo de salud y seguridad en cumplimiento de los requisitos regulatorios aplicables y de las normas industriales

aplicadas en la legislación guatemalteca y adaptar otras que ayuden a la mejora continua.

- ✓ Asegurar que el sistema de manejo sea entendido y aplicado a todo nivel dentro de la planta.
- ✓ Asegurar que todos los colaboradores sean competentes para llevar a cabo su labor de una forma segura y basada en dicha norma.
- ✓ Hacer énfasis de la importancia en materia de salud y seguridad dentro y fuera de los sitios de trabajo.

- Norma de seguridad ambiental

Esta norma contempla crear conciencia en todos los colaboradores para que los mismos realicen sus actividades con cero daños al ambiente. Para la planta procesadora de sal es de suma importancia tener procedimientos libres de contaminación y degradación al medio ambiente.

- Objetivos.
 - ✓ Minimizar los daños en el entorno ambiental en el cual se desarrolla la planta.
 - ✓ Fomentar la reforestación, reciclaje y el compromiso por cuidar el medio ambiente en que vivimos.

- Los colaboradores de la planta deben estar comprometido a alcanzar estos objetivos
 - ✓ Todo colaborador de la planta es responsable de aplicar los temas ambientales dentro y fuera de las instalaciones de la planta.

- ✓ Todo el personal debe estar comprometido a cumplir esta política y debe intervenir cuando existan condiciones de incumplimiento o que pongan en riesgo el medio ambiente.

- Para asegurar el cumplimiento de esta norma ambiental se debe
 - ✓ Disponer de un sistema de manejo ambiental en cumplimiento de los requisitos regulatorios aplicables al país.
 - ✓ Asegurar que el sistema de manejo sea comunicado y aplicado a todo nivel dentro de la planta.
 - ✓ Asegurar que todos los colaboradores apliquen la política ambiental dentro de su ambiente de trabajo.
 - ✓ Hacer énfasis en la importancia y la preocupación ambiental dentro y fuera de la planta.
 - ✓ Evaluar las consecuencias de las actividades de trabajo que realicen los colaboradores y su impacto en el medio ambiente; para diseñar medidas de control adecuadas.
 - ✓ Adoptar las mejores tecnologías disponibles y económicamente viables para minimizar nuestros impactos en el medio ambiente.
 - ✓ Mantener los planes de respuesta a emergencias ambientales.

2.5. Fichas de medidas

Tabla XXXV. Ficha de medidas-eje de potencia

Ficha de medidas				Eje de potencia	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Diámetro de eje motriz (alabes)	Diámetro eje de entrada de potencia
1	1	Eje motriz	Aisi 304l	50,8 mm	25,4 mm

Diagrama de un eje de potencia vertical. El eje tiene una longitud total de 1.62 m. La parte superior tiene un diámetro de 25 mm y una longitud de 0.15 m, donde se aplica un torque T. La parte principal del eje tiene un diámetro de 50.80 mm y una longitud de 1.62 m, donde se aplica una carga P_{eje} . La parte inferior tiene un diámetro de 30 mm y una longitud de 0.05 m, donde se aplica una fuerza de refrentado. Se muestran tres puntos de interés numerados: 1 (refrentado), 2 (eje motriz) y 3 (toma de potencia).

No.	Descripción	Observaciones
1	Refrentado para cojinete	El diámetro y altura puede varias dependiendo el cojinete.
2	Eje motriz	
3	Eje para la toma de potencia.	El diámetro y largo puede variar según la toma de potencia.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Ficha de medidas-alabe del tornillo**

Ficha de medidas				Alabe del tornillo homogenizador	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Radio de diseño exterior	Radio de diseño interior
2	10 aproximadamente	Alabe del tornillo	Aisi 304l	180 mm	40 mm
No.	Descripción	Observaciones			
1	Radio menor	Este diseño es la guía para realizar los cortes de todos los alabes, para luego soldarlos a lo largo del eje, estos radios no son los radios finales de los alabes del tornillo homogenizador.			
2	Radio mayor				
3	Eje de simetría				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Ficha de medidas-tornillo

Ficha de medidas				Tornillo homogenizador	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Diámetro de alabe	Paso del tornillo
3	1	Tornillo	Aisi 304	338 mm	169 mm

No.	Descripción	Observaciones
1	Diámetro de alabe	Vista de perfil del tornillo homogenizador. En esta vista se puede notar los diámetros finales de las hélices y la distancia (paso del tornillo) entre las mismas
2	Paso del tornillo	
3	Eje motriz	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Ficha de medidas-tubo de transporte

Ficha de medidas				Tornillo homogenizador	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Grosor del tubo	Largo del tubo
4	1	Tubo de transporte	Aisi 304l	2 mm	1,15 m
<p>The drawing shows a vertical rectangular side view of the tube on the left and a circular top view on the right. The side view has a horizontal dimension line at the top labeled '1' with the text 'Diámetro exterior = 0,354 m'. A vertical dimension line on the right is labeled '2' with the text 'Altura = 1,15 m mm'. The top view shows a thick circular ring. A vertical dimension line at the top indicates the thickness, labeled '3' with 't = 2 mm'. A horizontal dimension line across the center indicates the inner diameter, labeled '4' with 'Diámetro interior = 0,350 m'.</p>					
No.	Descripción		Observaciones		
	Diámetro exterior		Vista de perfil y superior del tubo de transporte. Este dentro de este tubo va introducido el tornillo homogenizados a lo largo de la máquina. Este nos permite que el tornillo transporte el material desde la parte inferior de la maquina hasta la superior de la misma.		
	Altura del tubo				
	Grosor (chapa) del tubo.				
	Diámetro interior del tubo				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Ficha de medidas-tubo de transporte y hélice del tornillo**

Ficha de medidas				Vista superior del tubo de transporte y la hélice del tornillo	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Grosor del tubo	Espacio entre tubo y hélice
	1	Tubo de transporte y la hélice del tornillo	Aisi 304l	2 mm	6 mm

El diagrama muestra una vista superior de un eje central (1) con una hélice (2) montada sobre él. Un tubo de transporte (3) rodea al eje y la hélice. Se indica la holgura (4) entre el tubo y la hélice. El eje está etiquetado como 1.

No.	Descripción	Observaciones
1	Eje del tornillo	Vista superior del tubo de transporte de material y la hélice del tornillo homogenizador. Acá se puede notar claramente la holgura exacta que debe existir en ambos para que el proceso de mezclado se a eficiente.
2	Hélice del tornillo	
3	Tubo de transporte	
4	Holgura entre el tubo y la hélice del tornillo	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Ficha de medidas-silo de mezcla**

Ficha de medidas				Cuerpo de la maquina	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Propuesta para el grosor	Radio mayor
	1	Silo de mezcla	Aisi 304l	3 mm	0.60 m

The diagram shows a silo with the following dimensions and features:

- 1**: Total height of the silo, $H = 1,62 \text{ m}$.
- 2**: Radius of the cylindrical upper section, $R = 0,60 \text{ m}$.
- 3**: Radius of the top of the truncated cone, $R = 0,60 \text{ m}$.
- 4**: Radius of the bottom of the truncated cone, $r = 0,25 \text{ m}$.
- Cylindrical section height: $1,02 \text{ m}$.
- Truncated cone height: $0,60 \text{ m}$.
- Angle of the cone: $\alpha = 60^\circ$.

No.	Descripción	Observaciones
1	Altura del silo de mezcla	Silo de mezcla en el cual el tornillo homogenizador va instalado de forma vertical conjuntamente con el tubo de transporte de material. Este silo consta de la unión de un cilindro y cono truncado, en la parte superior se encuentra la tapadera de carga. Las boquillas de descarga son tres las cuales permiten descargar el material ya mezclado
2	Radio del cilindro	
3	Radio inferior del cono	
4	Boquillas de descarga del material de mezcla (diámetro)	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Ficha de medidas-tapadera superior de carga de material

Ficha de medidas				Tapadera superior	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal.				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Propuesta para el grosor	Ancho de la compuerta
7	1	Tapadera superior de carga de material	Aisi 304l	3 mm	0.45 m

Diagrama de la tapadera superior de carga de material. El diámetro total es de 1.26 m y el ancho de la compuerta es de 0.45 m. Se muestran cinco puntos de interés numerados: 1 (diámetro total), 2 (ancho de la compuerta), 3 (agujeros para bisagras), 4 (salida del eje del tornillo) y 5 (cojinete sellado).

No.	Descripción	Observaciones
1	Diámetro de la tapa(se incluye el grosor del material)	Tapadera superior del silo de mezcla. Esta está compuesta por una compuerta de carga la cual tiene unas bisagras para agregarle movimiento a la misma (Abierta y cerrada). Esta también tiene un agujero en el centro por el cual sale el eje de toma de potencia para el tornillo homogenizador y en el cual va instalado un cojinete sellado para mantener el eje en verticalmente
2	Ancho de la compuerta de carga	
3	Agujeros para bisagras de compuerta de carga	
4	Salida del eje del tornillo para la toma del torque.	
5	Cojinete sellado.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Ficha de medidas-especificaciones generales

Ficha de medidas			Especificaciones generales	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal			Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Denominación	Material	Chapa de estructura de soporte	Largo de estructura de soporte
8	Tubo de transporte y la estructura de soporte	Aisi 304l y tubo cuadrado astm a500	3,4 mm	2,62 m
<p>Distancia del tubo de transporte para la tapadera superior = 0,32 m</p> <p>Distancia del tubo de transporte para la tapadera inferior = 0,15 m</p> <p>Estructura de soporte hecha de tubo cuadrado ASTM A500 con chapa de 3.4 mm y con una longitud de 2,62 m</p>				
No.	Descripción	Observaciones		
1	Tapadera superior	En esta ficha se muestran algunas especificaciones de la máquina armada con todas sus partes (a excepción del motor) para tomar en cuenta diferentes medidas entre diferentes mecanismos: el tubo transportador y la estructura de soporte.		
2	Tubo de transporte de material			
3	Tapadera inferior			
4	Silo de mezcla			
5	Tornillo homogenizador			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Ficha de medidas-tubos de descarga

Ficha de medidas				Tubos de descarga	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniería	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Diámetro del tubo de descarga	Números de tubos de descarga
9	3	Tubo de descarga	Aisi 304l	0.1 m	3

No.	Descripción	Observaciones
	---	Los tubos de descarga son las salidas del material ya mezclado. Estos son tres los cuales están colocados en medio de los tubos cuadrados de la estructura de soporte de la máquina.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. Ficha de medidas-distancia entre tubos de descarga

Ficha de medidas				Tubos de descarga	
Máquina mezcladora de yodo y flúor para sal				Diseñado por: Epesista ingeniera	
No.	Cantidad	Denominación	Material	Diametro del tubo de descarga	Numeros de tubos de descarga
10	3	Distancia entre tubos de descarga	Aisi 304l	0.1 m	3
<p>El diagrama muestra un silo circular con un cono interno. Se indican tres orificios para los tubos de salida del material, espaciados a 90 grados entre sí. Se muestran también la tapadera inferior del silo de mezcla y la estructura de soporte.</p>					
No.	Descripción	Observaciones			
	---	La distancia entre los tubos de descarga es de 90° para mayor comodidad al realizar la actividad de descarga del material mezclado			

Fuente: elaboración propia.

2.6. Costo de la propuesta

En la parte final del diseño de la máquina se analiza el costo de construir la máquina mezcladora de sal con base en el diseño anterior propuesto, para este análisis se hace el desglose de cada una de las partes principales de la máquina y analizar el costo de material que cada uno implica.

2.6.1. Análisis del costo de los materiales de construcción

Dentro del análisis de costos de los materiales se realiza un estudio de los materiales de construcción de la máquina para determinar la cantidad óptima a requerir de cada uno y el costo a incurrir por dicha cantidad.

- Determinación de la cantidad óptima para la construcción de la máquina
 - Silo de mezcla

Se sabe que el silo de mezcla está conformado por dos partes principales como lo son el cilindro y el cono truncado por lo que se determina las cantidades óptimas de cada uno por separado.

- Cilindro

El área lateral de un cilindro viene dada por:

$$A_c = 2\pi Rh$$

Donde:

R = radio del cilindro (0,60 metros)

h = altura del cilindro (0,92 metros)

Para lo cual se tiene que es necesario un total de 3,46 m² de acero inoxidable 304L.

- Cono truncado

El área lateral de un cono truncado está dado por:

$$A_c = \pi(R - r)g$$

Donde:

R = radio mayor del cono (0,60 metros)

r = radio menor del cono (0,25 metros)

g = generatriz del cono (0,6946 metros)

Al aplicar los datos correspondientes se determina el área lateral del cono truncado la cual tiene un valor de 1,85 m².

- Tapadera superior e inferior del silo de mezcla

Ya que las dos tapaderas son redondas cambiando únicamente el tamaño de las mismas se determina al área con la siguiente ecuación.

$$A_t = \pi Radio^2$$

Para lo cual se tiene un área de 1,13 m² y 0,20 m² para la tapadera superior e inferior respectivamente.

- Tubo de transporte

Ya que el tubo de transporte es un cilindro, se calcula su área de la misma manera que el cilindro del silo de mezcla.

$$A_{tt} = 2\pi Rh$$

Donde:

R = radio del tubo (0,354 metros)

h = altura del tubo de transporte. (1,15 metros)

Al calcular el área necesaria se tiene un valor de 2,56 m² de acero inoxidable 304L.

- Eje del tornillo

Para el eje del tornillo se necesita una longitud total de 1,82 metros lineales de eje macizo de acero inoxidable 304 con un diámetro de 2 pulgadas.

- Estructura de soporte

Para la estructura de soporte se requiere 2,54 metros de tubo cuadrado ASTM A500 calibre 8 de 51x51 mm por lado. Por lo tanto, para toda la estructura se requiere 10,08 metros.

- Aspas del tornillo homogenizador

En cálculos anteriores se determinó que a lo largo de la longitud efectiva del tornillo hay aproximadamente 10 aspas. El diámetro de construcción de cada aspa es de 360 mm y es con este con el que se realiza los cálculos de área de cada aspa.

$$A_a = \pi r_a^2$$

- r_a = radio de diseño del aspa (0,180 metros)

Para lo cual se tiene un área de:

$$A_a = 0,102 \text{ m}^2$$

En total se necesita una área de 1,0178 m² para la construcción de las 10 aspas.

- Determinación de la cantidad de material optima a comprar para la construcción de la máquina

Al determinar las cantidades necesarias para la construcción de la máquina es necesario determinar la cantidad de material a comprar, ya que los proveedores de los distintos materiales tienen medidas estándares.

Las láminas a utilizar para la construcción del silo de mezcla, poseen una medida de 4x12 y 4x8 pies, es acero inoxidable 304 con acabado 2B.

En la siguiente tabla se detallan las cantidades necesarias de cada material y el costo a incurrir por los mismos.

Tabla XLV. **Costo de equipo de potencia**

Costo del equipo de potencia					
Equipo	Marca	Posición	Potencia (hp)	Velocidad de Servicio (rpm)	Precio (quetzales)
Motorreductor	Weg/bonfiglioli	90°	7,5 hp	170	Q 11 500,00
Costo total de equipos					Q 11 500,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Costo de materiales de construcción**

COSTO DE LOS MATERIALES					
Elemento	Material	Cantidad	COSTO (Quetzales)		
			Dimensiones/ grosor	Costo unitario	Costo total
Silo de mezcla					Q 6 180,00
Cilindro	AISI 304	1 plancha	4x12 ft/2 mm	Q 2 060,00	
Cono	AISI 304	1 plancha	4x12 ft/2 mm	Q 2 060,00	
Tapaderas (Sup e infe)	AISI 304	1 plancha	4x12 ft/2 mm	Q 2 060,00	
Tubo de transporte					Q 1 220,00
Tubo de transporte	AISI 304	1 plancha	4x8 ft/2 mm	Q 1 220,00	
Tornillo Homogenizador					Q 4 030,00
Aspas del tornillo	AISI 304	1 plancha	4X10	Q 1 990,00	
Eje del tornillo	AISI 304	1 eje	2 in/2metros	Q 2 040,00	
Estructura de soporte					Q 1 687,68
Tubo cuadrado	AISI 304	12 metros	2X2 in/3 in	Q 1 687,68	
Mano de obra					Q 25 000,00
Aproximado					
Costo total de construcción					Q 38 117,68

Fuente: elaboración propia.







- Costo total

Al analizar las dos tablas de costos se puede concluir que el costo total de los materiales y equipo para la construcción es de Q 24 617,68 dentro de esta cantidad están el material y el equipo principal, cabe mencionar que no se toma en cuenta materiales de instalación u otros que puedan sumar costos al momento de la construcción de la máquina. Para esto se debe de agregar un valor de Q 2 000,00 al costo total, esto dependerá de los requerimientos en el lugar de instalación y construcción.

Al costo de los materiales se le debe agregar el costo de fabricación de la misma, la maquina es relativamente sencilla pero lo que incrementa el costo de fabricación es el tipo de material con el que se trabaja. Investigando en diferentes industrias y talleres que trabajan con acero inoxidable, se calcula que aproximadamente el costo de fabricación puede oscilar entre Q 20 000,00 – Q 25 000,00 por lo que en conclusión se tiene que la máquina puede llegar a tener un costo máximo de Q 55 000,00.

2.6.2. Cotización realizada a una empresa exterior para el costo de la máquina

Figura 40. Cotización costo total de la construcción de la máquina

VENDEDOR ROBERTO CARCAMO SALINAS DEPARTAMENTO VENTAS INDUSTRIALES CELULAR No. 55509708 E-MAIL rocarsa_7@hotmail.com		 INCAPRO, S.A.	
18 CALLE 1-65 ZONA 1 PBX 22044111 FAX 22044050 EMITIR CHEQUE/ORDEN COMPRA A NOMBRE DE INCAPRO, S.A. NIT. 7431931-0			
COTIZACION DE PROYECTO DE MAQUINARIA INDUSTRIAL			
EMPRESA SOLICITADO POR WAGNER LOPEZ TELEFONO FAX E-MAIL		FECHA 17/05/2016 No. DOCTO IGV2677	
No	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	Q46,700.00	Q46,700.00
FABRICACION DE MEZCLADORA DE YODO Y FLUOR DE SAL: *TANQUE DE DIAMETRO 1.2MTS *ALTO 1.02MTS *CONO DE 60CMS ALTO *PENDIENTE DE CONO 60 GRADOS *LAMINA 1/8" INOXIDABLE 304 2B *SOPORTES DE TANQUE EN TUBO CUADRADO INOXIDABLE DE ALTO 2.62MTS *TAPADERA SUPERIOR DE TANQUE EN 1/8" INOXIDABLE *TORNILLO HOMOGENIZADOR *DIAMETRO DE TUBO 35.4CMS *LARGO DE TUBO 1.15MTS *TUBO FABRICADO EN LAMINA 2MM INOXIDABLE *DIAMETRO DE TRANSPORTADOR HELICODAL 33.8CMS *PASO DE 16.9CMS *DISCOS EN LAMINA 1/8" INOXIDABLE *FLECHAS EN ACERO INOXIDABLE			
1 Los precios cotizados podrían variar dependiendo de la tasa de cambio del día de la facturación. 2 Precios INCLUYEN IVA. 3 Sujetos a retención al momento de facturación.		TOTAL	Q46,700.00
TOTAL EN LETRAS		QUETZALES	
TIEMPO DE ENTREGA	A CONVENIR		
LUGAR DE ENTREGA	DENTRO DE LA CIUDAD		
FORMA DE PAGO	A CONVENIR		
VALIDEZ DE OFERTA	15 DIAS HABILDES		
Distribuidores autorizados para Guatemala con calidad certificada a nivel mundial.			
			
 INCAPRO, S.A.		TRABAJOS EN TORNO, CORTES Y DOBLECES, FABRICACION DE TUBO 1 1/2" DE DIAMETRO	

Fuente: empresa Incapro, S. A.

En la siguiente cotización se tiene el costo que una empresa externa cobra por la realización de la máquina, cabe mencionar que este costo comprende el costo de los materiales de fabricación y la mano de obra. A este costo únicamente se le tiene que agregar el costo de del motor eléctrico de la máquina para determinar un costo total.

Tabla XLVII. **Costo de equipo de potencia**

COSTO DEL EQUIPO DE POTENCIA					
Equipo	Marca	Posición	Potencia (HP)	Velocidad de servicio (rpm)	Precio (Quetzales)
Motorreductor	WEG/BONFIGLIOLI	90°	7.5 HP	170	Q 11 500,00
Costo total de equipos					Q 11 500,00

Fuente: elaboración propia.

Al analizar el costo total de la fabricación de la máquina con la empresa con la cual se realizó la cotización antes presentada se tiene un costo total de Q 58 200,00. Es necesario tomar en cuenta que este costo puede variar de acorde a los precios de los materiales en la fecha que se realiza la construcción de la máquina.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. (DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE SAL)

3.1. Diagnóstico de los procedimientos para la producción de sal

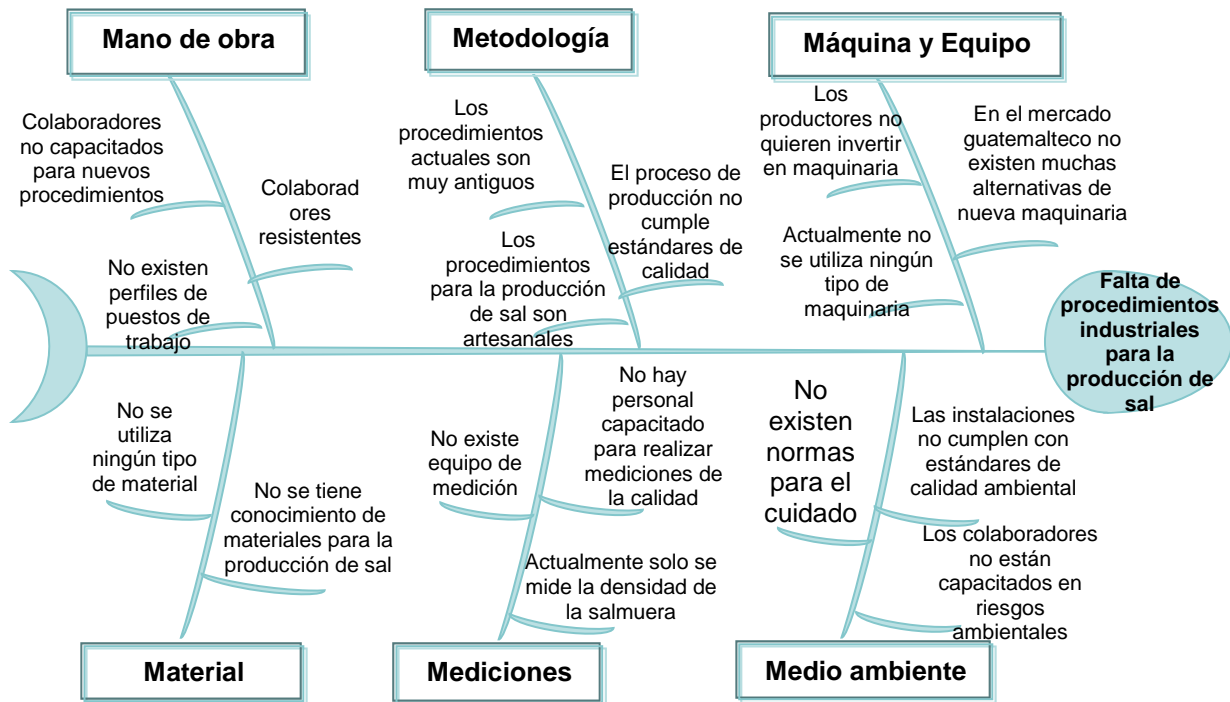
En Guatemala los procedimientos de sal no cumplen los estándares de calidad ni se cumple con el acuerdo gubernativo 29-2004 el cual indica que todos los salineros tienen la obligación de fortificar la sal con yodo y flúor destinado para el consumo humano. Para la realización de un diagnóstico de los procedimientos de sal se utilizaron los siguientes métodos:

- **Visitas técnicas:** estas fueron la mayor fuente de información para realizar un diagnóstico de la situación actual, ya que por medio de las visitas técnicas se pudo llegar a diferentes salineras para ver la situación real de la producción de sal.
- **Asesoría externa:** dentro de la asesoría externa que dio a conocer una gran parte de la realidad nacional de la producción de sal, se tiene a varios del personal de la única planta fortificadora de sal en Guatemala y de varios microsalineros.

Con toda la información recabada y realizar un prediagnóstico se puede identificar que una de las mayores deficiencias en la producción de sal es que los procedimientos para la producción de la misma no han cambiado nada desde hace muchos años, en Guatemala se sigue teniendo los mismos procedimientos artesanales, siendo esto un tropiezo para llegar a cumplir la meta de la fortificación de la sal con yodo y flúor.

3.1.1. Análisis Ishikawa

Figura 41. Análisis Ishikawa de los procedimientos para la producción de sal



Causa raíz: Falta de una documentación de los procedimientos industriales para la producción de sal.

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Proceso de sal

Los procedimientos actuales para la producción de sal en Guatemala poseen muchas carencias comparados con los procedimientos de las grandes plantas procesadoras de sal de otros países. Para la producción de sal

guatemalteca es de suma importancia evolucionar sus procedimientos para nivelarse con los internacionales y no permitir perder el mercado nacional, que cada vez se ve afectado por la falta de buenas prácticas en la producción de sal, dándole espacio a la competencia internacional introducir al país, sal con estándares de calidad y a un menor precio, haciendo que la sal nacional se vea muy afectada, repercutiendo en la economía del país.

3.1.2.1. Descripción de procedimientos

Los procedimientos utilizados actualmente en la producción de sal nacional, son totalmente sencillos por ende no son industrializados. Se utilizan pocos recursos y la única materia prima para producir es agua de mar. A continuación, se describen los procedimientos de producción de sal observados durante la etapa de recolección de información:

- Se inicia con un bombeo de agua de mar, desde una playa cercana hasta los diferentes patios de evaporación.
- Se llenan los patios evaporación, los cuales se encuentran totalmente al aire libre, ya que los efectos del sol y el viento serán los principales actores para la evaporación del agua de mar y obtener sal.
- El agua circula por los diferentes patios de evaporación, en lo cual conforme transcurre los días, el agua de mar se convierte más densa en sal, aproximadamente este procedimiento como máximo 30 días.
- Luego de obtener la mayor de concentración de sal, se transporta el agua rica en sal a los cristalizadores con un grado de 24° o 25° grados

Baumé y es aquí donde en un lapso de 24 horas el agua se termina de evaporar, quedando al descubierto, la sal cruda.

- Se recolecta la sal con carretas de madera y se almacena al aire libre, dejándola hasta 3 días máximo para que la misma suelte el mayor grado de humedad.
- Luego es envasada en sacos de vinil de 100 libras y es cargada a los diferentes medios de transporte para ser vendida.

3.1.3. Calidad de sal

La calidad de la sal producida en Guatemala no cumple con los estándares mínimos regulados por el acuerdo gubernativo 29-2004, ya que la misma no pasa por ningún procedimiento industrial que eleve la calidad y que permita al consumidor final, obtener una sal con diferentes características nutritivas. Por medio del diagnóstico se determinaron tres factores importantes que influyen directamente en la baja calidad que la sal de Guatemala produce.

- Humedad: la sal producida por los microsalineros, contiene un gran porcentaje de humedad, durante la etapa de diagnóstico se pudo constatar que la sal no se le aplica ningún procedimiento de secado, haciendo que la misma se distribuya al consumidor final, con toda la humedad restante del procedimiento de cristalización.
- Suciedad: la suciedad en la sal es uno de los factores que altera en gran manera su calidad, haciendo que la misma no solo se consuma con partículas de tierra, polvo y otras partículas que son dañinas para la salud. Además de esto tenemos que añadir que al no realizar un

procedimiento de lavado de la sal también se hace llegar al consumidor final casi 80 elementos químicos que en su mayoría si se consumen en grandes cantidades son nocivos para la salud.

- Tamaño del grano: para los microssalineros en Guatemala, el método de fortificación utilizado es el método seco, en el cual influye de gran manera el tamaño del grano de sal a fortificar. Actualmente, no se mide el grano de sal, ni se estandariza por lo que la mayoría de sal distribuida varía en torno a su tamaño de grano, repercutiendo directamente en la calidad ya que aunque se realice el procedimiento de mezcla yodo y flúor este no se realiza homogéneamente.

3.1.3.1. Descripción de procedimientos

En Guatemala los procedimientos para obtener una mejora en la calidad de sal son muy pocos y los que ya existen son ineficientes para producir sal con altos estándares de calidad.

- Secado de la sal

El secado de la sal en los microsaleros varía de acorde al lugar en el que se encuentre la salinera y del tamaño de producción. En algunas salineras se expone la sal en volcanes a la intemperie para que la misma sea afectada por los rayos de sol, haciendo que disminuya considerablemente el grado de humedad de la sal. En algunas otras salineras este procedimiento no se llega a realizar, para lo cual la sal contiene altos grados de humedad.

- Molienda de la sal

La molienda en la producción de las salineras no es muy común, ya que es un procedimiento que nadie realiza, pero a pesar de ello hay salineras que han adoptado un método para refinar la sal. Algunos salineros utilizan un molino de nixtamal mecánico al cual se le adapta un pequeño motor eléctrico, haciendo pasar la sal por dicho mecanismo reducen considerablemente el tamaño de la sal, haciendo que el grano sea de menor tamaño.

- mezclado de yodo y flúor

En Guatemala existe tan solo una planta que mezcla el yodo y el flúor con la sal con procedimientos industriales, pero dicha planta tiene destinado la mayor parte de su producción para la exportación haciendo que los guatemaltecos consumamos la mayor parte de la producción de los microsalineros. Los pequeños productores de sal no utilizan procedimientos que cumplan con los requisitos internos del país para una excelente calidad de sal. Actualmente, a la sal de las pequeñas plantas únicamente se les agrega yodo por medio de apaleo, el cual consiste en aplicar yodo cal (premezcla de yodo con cal) y utilizar palas y mezclar manualmente. Este procedimiento no es lo suficientemente efectivo y no se cumple con los estándares nacionales para la fortificación de sal.

3.2. Documentación de procedimientos para la producción de sal

La documentación de los procedimientos permite registrar los datos más básicos para la implementación de nuevos procedimientos para la producción de sal de una manera industrial para elevar la calidad de sal para consumo humano. Esta es una pequeña guía que permitirá a los microsalineros cumplir

con los estándares básicos de calidad en cada uno de sus procedimientos teniendo como resultado una mejora en la salud del consumidor final por el consumo de sal con yodo y flúor.

3.2.1. Bombeo de agua de mar

- **Objetivo**

Definir las actividades cronológicas y los aspectos técnicos que conforman el procedimiento de agua de mar hacia los patios de evaporización.

- **Alcance**

Este procedimiento se aplica en las actividades de bombeo de agua de mar de una salinera a nivel micro.

- **Responsabilidad**

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de bombeo de agua de mar hacia los patios de evaporización.

- **Definiciones**

- **Solución:** es una mezcla homogénea de dos o más sustancias.
- **Solubilidad:** capacidad de una sustancia o cuerpo para mezclarse con un líquido.
- **Grados Baumé:** son los grados de la escala Baumé, que miden la densidad de cualquier líquido.
- **Salmuera:** agua saturada de sal.

- Aislar: poner un cuerpo fuera del alcance de la propagación de energía calorífica, sonora, etc., mediante el uso de materiales aislantes.
- Eras: áreas rectangulares por donde circula la salmuera para realizar el procedimiento de evaporización.
- Aerómetro: instrumento que sirve para medir la densidad de los líquidos o aire en la escala Baumé.
- Evaporización: es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso.

3.2.1.1. Descripción

El agua de mar contiene en solución muchas sales y metales diferentes, aunque el cloruro de sodio representa el 78 % del total. El proceso por el cual el cloruro de sodio se obtiene por separado del resto de las demás sales se apoya en la diferencia de solubilidad de las sales presentes en el agua de mar. Dependiendo el lugar de donde se extraiga el agua de mar, así será la cantidad soluble de sal obtenida, en mar abierto la densidad del agua es de 3.5 grado Baumé (°Bé), sin embargo, se pueden encontrar lugares en que la densidad llega hasta los 4.2 (°Bé) los cuales son ricos en sal. Por lo general, las estaciones de bombeo se buscan colocar donde la densidad del agua sea mayor.

El procedimiento empieza por las excavaciones de pozos poco profundos entre 1 y 3 metros de profundidad y aproximadamente 50 cm de diámetro, los cuales al perforarse en su base permiten la entrada de agua de mar la cual es la salmuera a bombear.

Mediante bombas adaptadas con mangueras de hule, se realiza el bombeo desde los pozos hasta las eras o patios en distancias de hasta 200 metros, las bombas usualmente utilizadas son bombas de flujo axial a gasolina de hasta 42 pulgadas de diámetro de descarga, aunque dependiendo el tamaño de la salinera será el número de bombas y el diámetro de descargar. El mantenimiento en estas bombas es crucial ya que por bombear agua salada el mayor daño sufrido es a causa de la corrosión, la cual daña a la bomba de forma rápida limitando su línea de vida.

En el fondo de los pozos la salmuera bombeada hacia las eras alcanza de 7 u 8 grados °Bé y es acá donde el procedimiento de evaporación de la salmuera empieza.

3.2.1.2. Procedimiento

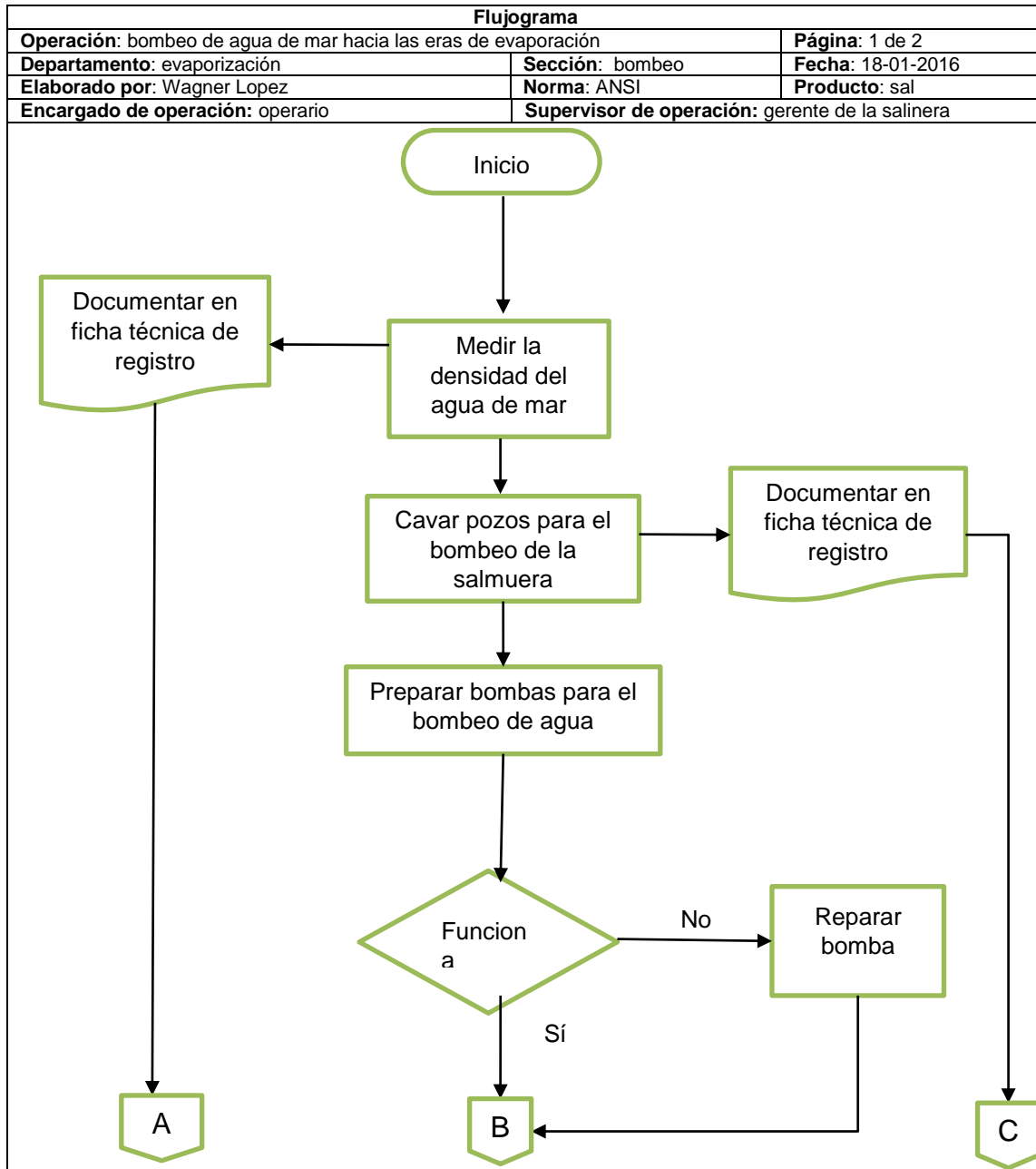
Tabla XLVIII. Procedimiento de bombeo de agua de mar

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		Página: 1 de 1		
Edición Núm.: 1		Fecha de edición:		
Procedimiento de bombeo de agua de mar				
Departamento: evaporización			Sección: bombeo	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Medir la densidad del agua de mar	Operario	Aerómetro	Grados Baumé de la concentración de agua de mar
2	Cavar pozos para el bombeo de la salmuera	Operario		Cantidad de pozos para la recolección de salmuera
3	Preparar bombas para el bombeo de agua de mar	Operario/ técnico mecánico		
4	Introducir mangueras al fondo de los pozos	Operario	Mangueras de hule	
5	Bombear salmuera hacia las eras	Operario	Bomba de agua	Tiempo de bombeo
6	Medir la densidad de la salmuera en las eras	Operario	Aerómetro	Grados Baumé de la concentración de la salmuera

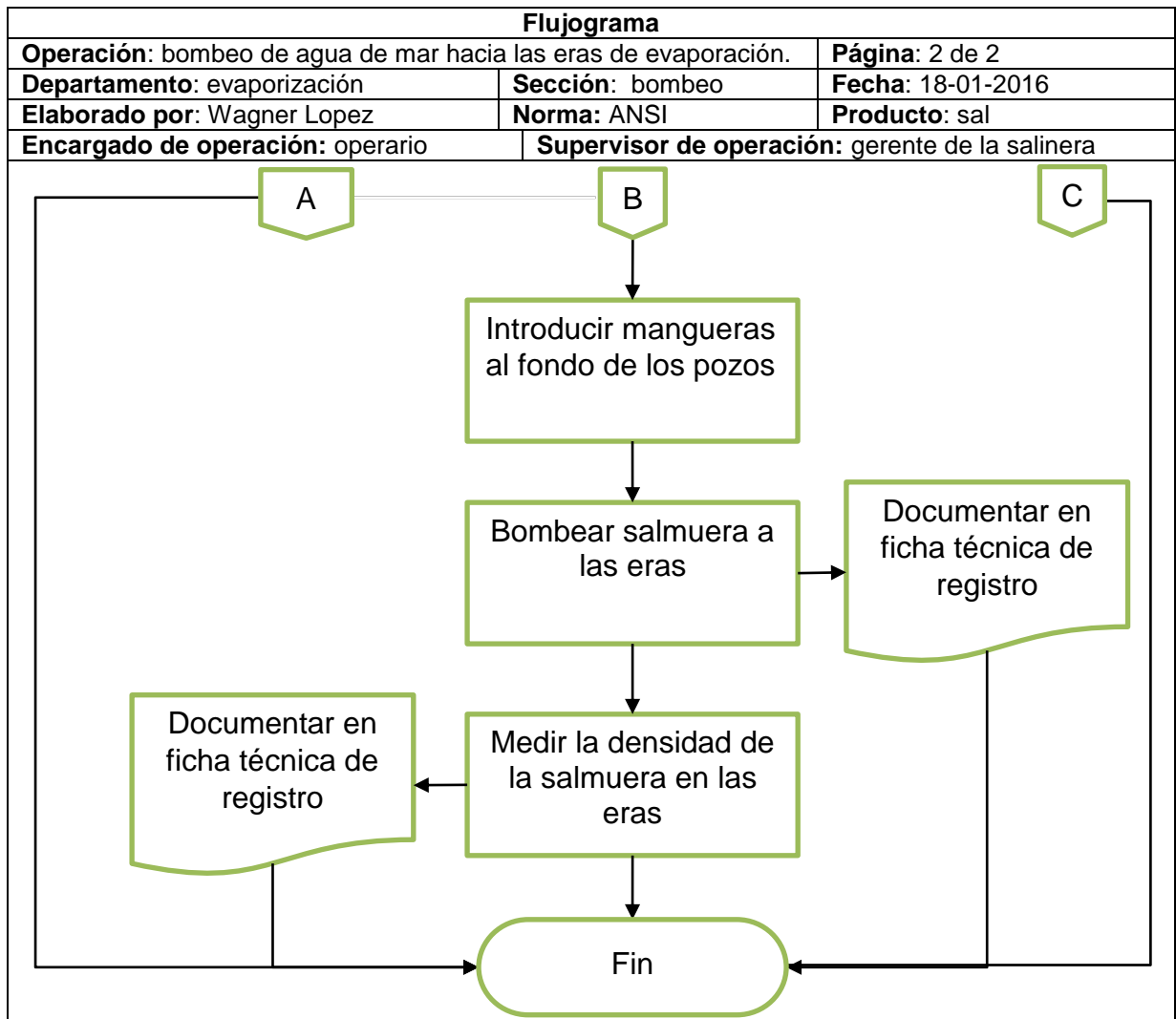
Fuente: elaboración propia.

3.2.1.3. Flujograma

Tabla XLIX. Flujograma del bombeo de agua de mar



Continuación de la tabla XLIX.



Fuente: elaboración propia.

3.2.1.4. Ficha técnica

Tabla L. **Ficha técnica del procedimiento de bombeo de agua de mar**

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Bombeo de agua de mar	1	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Proporcionar a las eras de evaporación la salmuera con el más alto grado de densidad para su posterior evaporación.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Medir la densidad del agua de mar	4. Introducir mangueras al fondo de los pozos	
2. Cavar pozos para el bombeo de salmuera	5. Bombear salmuera a las eras	
3. Preparar las bombas	6. Medir la densidad de la salmuera	
Entradas del procedimiento		Salidas del procedimiento
Agua de mar		Salmuera para evaporación
Procedimientos relacionados		
Evaporación de la salmuera		
Recursos / materiales		
-Agua de mar	-Bomba de agua	
	-Mangueras de hule	
	-Aerómetro	
Registros		
-Densidad del agua de mar	-Cantidad de salmuera bombeada	
-Cantidad de pozos para las salmueras	-Densidad de la salmuera	
-Tiempo de bombeo		
Datos técnicos		
Para la producción de una tonelada de sal se requieren aproximadamente 5 litros de gasolina para operación de los motores.		

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.5. Recurso humano

Tabla LI. **Ficha de recurso humano procedimiento de bombeo de agua de mar**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de evaporación		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la salinera		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
El operario de evaporación es el encargado de coordinar el cavado de los pozos, realizar las actividades de bombeo de agua de mar, llenar los patios de salmuera, dirigir el trayecto de la salmuera por los patios y de controlar los cristalizadores de sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de evaporación debe de poseer las siguientes competencias			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de bombas de agua • Conocimientos en los procedimientos de evaporación de la salmuera • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico:	Sexto primaria	Experiencia laboral	Ninguna
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Planificar el bombeo de salmuera hacia los patios • Mantener llenos los patios de salmuera • Coordinar el movimiento de la salmuera dentro de los patios • Registrar todos los datos técnicos del proceso de evaporación • Controlar el estado de la salmuera dentro de los patios • Controlar los cristalizadores • Coordinar y realizar la recolección de la sal cruda 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de evaporización • Manejar registros de la producción de forma ordena y clara • Control y manejo del área de evaporización 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.6. Bitácoras de Registros

Tabla LII. Bitácora de registros de la densidad de agua de mar

Bitácora de registros del procedimiento			
Operación: bombeo de agua de mar		Registro: densidad del agua de mar.	
Departamento: evaporización	Sección: bombeo	Fecha:	
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:	
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro	
Dato a registrar			
Observaciones			
Comentarios			
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro	
Dato a registrar			
Observaciones			
Comentarios			
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro	
Dato a registrar			
Observaciones			
Comentarios			
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro	
Dato a registrar			
Observaciones			
Comentarios			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Bitácora de registros cantidad de pozos para la salmuera**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: bombeo de agua de mar		Registro: cantidad de pozos para la salmuera
Departamento: evaporización	Sección: bombeo	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Bitácora de registros tiempo de bombeo de salmuera**

Bitácora de registros del procedimiento			
Operación: bombeo de agua de mar		Registro: tiempo de bombeo de salmuera	
Departamento: evaporización	Sección: bombeo	Fecha:	
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora	<input type="text"/>
	Núm. de registro <input type="text"/>		
Dato a registrar	<input type="text"/>		
Observaciones	<input type="text"/>		
Comentarios	<input type="text"/>		
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora	<input type="text"/>
	Núm. de registro <input type="text"/>		
Dato a registrar	<input type="text"/>		
Observaciones	<input type="text"/>		
Comentarios	<input type="text"/>		
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora	<input type="text"/>
	Núm. de registro <input type="text"/>		
Dato a registrar	<input type="text"/>		
Observaciones	<input type="text"/>		
Comentarios	<input type="text"/>		
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora	<input type="text"/>
	Núm. de registro <input type="text"/>		
Dato a registrar	<input type="text"/>		
Observaciones	<input type="text"/>		
Comentarios	<input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Bitácora de registros de cantidad de salmuera bombeada**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: bombeo de agua de mar		Registro: cantidad de salmuera bombeada
Departamento: evaporización	Sección: bombeo	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **Bitácora de registros de la densidad de la salmuera en las eras**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: bombeo de agua de mar		Registro: densidad de la salmuera en las eras
Departamento: evaporización	Sección: bombeo	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Evaporación de la salmuera

- Objetivo

Definir las actividades cronológicas y los aspectos técnicos que conforman el procedimiento de evaporización de la salmuera en los patios de evaporización.

- Alcance

Este procedimiento se aplica en las actividades de evaporización de la salmuera de una salinera a nivel micro.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de evaporización de la salmuera mientras la misma recorre las eras dentro de la salinera.

- Definiciones

- Polietileno: es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación.
- Sedimentación: se trata de una operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad.
- Precipitación: reacción química en la cual se produce un sólido a partir de líquidos.
- Salinidad: cantidad relativa de sales disueltas en el agua del mar.

- Lejías: salmuera antes de entrar al cristalizador.
- Cristalizador: última era de evaporización, el cual es el encargado de la fase final de la cristalización de la sal.

3.2.2.1. Descripción

Este procedimiento se lleva a cabo en las eras o patios de las salinas, La salmuera fluye por gravedad de patio a patio por medio de compuertas. La acción del sol y viento evapora el exceso de agua contenida en el agua de mar generando una salmuera saturada, rica en cloruro de sodio. Los patios tienen una área de aproximadamente 8x30 metros, estas medidas varían de acuerdo con el tamaño de la salinera y son cubiertos con películas de polietileno (plástico) las cuales no permiten el filtrado de la salmuera en los patios.

En la primera fase de este procedimiento (de 5 a 7 grados Bé) las aguas marinas libres, que provienen de los pozos de alimentación exteriores, se evaporan en una cantidad que se aproxima al 50 por 100 del volumen total de agua. Casi no existe sedimentación de sales, pero sí de los materiales en suspensión. Esto se da en los primeros patios llenos de salmuera.

En la segunda fase (de 7 a 12 grados Bé) la evaporación sobrepasa el 18 por 100 del volumen inicial del agua, precipitándose la totalidad de los óxidos de hierro y el 55 por 100 del carbonato cálcico.

La tercera fase (de 12 a 18 grados Bé) corresponde a la evaporización de alrededor del 15 por 100 del volumen inicial del agua. A los 15 grados Bé comienza la precipitación del sulfato cálcico, del que se deposita el 60 por 100; mientras que prosigue la precipitación del resto del carbonato cálcico al alcanzarse los 16 grados Bé.

En la cuarta fase (de 18 a 24 grados Bé) se evapora alrededor del 5 por 100 del volumen inicial del agua, precipitándose el 25 por 100 del sulfato cálcico.

En la quinta fase (de 24 a 28 grados Bé). Las aguas se mueven por los patios, estas aguas se denominan lejías, que evaporan entre el 5'5 y el 6 por 100 del volumen inicial del agua. Al alcanzarse la concentración de los 26 grados Bé, la casi totalidad del cloruro sódico se precipita, así como el restante 15 por 100 del sulfato cálcico. El agua reposa en los patios de 15 a 20 días hasta alcanzar, por evaporación, 22° a 24° de salinidad. Un especial cuidado se debe tener en que las aguas lejías para que no sobrepasaran los 28 grados Bé, pues una mayor graduación proporciona una proporción mayor de sales magnésicas, en depreciación del cloruro sódico. Todo este procedimiento se realiza en forma de serpentín por todas las eras o patios, para lo cual se utiliza la gravedad para hacer mover la salmuera.

Una vez alcanzada la salinidad anterior, el agua se concentra en un solo estanque llamado cristizador, el cual tiene una profundidad de 5 a 8 centímetros, después de 3 a 5 días el resto de agua se evapora y tenemos como resultado los cristales de sal cruda.

3.2.2.2. Procedimiento

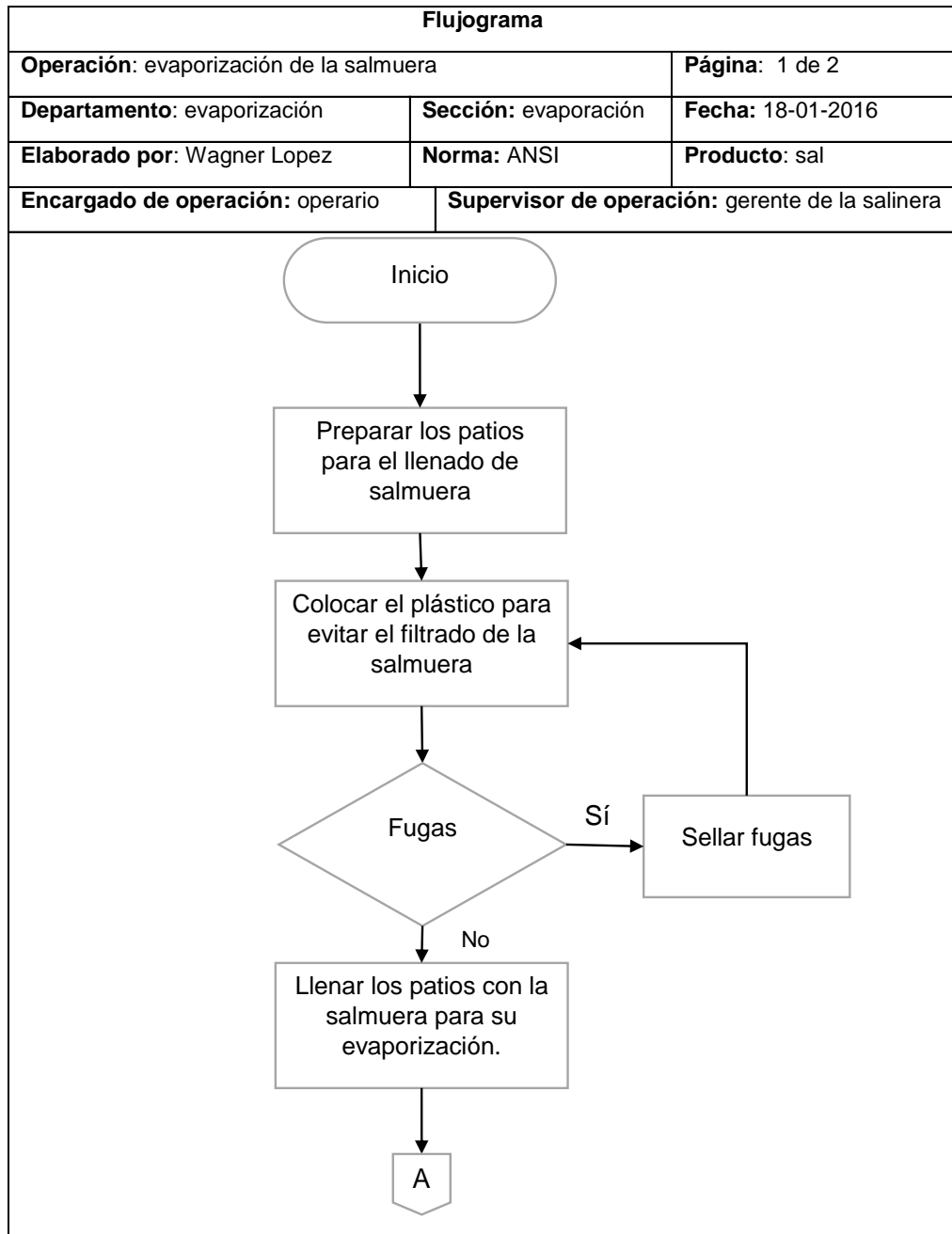
Tabla LVII. Procedimiento de la evaporización de la salmuera

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		Página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1		Fecha de edición:		
Procedimiento de la evaporización de la salmuera				
Departamento: evaporización			Sección: evaporización	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Preparar los patios para el llenado de salmuera.	Operario	-Plásticos -Escobas	Ninguno
2	Colocar el plástico para evitar el filtrado de la salmuera en las eras.	Operario		Ninguno
3	Revisar si existen fugas, de haber es necesario sellarlas.	Operario	-Plástico - Pegamento	Ninguno
4	Llenar los patios con la salmuera para su evaporización.	Operario	- Mangueras de hule	Ninguno
5	Medir la densidad de la salmuera en los patios.	Operario	Aerómetro	Densidad de la salmuera en las eras
6	Hacer circular la salmuera por los patios o eras.	Operario		Ninguno
7	Medir la densidad de la salmuera para llevarla hacia el cristizador.	Operario	Aerómetro	Densidad de la salmuera antes del cristizador
8	Trasladar la salmuera hacia el cristizador	Operario		Ninguno
9	Analizar la sal cristalizada	Operario		Estado de la sal cruda obtenida

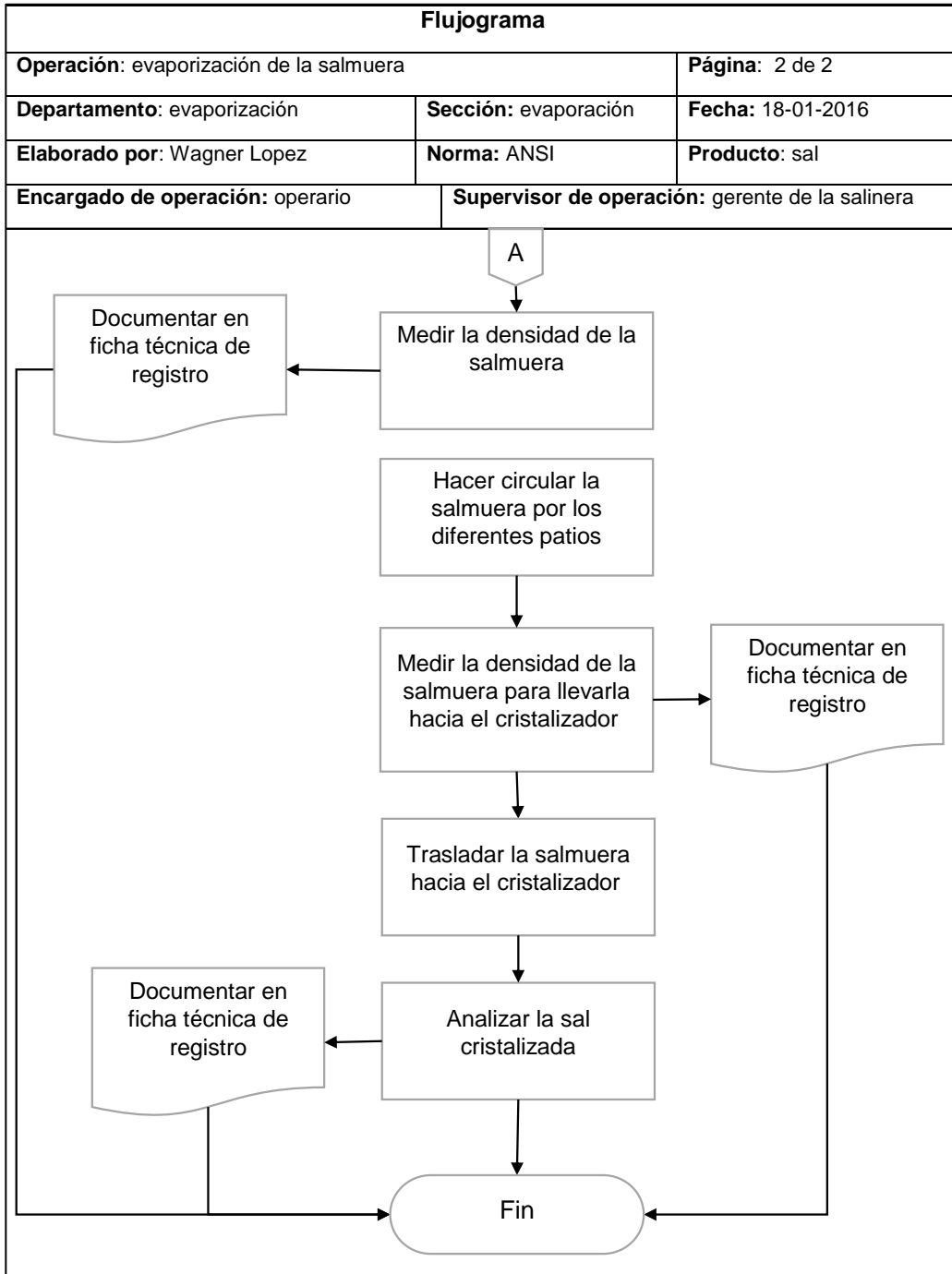
Fuente: elaboración propia.

3.2.2.3. Flujograma

Tabla LVIII. Flujograma del procedimiento de evaporización de la salmuera



Continuación de la tabla LVIII.



Fuente: elaboración propia.

3.2.2.4. Ficha técnica

Tabla LIX. **Ficha técnica del procedimiento de evaporización de salmuera**

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Evaporización de la salmuera	1 era	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Transformar la salmuera de agua salada en sal cristalizada por medio del movimiento de la misma por los patios vaporizadores, utilizando la acción del viento y el sol.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Preparación de los patios. 2. Colocación del plástico a los patios. 3. Llenado de los patios con salmuera. 4. Medición de la densidad de la salmuera entrante.	5. Mover el agua por los diferentes patios. 6. Medir la densidad de la salmuera para su transporte al cristizador. 7. Analizar la sal obtenida.	
Entradas del procedimiento	Salidas del procedimiento	
Salmuera	Sal cruda	
Procedimientos relacionados		
Recolección de la sal cruda		
Recursos / materiales		
-Salmuera	-Plástico o película de polietileno -Patios de evaporización -Aerómetro	
Registros		
-Estado del plástico	-Densidad de la salmuera trasladada al cristizador. -Estado de la sal cruda obtenida en el cristizador.	
Datos técnicos		
Para la producción de una tonelada de sal se requieren aproximadamente 5 kg de película de polietileno.		

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.5. Recurso humano

Tabla LX. **Ficha de recurso humano del procedimiento de evaporización de salmuera**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de evaporación		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la salinera		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
El operario de evaporación es el encargado de coordinar el cavado de los pozos, realizar las actividades de bombeo de agua de mar, llenar los patios de salmuera, dirigir el trayecto de la salmuera por los patios y de controlar los cristalizadores de sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de evaporación debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de bombas de agua • Conocimientos en los procedimientos de evaporación de la salmuera • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico:	Sexto primaria	Experiencia laboral	Ninguna
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Planificar el bombeo de salmuera hacia los patios • Mantener llenos los patios de salmuera • Coordinar el movimiento de la salmuera dentro de los patios • Registrar todos los datos técnicos del proceso de evaporación • Controlar el estado de la salmuera dentro de los patios • Controlar los cristalizadores • Coordinar y realizar la recolección de la sal cruda 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de evaporización • Manejar registros de la producción de forma ordena y clara • Control y manejo del área de evaporización 			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Bitácora de registros del estado del plástico de los patios**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: evaporización de la salmuera		Registro: estado del plástico de los patios.
Departamento: evaporización.	Sección: evaporación	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Bitácora de registros de la densidad de la salmuera en el
cristalizador**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: evaporización de la salmuera		Registro: densidad de la salmuera en el cristalizador
Departamento: evaporación	Sección: evaporación	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Bitácoras de registro del estado de la sal cruda obtenida**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: evaporización de la salmuera		Registro: estado de la sal cruda obtenida
Departamento: evaporación	Sección: evaporación	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Recolección mecánica o manual de la sal

- **Objetivo**

Documentar las actividades y los parámetros técnicos para realizar el procedimiento de recolección de sal.

- **Alcance**

Este procedimiento se aplica en las actividades de la recolección de sal cristalizada en una salinera de nivel micro.

- **Responsabilidad**

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de recolección de sal cristalizada proveniente de las eras de evaporización.

- **Definiciones**

- Metodología: métodos o técnicas que se utilizan para llevar a cabo una actividad determinada.
- Montículo: agrupación de tierra, arena o cualquier otro material en forma de colina o loma.
- Recolección: recoger y unir cosas separadas o dispersas para juntarlas en un determinado lugar.
- Almacenaje: guardar y custodiar existencias de productos o materiales que no están en proceso de fabricación, ni de transporte.

- Contenedores: se trata de unidades estancadas que protegen las mercancías de la climatología y que están fabricadas de acuerdo con normas que regulan los detalles de su fabricación.

3.2.3.1. Descripción

La recolección mecánica es el procedimiento en el cual se empieza a tener contacto con los cristales de sal cruda, la cual se encuentra en los cristalizadores después de haber evaporado todo el resto de salmuera. El procedimiento empieza en juntar toda la sal cruda, esto se realiza con cepillos con cerdas plásticas (escobas) esto permite reunir la sal en un solo lugar para su pronta recolección. Para este procedimiento se tiene dos metodologías a utilizar: recolección mecánica o recolección manual.

En la recolección mecánica se hace uso de maquinaria que realice el trabajo de reunir la sal para luego cargarla a contenedores para llevarla al lugar de procesamiento, este tipo de recolección es utilizada por las grandes plantas de productoras de sal ya que las cantidades a recolectar son muy grandes.

La recolección manual es utilizada por las salineras de menor nivel, en este procedimiento se utiliza mano de obra para reunir la sal en lugar para luego ser transportada a las diferentes bodegas de almacenamiento. Para el transporte de la misma se utilizan carretas de madera, ya que las metálicas son atacadas rápidamente por la corrosión que genera la sal.

La sal es reunida en un lugar específico donde se deja bajo los rayos de sol, esto permite que la misma empiece a liberar la humedad y empiece un proceso de semisecado. La sal cruda puede estar hasta 3 días bajos los efectos del para que cuando sea procesada su nivel de humedad sea menor. Se debe

tener sumo cuidado con dejar la sal por la noche sin estar cubierta, la humedad de la noche podría devolver el porcentaje de humedad perdido por el día. Los montículos de sal pueden tener de 10 a 15 metros de altura, esto se realiza para que la temperatura de la sal pueda llegar hasta el fondo del mismo.

3.2.3.2. Procedimiento

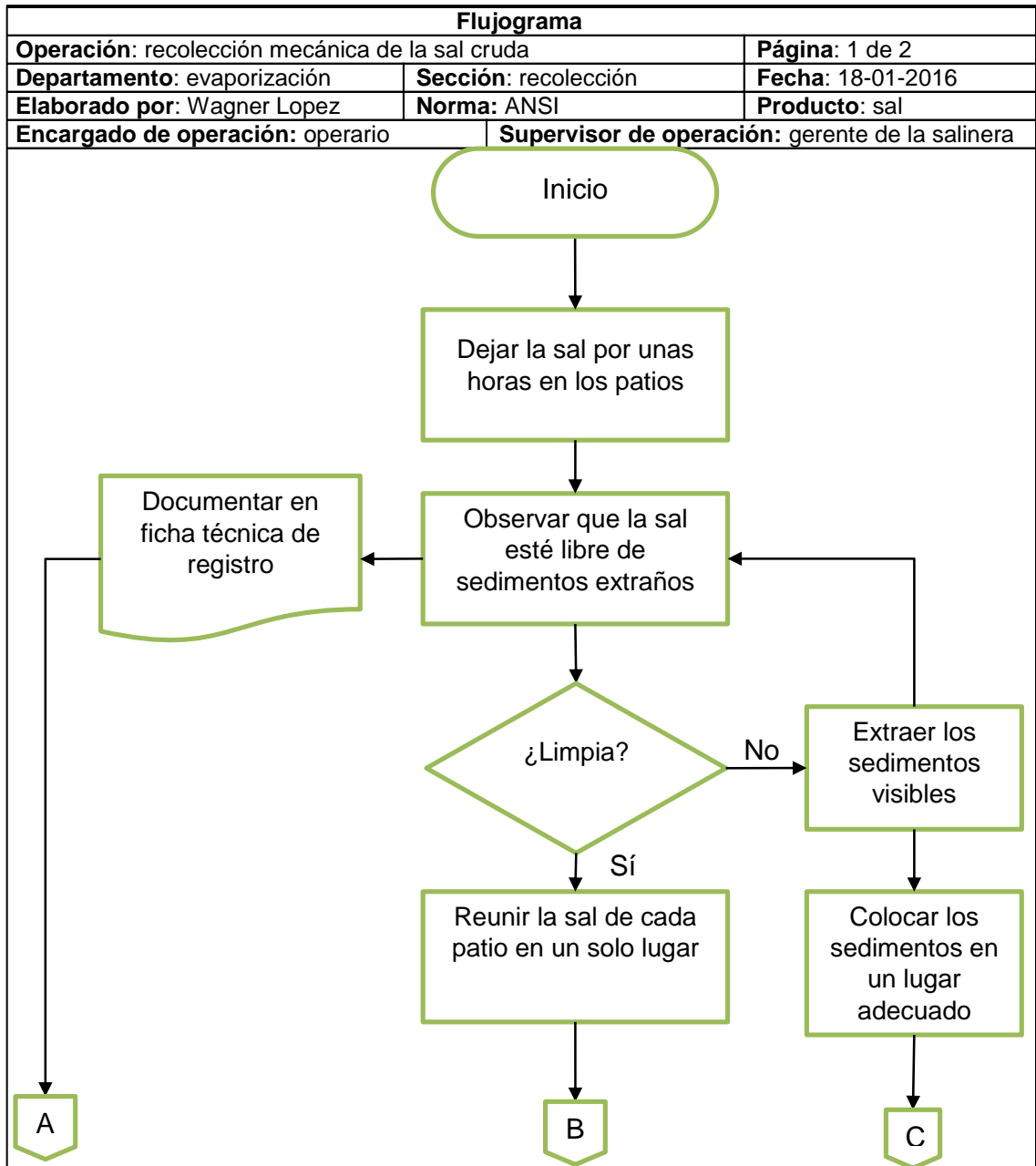
Tabla LXIV. Procedimiento de la recolección mecánica de la sal

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		Página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1		Fecha de edición:		
Procedimiento de la recolección mecánica de la sal cruda				
Departamento: evaporización			Sección: recolección.	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Dejar la sal por unas horas en los cristalizadores	Operario		Ninguno
2	Observar que la sal esté libre de sedimentos extraños	Operario		Nivel y tipo de sedimentos.
3	Si la sal contiene sedimentos limpiarla	Operario		Ninguno
4	Reunir la sal en un solo lugar	Operario	-Escobas. -Carretas	Ninguno
5	Dejar por 3 días máximo la sal bajo el sol para eliminar la humedad	Operario		Ninguno
6	Preparar las carretas, escobas y palas para el transporte de la sal	Operario	-Cepillos	Ninguno
7	Limpiar el área de almacenaje de la sal	Operario	-Escobas -Palas	Ninguno
8	Transportar la sal cruda hacia su almacenaje	Operario	-Carretas -Escobas -Palas	Ninguno

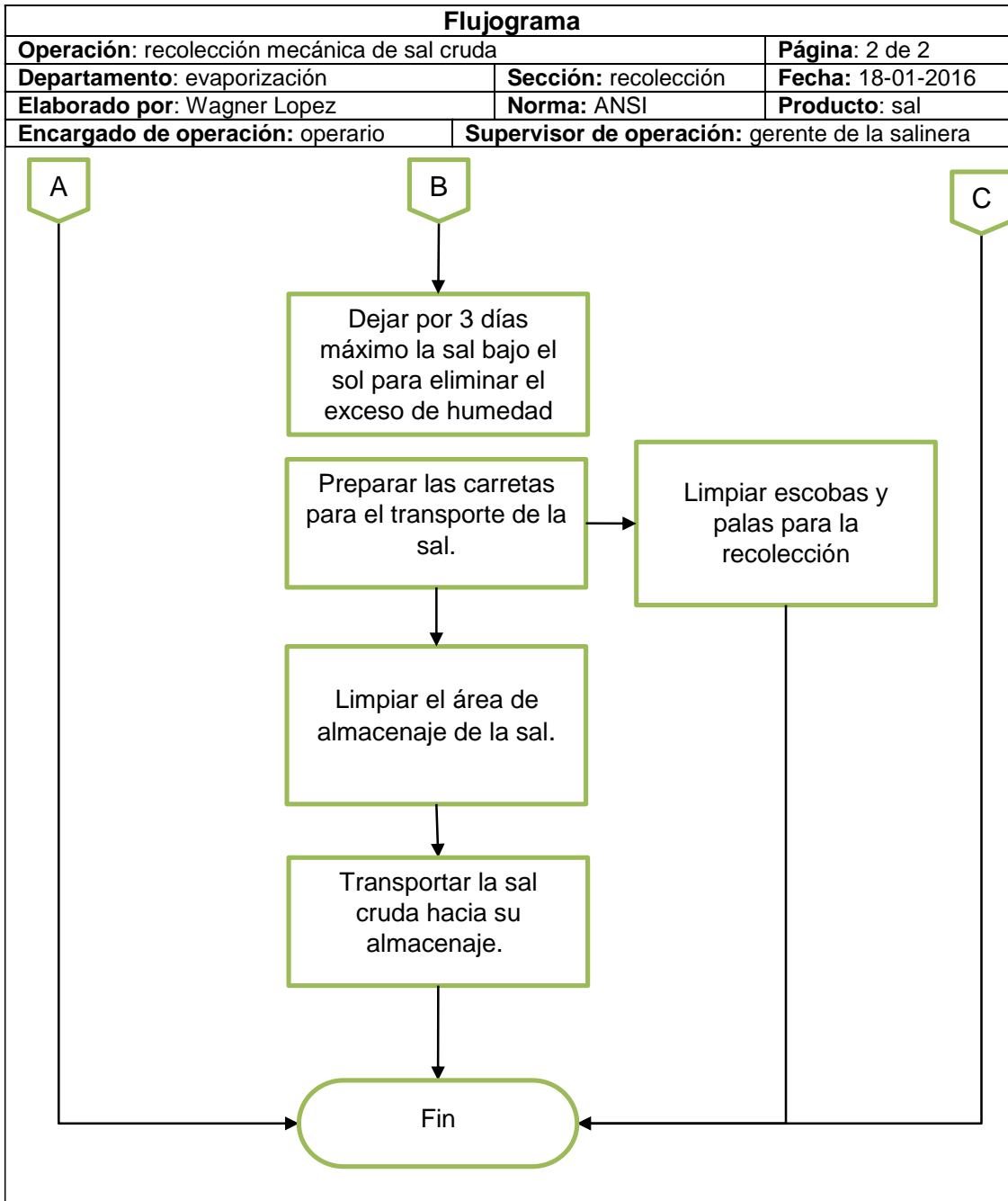
Fuente: elaboración propia.

3.2.3.3. Flujograma

Tabla LXV. Flujograma de la recolección de la sal cruda



Continuación de la tabla LXV.



Fuente: elaboración propia.

3.2.3.4. Ficha técnica

Tabla LXVI. **Ficha técnica del procedimiento de recolección mecánica de sal cruda**

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Recolección mecánica de la sal	1 era	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Recolectar la sal cruda obtenida en los cristalizadores para reunirla en un lugar de almacenaje adecuado para su pronto procesamiento.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Dejar la sal cruda en los cristalizadores por algunas horas. 2. Preparar las carretas y los cepillos. (escobas) 3. Reunir la sal en un solo lugar.	4. Dejar la sal bajo el sol por lo máximo 3 días, para disminuir su nivel de humedad. 5. Transportar la sal con las carretas al lugar de almacenaje.	
Entradas del procedimiento		Salidas del procedimiento
Sal cruda húmeda		-Sal cruda con bajo porcentaje de humedad
Procedimientos relacionados		
Evaporización de la sal		
Recursos / materiales		
-Sal cruda.	-Cepillos con cerdas plásticas (escobas) -Carretas de madera -Plástico	
Registros		
-Documentar el nivel y el tipo de sedimentos observados durante la recolección de la sal.		
Datos técnicos		
N/E		

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.5. Recurso humano

Tabla LXVII. **Ficha de recurso humano del procedimiento de recolección de sal**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de evaporación		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la salinera		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
El operario de evaporación es el encargado de coordinar el cavado de los pozos, realizar las actividades de bombeo de agua de mar, llenar los patios de salmuera, dirigir el trayecto de la salmuera por los patios, controlar los cristalizadores de sal y realizar la recolección de sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de evaporación debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de bombas de agua • Conocimientos en los procedimientos de evaporación de la salmuera • Manejo de instrumentos de medición 			
Grado académico:	Sexto primaria	Experiencia laboral	Ninguna
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Planificar el bombeo de salmuera hacia los patios. • Mantener llenos los patios de salmuera. • Coordinar el movimiento de la salmuera dentro de los patios. • Registrar todos los datos técnicos del proceso de evaporación. • Controlar el estado de la salmuera dentro de los patios. • Controlar los cristalizadores. • Coordinar y realizar la recolección de la sal cruda. 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera. • Mantener ordenado y limpio el área de evaporización. • Manejar registros de la producción de forma ordena y clara. • Control y manejo del área de evaporización. 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.6. Bitácoras de registros

Tabla LXVIII. **Bitácora de registros del nivel y tipo de sedimentos observados**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: recolección mecánica de la sal	Registro: nivel y tipo de sedimentos observados en la recolección	
Departamento: evaporización	Sección: recolección.	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Lavado del grano

- **Objetivo**

Documentar las actividades y los parámetros técnicos para realizar el procedimiento de lavado de sal.

- **Alcance**

Este procedimiento se aplica en las actividades que conforman el procedimiento de lavado de la sal en una salinera a nivel micro.

- **Responsabilidad**

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de lavado de sal recolectada en la sección de evaporización.

- **Definiciones**

- Desintegración: separación de un conjunto de elementos que conforman un todo.
- Soluble: propiedad de algunos elementos de poder disolverse al mezclarse con algún líquido.
- Insoluble: elemento que no tiene la capacidad de diluirse o disolverse en otro material.
- Calidad: conjunto de propiedades que posee una cosa que la hace diferente del resto de su grupo o especie.
- Centrifugado: aplicación de una fuerza centrífuga a una sustancia o materia para secarla o para separar componentes mezclados.
- Flujo: movimiento de un fluido a un determinado lugar.

3.2.4.1. Descripción

El lavado de sal es uno de los primeros procedimientos ya industrializados para la preparación de la sal para su pronta fortificación con yodo y flúor. El lavado de sal consiste desintegración de los granos y desprendimiento de sedimentos de suciedad solubles e insolubles.

Para el proceso de lavado se utiliza una lavadora de sal por inmersión en un tornillo sin fin inclinado, sobre el lecho de una malla desaguadora, donde se rocía la sal con agua pura del mar, esto elimina todas las impurezas superficiales haciendo que las mismas se queden dentro del agua. Es importante saber que exclusivamente se debe utilizar agua pura del mar, si utilizamos agua normal, la sal se disolverá en la misma y el proceso se verá afectado grandemente.

Los modelos actuales realizan el lavado de la sal por medio de centrifugadoras, que separan las partículas por suspensión. En el mercado se pueden encontrar diferentes centrifugadoras que se adaptan totalmente a las necesidades del lavado de la sal, una de las centrifugadoras utilizadas en la industria salinera es la centrifugadora vibratoria, estas retienen los sólidos por encima un cestillo interno y a continuación transportan los sólidos separados por medio de vibraciones axiales.

Para el procedimiento de lavado es más eficiente utilizar una centrifugadora, ya que esta extrae casi en su totalidad todos los sólidos dejando prácticamente solo la sal después del lavado. La lavadora de tornillo inclinado deja residuos de impurezas dentro de la sal, para lo cual es necesario en muchas ocasiones un doble lavado después del procedimiento de molienda. El lavado con agua de mar además de no permitir que la sal se disuelva mientras

se lava también cumple una misión muy importante, en la mayoría de los casos ayuda a subir los contenidos de cloruro de sodio de 98,80 % a 99,77 %.

Un factor importante tanto desde el punto de vista de producción como de control de calidad, son las condiciones de lavado de sal como son: La densidad optima de salmuera de lavado, la cantidad optima de salmuera de lavado y la cantidad optima de agua de mar de lavado, estos tres puntos importantes para conocer la disolución que sufre la sal y poder construir un balance de materiales de la planta lavadora

3.2.4.2. Procedimiento

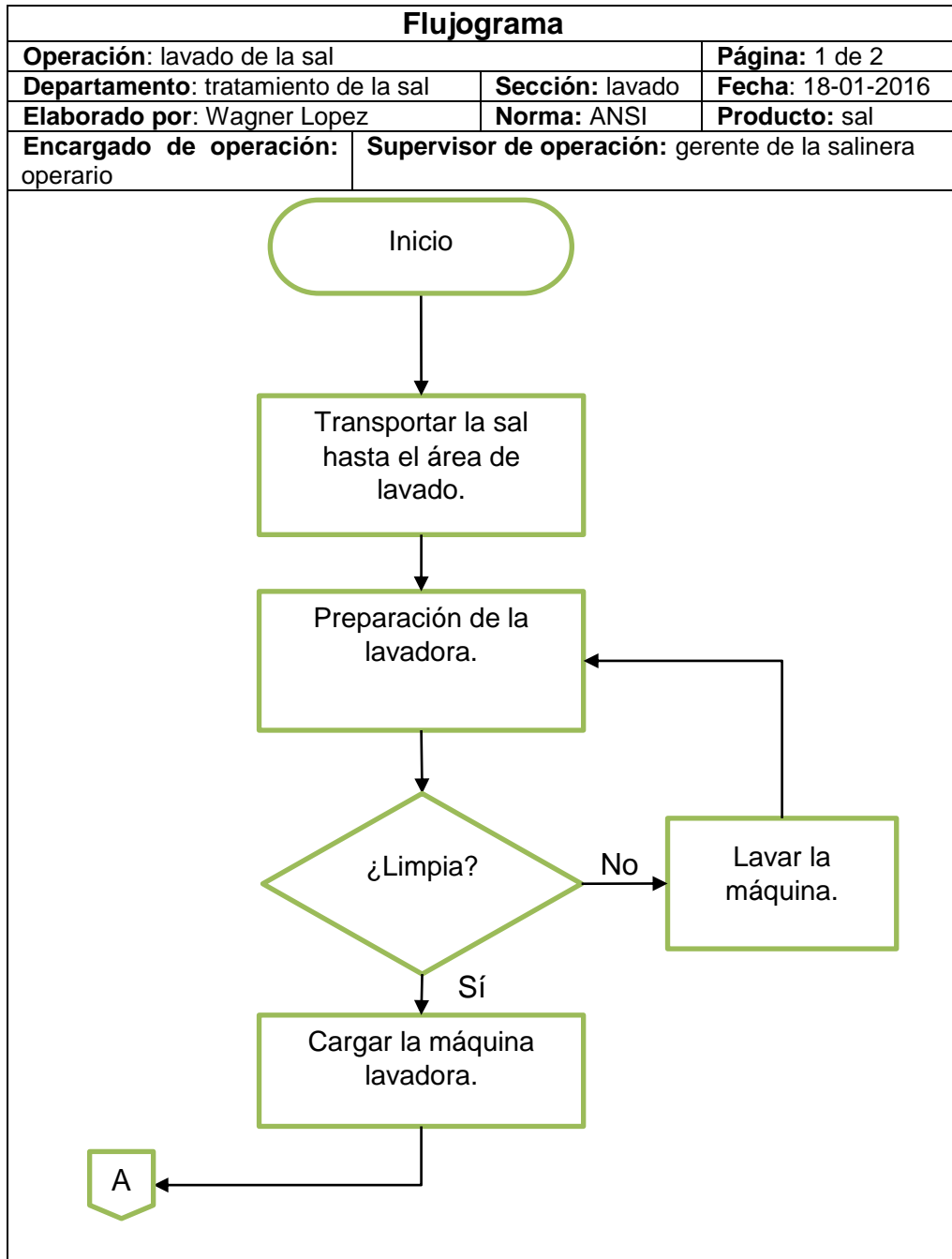
Tabla LXIX. Procedimiento del lavado de la sal

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		Página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1		Fecha de edición:		
Procedimiento del lavado de la sal				
Departamento: tratamiento de la sal			Sección: lavado	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Transportar la sal hasta el área de lavado.	Operario	-Carretas -Palas	Ninguno
2	Preparación de la lavadora	Operario		Ninguno
3	Limpiar la lavadora	Operario	-Detergente -Agua	Ninguno
4	Cargar la máquina lavadora con sal	Operario		Ninguno
5	Preparar los tubos de carga de agua de mar	Operario		Ninguno
6	Poner en marcha la máquina	Operario		Ninguno
7	Controlar el flujo de lavado de la máquina	Operario		Flujo de lavado
8	Transportar la sal lavada a la siguiente sección de tratamiento	Operario	-Carretas	Ninguno

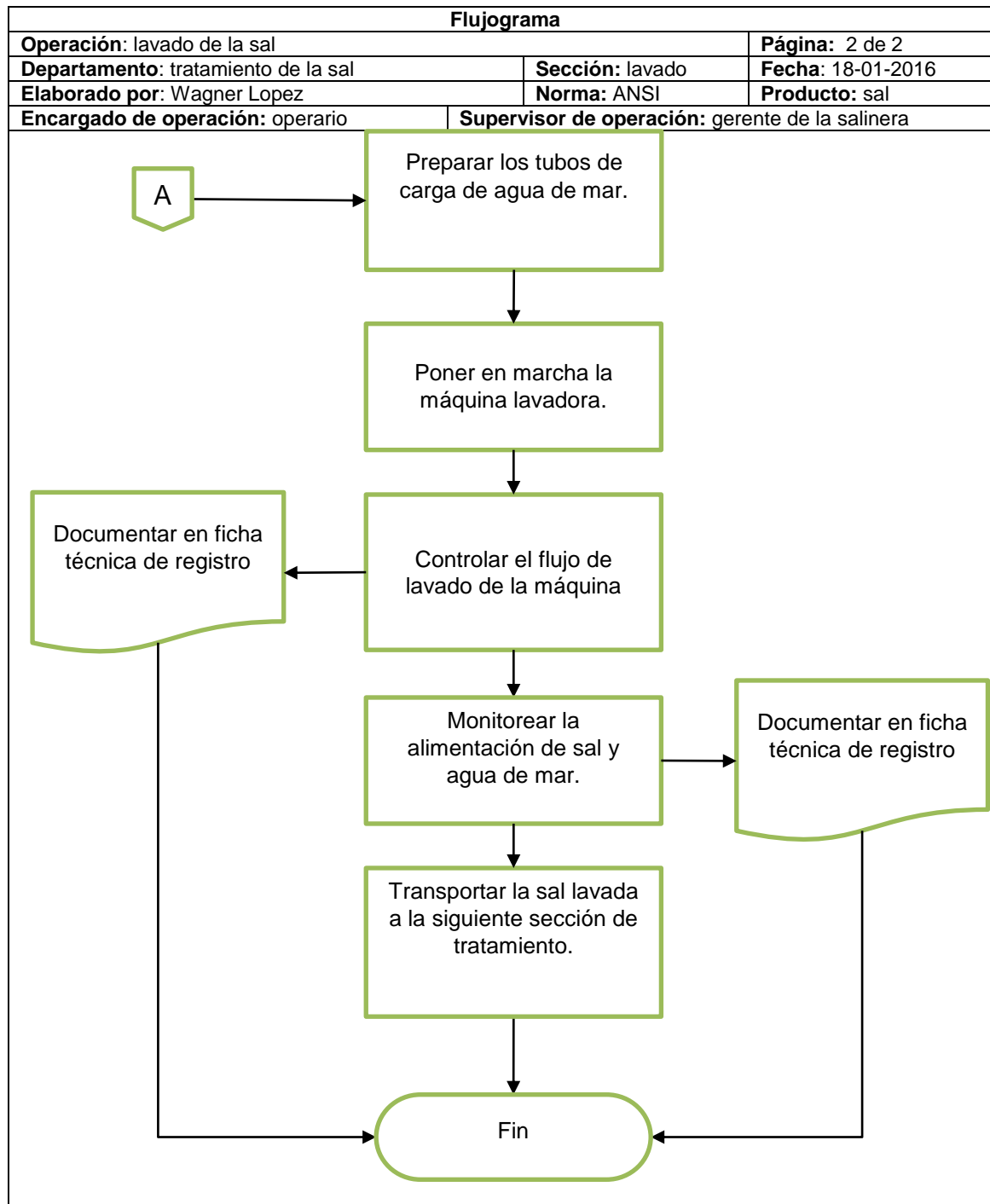
Fuente: elaboración propia.

3.2.4.3. Flujograma

Tabla LXX. Flujograma del procedimiento de lavado de la sal



Continuación tabla LXX.



Fuente: elaboración propia.

3.2.4.4. Ficha técnica

Tabla LXXI. **Ficha técnica de procedimiento de lavado de sal**

Ficha técnica de procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Lavado de la sal	1	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Lavar la sal cruda para desintegrar sus granos y eliminar todas las impurezas solubles e insolubles.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Preparación de la máquina. 2. Cargar la máquina. 3. Preparar los tubos de carga de agua de mar. 4. Proceder a lavar la sal.	5. Controlar el flujo de lavado de la sal. 6. Controlar el flujo de agua y de carga de sal para la máquina. 7. Transportar la sal a la siguiente sección de tratamiento.	
Entradas del procedimiento		Salidas del procedimiento
Sal cruda con sedimentos de suciedad		Sal cruda sin sedimentos de suciedad
Procedimientos relacionados		
Recolección y centrifugado de la sal		
Recursos / materiales		
-Sal cruda sucia	-Lavadora de tornillo sin fin inclinado	
Registros		
-Flujo de lavado de la máquina	-Flujo de carga de sal -Flujo de agua de mar	
Datos técnicos		
Contaminante concentración	Mg/kg (cantidad máxima)	
Arsénico (expresado como As)	0,5	
Cobre (expresado como Cu)	2	
Plomo (expresado como Pb)	2	
Cadmio (expresado como Cd)	0,5	
Mercurio (expresado como Hg)	0,1	

Fuente: elaboración propia.

3.2.4.5. Recurso humano

Tabla LXXII. **Ficha de recurso humano del procedimiento de lavado de sal**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de preparación de sal		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar los diferentes procedimientos para la producción de sal. Lavado de sal, centrifugado, secado de sal, molienda y tamizado, fortificación y empaçado de la sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de máquinas industriales • Conocimientos matemáticos • Conocimientos en los procedimientos de preparación de la sal • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico:	Tercero básico	Experiencia laboral	1 año mínimo de experiencia.
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los procedimientos para la producción de sal • Realizar diferentes mediciones en todos los procedimientos • Manejar diferentes maquinas industriales • Movilizar la sal dentro a las diferentes áreas de la producción • Realizar cálculos matemáticos sencillos 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de preparación de la sal • Manejar registros de los procedimientos a cargo • Control y manejo equipo de seguridad 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.4.6. Bitácoras de registros

Tabla LXXIII. Bitácora de registros del flujo de lavado

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: lavado de la sal		Registro: flujo de lavado
Departamento: tratamiento de la sal.	Sección: lavado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Bitácora de registros del flujo de carga de sal**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: lavado de la sal		Registro: flujo de carga de sal
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: lavado.	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input style="width: 100px;" type="text"/>	Hora <input style="width: 100px;" type="text"/>	Núm. de registro <input style="width: 100px;" type="text"/>
Dato a registrar <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Observaciones <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Comentarios <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Fecha del registro <input style="width: 100px;" type="text"/>	Hora <input style="width: 100px;" type="text"/>	Núm. de registro <input style="width: 100px;" type="text"/>
Dato a registrar <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Observaciones <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Comentarios <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Fecha del registro <input style="width: 100px;" type="text"/>	Hora <input style="width: 100px;" type="text"/>	Núm. de registro <input style="width: 100px;" type="text"/>
Dato a registrar <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Observaciones <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Comentarios <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Fecha del registro <input style="width: 100px;" type="text"/>	Hora <input style="width: 100px;" type="text"/>	Núm. de registro <input style="width: 100px;" type="text"/>
Dato a registrar <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Observaciones <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		
Comentarios <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXV. **Bitácora de registros del flujo de agua de mar suministrada**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: lavado de la sal		Registro: flujo de agua de mar suministrada
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: lavado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Centrifugado de la sal

- Objetivo

Proveer de una guía para la implementación del procedimiento de centrifugado de sal cruda que contenga las actividades necesarias a realizar y los parámetros técnicos aplicables para dicho procedimiento.

- Alcance

Este procedimiento es aplicable en el área de pre secado del proceso de producción sal evaporada de una salinera a nivel micro.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de pre secado de sal de nivel micro.

- Definiciones

- Higrómetro: instrumento utilizado para medir la humedad de algún material.
- Molienda: proceso que consiste en desmenuzar una materia sólida, especialmente granos o frutos, golpeándola con algo o frotándola entre dos piezas duras hasta reducirla a trozos muy pequeños, a polvo o a líquido.
- Presión interna: es la presión que se genera desde dentro de un depósito con cavidad la cual se genera por los elementos que se encuentren dentro de dicho depósito.

3.2.5.1. Descripción

En este procedimiento se realiza un centrifugado normal que reduce la humedad de la sal obtenida después del lavado. Se puede llamar a este procedimiento como un pre secado ya que prepara la sal para su molienda, evitando que entre al molino con altos grados de humedad y así prevenir problemas futuros dentro del molino.

El centrifugado se realiza con una máquina sencilla la cual por efectos de la presión interna que genera dentro de la misma, extrae la humedad de la sal, la metodología utilizada para llevar a cabo esta tarea es similar a la de una lavadora de ropa. La máquina se carga con sal, para que luego dicha carga este sometida a fuerzas centrifugas en las paredes internas y liberar la humedad de la sal, toda el agua extraída de la sal vuelve a la máquina de lavado para ser reutilizada de nuevo.

Se pueden encontrar centrifugadoras normales de grandes capacidades, todo va depender del flujo de producción de la salinera, para los micros salineros de Guatemala lo más rentable es obtener una centrifugadora de baja carga, ya que su producción es muy baja.

En la salida de la centrifugadora se tendrá la sal relativamente seca, con un porcentaje de humedad aproximadamente del 4 % como máximo, esto garantizará una buena molienda del grano y así cubrir los estándares necesarios para una mejor calidad de producción.

3.2.5.2. Procedimiento

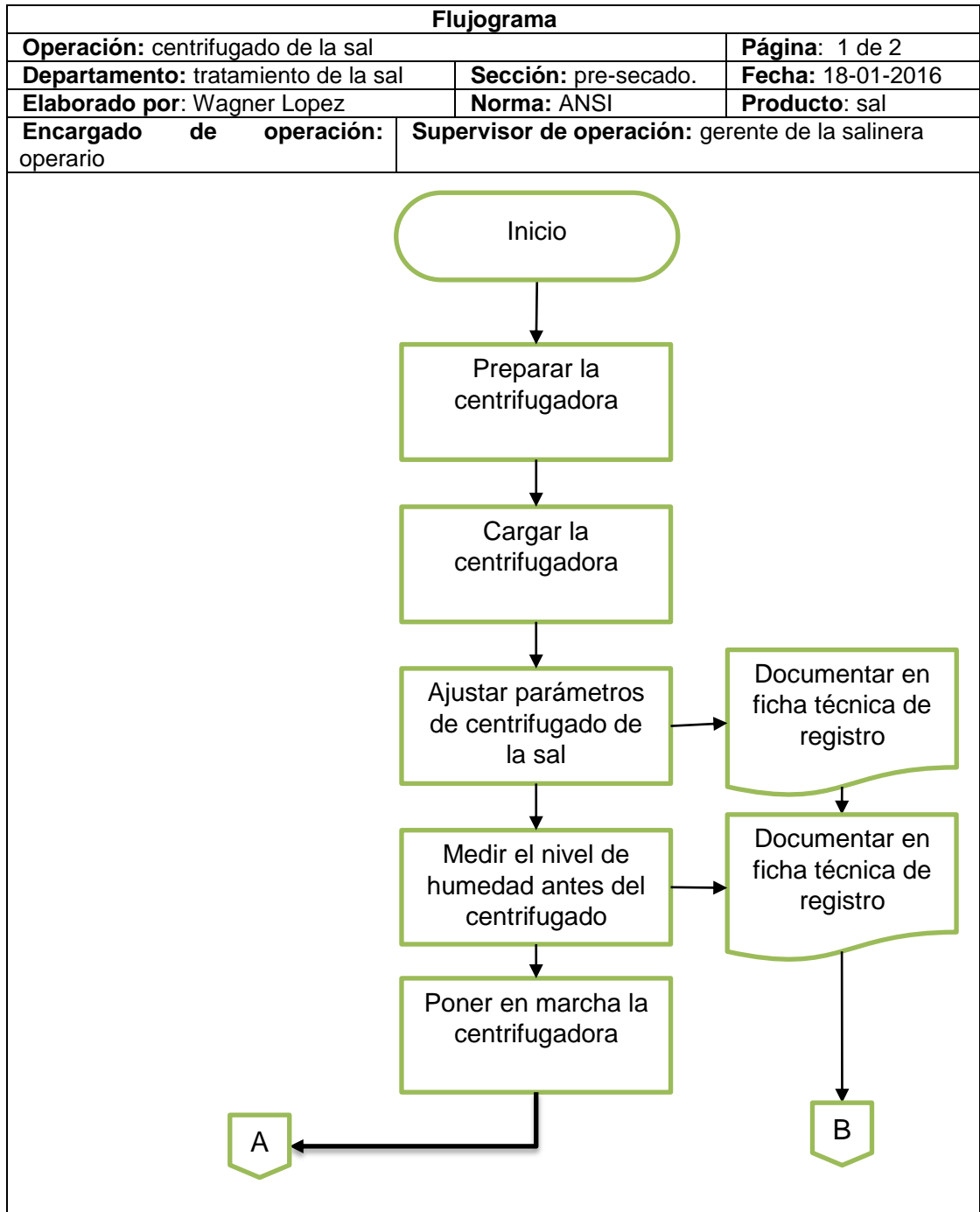
Tabla LXXVI. Procedimiento del centrifugado de la sal

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		Página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1		Fecha de edición:		
Procedimiento del centrifugado de la sal				
Departamento: tratamiento de la sal			Sección: pre secado.	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Preparar la centrifugadora	Operario		Ninguno
2	Cargar la centrifugador	Operario		Ninguno
3	Ajustar parámetros de centrifugado de la sal	Operario		Parámetros de la centrifugadora
4	Medir la humedad de la sal	Operario	-Higrómetro	Nivel de humedad antes de centrifugado
5	Realizar el centrifugado	Operario		Ninguno
6	Esperar el tiempo de centrifugado	Operario		Ninguno
7	Medir el nivel de humedad al terminar el tiempo de centrifugado	Operario	-Higrómetro	Nivel de humedad después del centrifugado
8	Si el nivel de humedad cumple con el adecuado proceder a descargar la máquina.	Operario		Ninguno
9	Trasladar la sal a la sección de secado	Operario		Ninguno

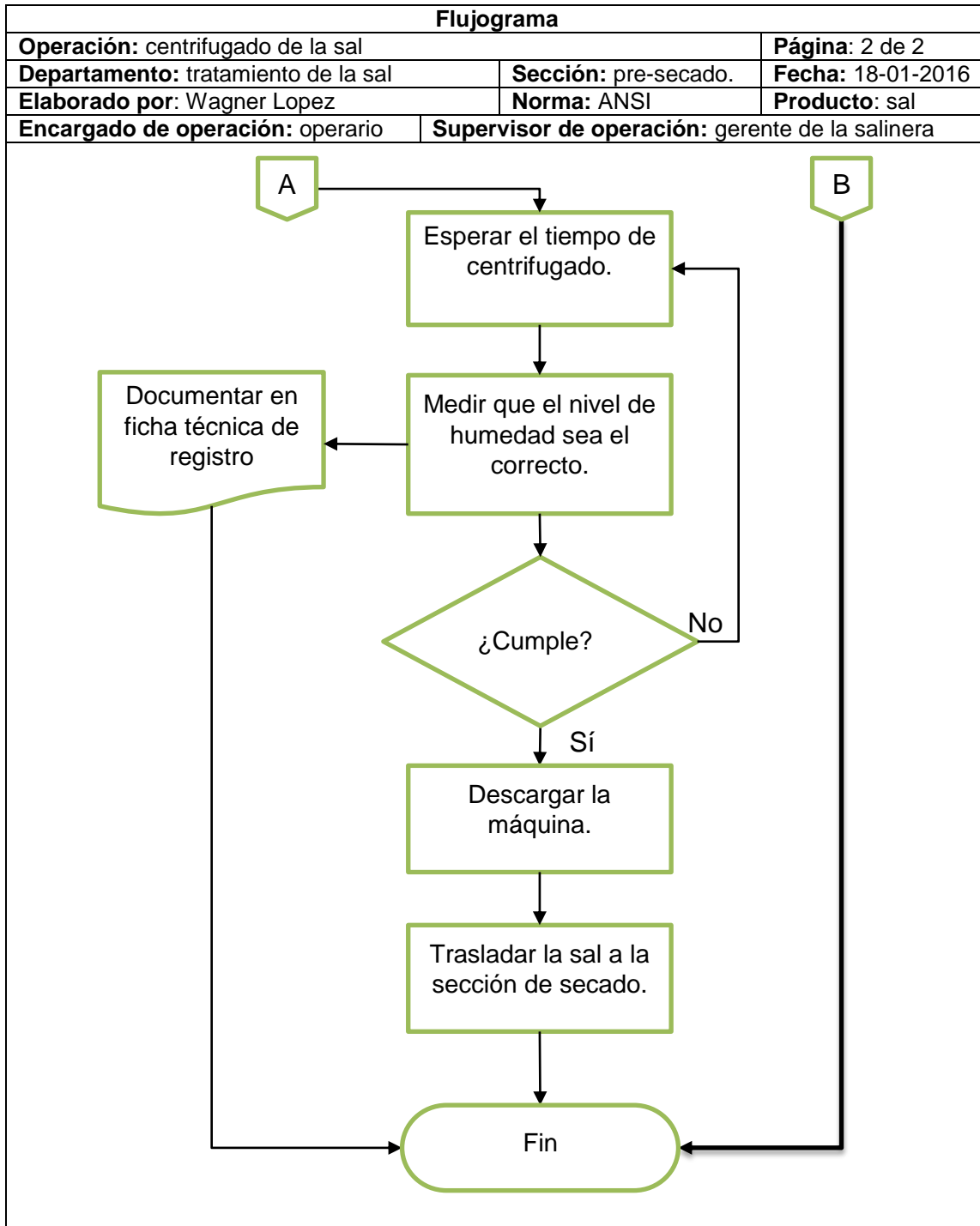
Fuente: elaboración propia.

3.2.5.3. Flujograma

Tabla LXXVII. Flujograma del procedimiento de centrifugado



Continuación de la tabla LXXVII.



Fuente: elaboración propia.

3.2.5.4. Ficha técnica

Tabla LXXVIII. **Ficha técnica del procedimiento de centrifugado de la sal**

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Centrifugado de la sal	1	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Realizar un pre secado de la sal húmeda proveniente del área de lavado, para disminuir su grado de humedad para su posterior procedimiento.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Preparación de la centrifugadora	5. Esperar el tiempo de centrifugado	
2. Cargar la centrifugadora	6. Medir el nivel de humedad.	
3. Ajustar parámetros de centrifugado	7. Descargar la centrifuga	
4. Encender la maquina (ponerla en marcha)	8. Trasladar la sal a la siguiente sección	
Entradas del procedimiento	Salidas del procedimiento	
Sal cruda con húmeda	Sal cruda al 4 % de humedad	
Procedimientos relacionados		
Lavado de la sal y molienda de la sal		
Recursos / materiales		
-Sal cruda húmeda	-Centrifugadora	-Higrómetro (medidor de humedad)
Registros		
-Parámetros de centrifugado	Nivel de humedad de la sal centrifugada	
-Nivel de humedad antes del centrifugado		
Datos técnicos		
Es importante que la sal centrifugada tenga un máximo de 4 % de humedad o menos si fuera posible, con esto se garantiza una mejor molienda y un cuidado al molino.		

Fuente: elaboración propia.

3.2.5.5. Recurso humano

Tabla LXXIX. **Ficha de recurso humano del procedimiento de centrifugado**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de preparación de sal		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar los diferentes procedimientos para la producción de sal. Lavado de sal, centrifugado, secado de sal, molienda y tamizado, fortificación y empaçado de la sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de máquinas industriales • Conocimientos matemáticos • Conocimientos en los procedimientos de preparación de la sal • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico:	Tercero básico	Experiencia laboral	1 año mínimo de experiencia
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los procedimientos para la producción de sal • Realizar diferentes mediciones en todos los procedimientos • Manejar diferentes maquinas industriales • Movilizar la sal dentro a las diferentes áreas de la producción • Realizar cálculos matemáticos sencillos 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de preparación de la sal • Manejar registros de los procedimientos a cargo • Control y manejo equipo de seguridad 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.5.6. Bitácoras de registros

Tabla LXXX. Bitácora de registros de los parámetros de centrifugado

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: centrifugado de la sal.		Registro: parámetros de la centrifugadora
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: pre secado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXI. **Bitácora de registros nivel de humedad antes del centrifugado**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: centrifugado de la sal.		Registro: nivel de humedad antes del centrifugado
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: pre secado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXII. **Bitácora de registros del nivel de humedad después del centrifugado**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: centrifugado de la sal.		Registro: nivel de humedad después del centrifugado
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: pre secado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Secado de la sal

- Objetivo

Proveer de una guía para la implementación del procedimiento de secado de sal cruda que contenga las actividades necesarias a realizar y los parámetros técnicos aplicables para dicho procedimiento.

- Alcance

Este procedimiento es aplicable en el área de secado del proceso de producción sal evaporada de una salinera a nivel micro.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de secado de una salinera de nivel micro.

- Definiciones

- Micronutriente: son sustancias indispensables para los diferentes procesos metabólicos de los organismos vivos y sin ellos morirían tales como las vitaminas.
- Ebullición: es un proceso físico en el que un líquido pasa a estado gaseoso por lo general acompañado de turbulencia o burbujas.
- Tm/h: tonelada métrica por hora.
- Flujo de sal: cantidad de sal procesada en unidad de tiempo.
- Amontonamiento: acumulación de muchas cosas en un solo lugar de una manera desordenada.

3.2.6.1. Descripción

Al secar la sal eliminamos el líquido que existe dentro de la misma convirtiéndolo en vapor, en la práctica la energía necesaria para evaporar el líquido es suministrada en forma de calor. Este procedimiento es también un factor muy importante para la producción de sal para el consumo humano, debido a que si está bien seca puede fluir con facilidad. Por otra parte si se enriquece con cualquier micronutriente por el método seco, forzosamente se requiere de un producto bien seco si se desea obtener una buena homogeneidad. La temperatura mínima con la que debe trabajar el secador es obtenida controlando que la temperatura del producto que cae del mismo, sea igual o mayor a la ebullición del agua, variando entre 87 °C y 100 °C, dependiendo de los metros sobre el nivel del mar a que se encuentre la planta.

El secado varía mucho según el material a secar, desde unos minutos hasta unas horas. Para el caso de secado de sal tenemos dos tipos de secadores usualmente utilizados: Secador rotatorio y secador de lecho fluidizo. Se describirá el secador rotatorio ya que es el más utilizado en la industria salinera.

Los secadores rotatorios continuos tienen muchas cualidades que los hacen excelentes para el secado de sal, son fáciles de manipular, buenas características de flujo, tienen tiempos de secado moderados y permiten mantener bajos costos unitarios. Estos secadores se pueden diseñar para tiempos de secado entre 5 y 60 minutos con capacidad desde unos cientos de kilogramos por hora hasta alcanzar hasta 200 TM/h.

El objetivo primordial es del procedimiento de secado es llevar la sal húmeda de un 4 % al 0,2 %, para poder cumplir con los estándares de calidad y

además aseguramos una sal seca para el procedimiento de mezclado de yodo con flúor.

3.2.6.2. Procedimiento

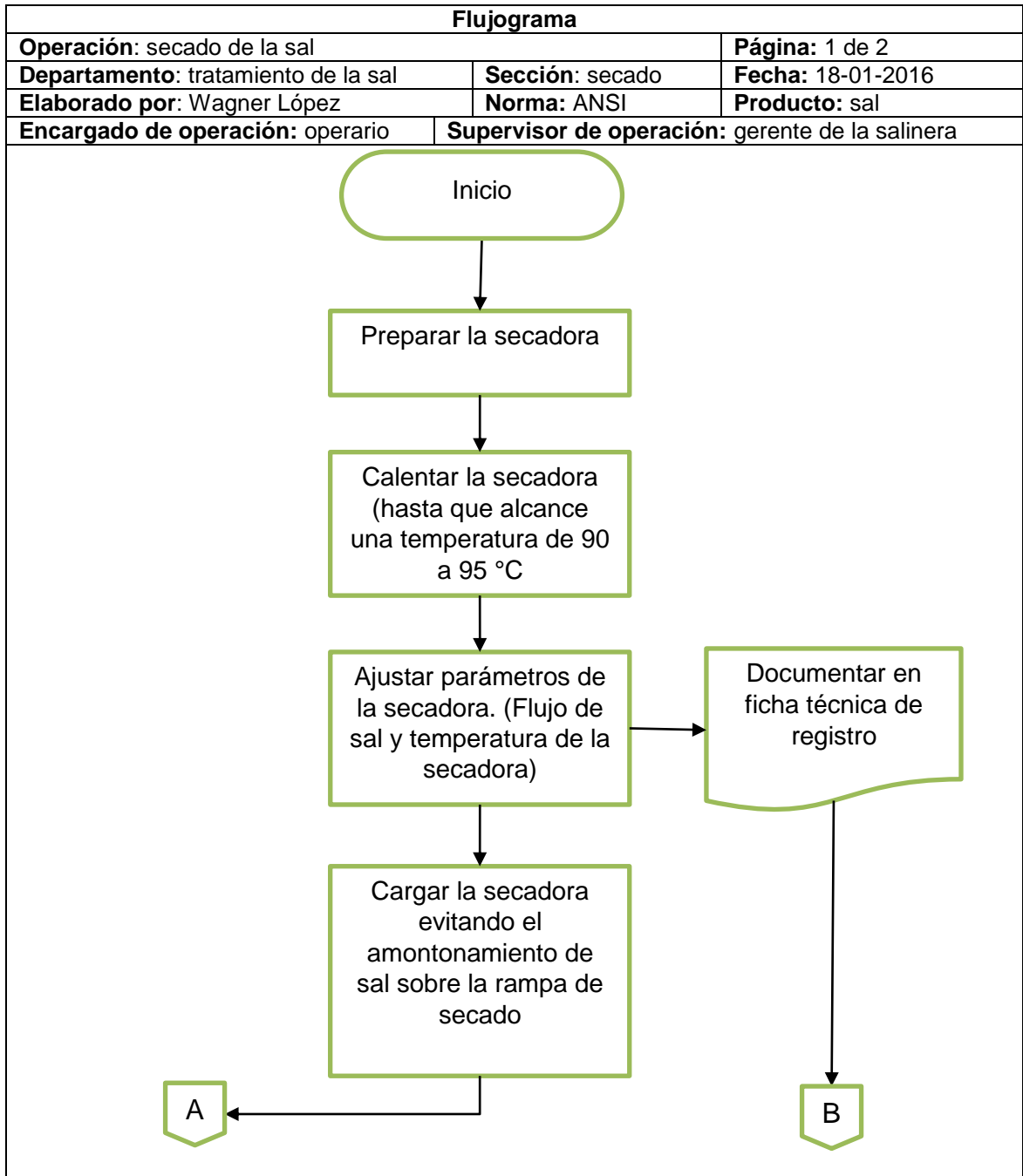
Tabla LXXXIII. Procedimiento del secado de la sal

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		Página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1	Fecha de edición:			
Procedimiento del secado de la sal				
Departamento: tratamiento de la sal			Sección: secado	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Preparar la secadora	Operario		Ninguno
2	Calentar la secadora (hasta que alcance una temperatura de 90 a 95 °C)	Operario		Ninguno
3	Ajustar parámetros de la secadora (flujo de sal y temperatura)	Operario		Parámetros de secado de la secadora
4	Cargar la secadora evitando el amontonamiento de sal	Operario		Ninguno
5	Realizar el centrifugado	Operario		Ninguno
6	Realizar el proceso de secado.	Operario		Ninguno
7	Medir el nivel de humedad de la sal	Operario	-Higrómetro	Nivel de humedad después del secado
8	Si el nivel de humedad es el adecuado trasladar la sal a la sección de molienda	Operario		Ninguno

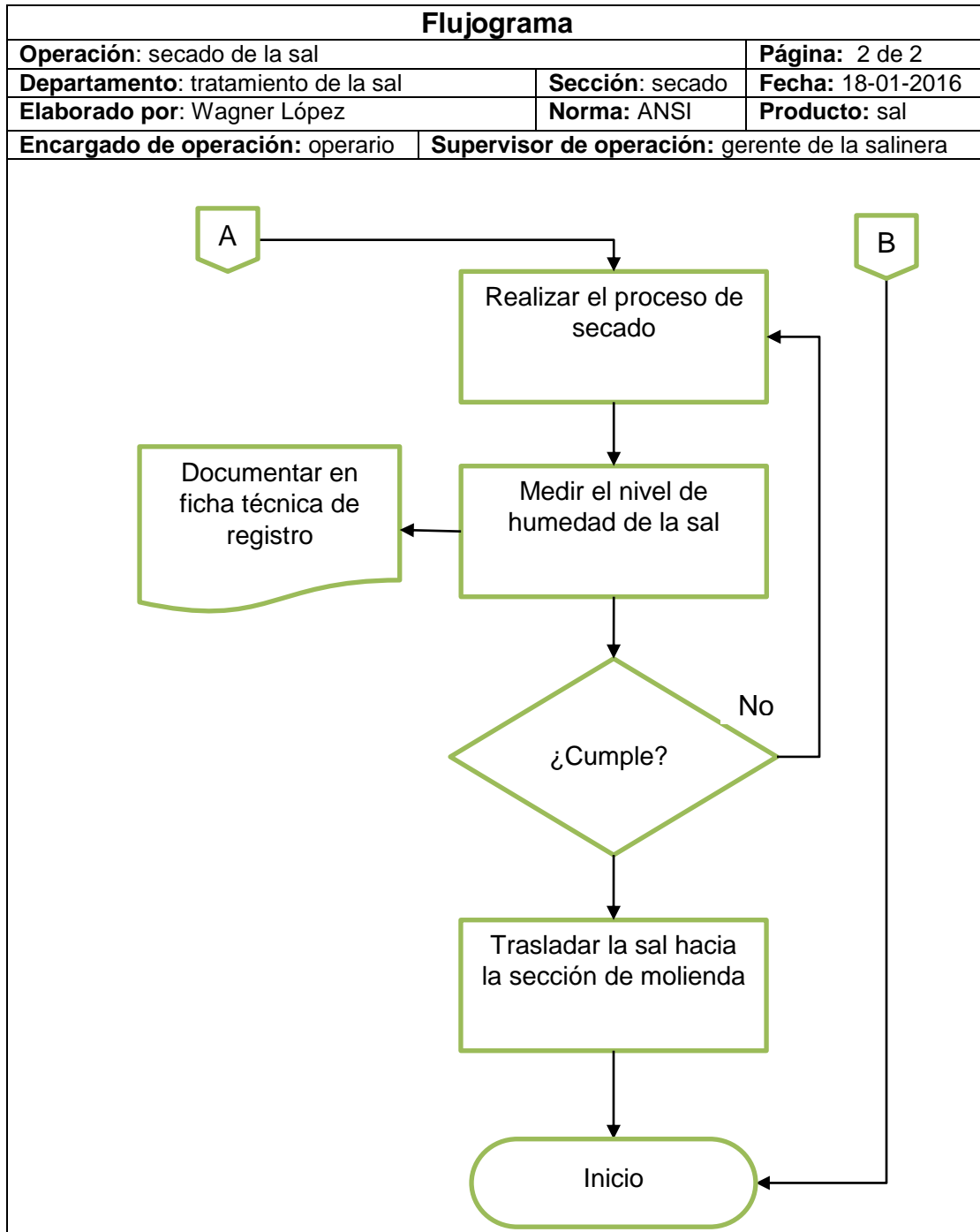
Fuente: elaboración propia.

3.2.6.3. Flujograma

Tabla LXXXIV. Flujograma del procedimiento de secado de sal



Continuación de la tabla LXXXIV.



Fuente: elaboración propia.

3.2.6.4. Ficha técnica

Tabla LXXXV. Ficha técnica del procedimiento de secado de sal

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Secado de la sal	1	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Eliminar el exceso de humedad en la sal por medio de la evaporación del líquido que se encuentra dentro de la misma.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Preparar la secadora	3. Cargar la máquina	
2. Calentar la secadora	4. Realizar el secado	
3. Ajustar parámetros de secado	5. Medir el nivel de humedad	
Entradas del procedimiento	Salidas del procedimiento	
Cristales de sal húmeda (4%)	Cristales de sal secos (0,2 %)	
Procedimientos relacionados		
Centrifugado de la sal y mezclado de yodo y flúor		
Recursos / materiales		
-Sal cruda húmeda	-Gas	
	-Secadora	
	-Higrómetro (medir humedad)	
Registros		
-Grado de humedad en la salida del secador	Parámetros de secado de la secadora	
Datos técnicos		
El porcentaje de humedad final tiene que ser como máximo 0,2 % para obtener el mayor secado en los cristales de sal. La temperatura dentro de la secadora no debe de exceder los 95 °C ya que se a una temperatura mayor se empieza a quemar la sal dándole un tono oscuro a la misma lo cual afecta su calidad.		

Fuente: elaboración propia.

3.2.6.5. Recurso humano

Tabla LXXXVI. **Ficha de recurso humano del procedimiento de secado de sal**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de preparación de sal		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar los diferentes procedimientos para la producción de sal. Lavado de sal, centrifugado, secado de sal, molienda y tamizado, fortificación y empaçado de la sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de máquinas industriales • Conocimientos matemáticos • Conocimientos en los procedimientos de preparación de la sal • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico:	Tercero básico	Experiencia laboral	1 año mínimo de experiencia
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los procedimientos para la producción de sal • Realizar diferentes mediciones en todos los procedimientos • Manejar diferentes maquinas industriales • Movilizar la sal dentro a las diferentes áreas de la producción • Realizar cálculos matemáticos sencillos 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de preparación de la sal • Manejar registros de los procedimientos a cargo • Control y manejo equipo de seguridad 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.6.6. Bitácoras de registros

Tabla LXXXVII. **Bitácora de registros de los parámetros de secado de la secadora**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: secado de la sal	Registro: parámetros de secado de la secadora	
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: secado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVIII. **Bitácora de registros del grado de humedad de la sal**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: secado de la sal.	Registro: grado de humedad de la sal	
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: secado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	

Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Molienda de la sal

- Objetivo

Proveer de una guía para la implementación del procedimiento de molienda de sal cruda que contenga las actividades necesarias a realizar y los parámetros técnicos aplicables para dicho procedimiento.

- Alcance

Este procedimiento es aplicable en la sección de molienda del proceso de producción de sal evaporada de una salinera a nivel micro.

- Responsabilidad

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de molienda de sal de una salinera de nivel micro.

- Definiciones

- Batch: tipo de producción que se realiza por lotes llamada discontinua en la cual tiene una cantidad limitada de producción.
- Homogéneo: estado de una sustancia o mezcla cuya composición y estructura son uniformes.
- Granulometría: es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria.
- Tamiz: tipo de cedazo muy tupido utilizado para seleccionar granos de un tamaño específico.

- Partículas: parte muy pequeña de alguna cosa o cuerpo muy pequeño de un todo.

3.2.7.1. Descripción

La molienda de la sal cumple una de las mayores características a tomar en cuenta para procedimiento de mezclado yodo y flúor. Es sabido que los microsaleros tienen una producción baja de sal comparada con una planta de alta producción. En estas salinas por no tener una producción continua si no por batch, se aplica el método seco para la adición de yodo y flúor a la sal de consumo humano.

Para este método una variable importante a medir es el tamaño del grano de sal, los cuales no deben de ser muy grandes ya que los cristales de sal y cristales de yodo y flúor están unidos débilmente. Si el grano es demasiado grande, la mezcla no será homogénea provocando concentraciones de yodo y flúor sin mezclar.

En las industrias de la sal comúnmente se utilizan molinos de martillos, pero también en algunos casos son utilizados molinos de rodillos en especial cuando se trabaja con sal demasiado húmeda. Los molinos de martillos muelen casi cualquier tipo de material y para una reducción fina están limitados a los materiales más blandos. Los molinos a martillos de alta velocidad de rotación obtienen un producto final con granulometría bastante fina.

Después de la molienda se debe de clasificar el grano para mantener una línea de tamaño igual en todos los granos, para esto se hace uso de los tamices, estos nos permiten clasificar los granos de sal dependiendo el tamaño. Los tamices permiten separar las distintas fracciones que componen un sólido

granular por el diferente tamaños de sus partículas, para que esta operación pueda realizarse es necesario que el sólido a tamizar y el tamiz encargado de ello se encuentren en movimiento relativo, para dar oportunidad a las partículas de menor tamaño del solido que coinciden con las aberturas del tamiz pasen a través de estas.

Para la adición de yodo y flúor se sabe que los granos no deben de ser muy grandes, por lo que los cristales de sal para consumo humano deben pasar totalmente a través de un tamiz de 0,841 mm de abertura y por lo menos el 25 z% de los mismos deben pasar a través de un tamiz de 0,212 mm de abertura. Con esto se controlara el tamaño del grano y se mantendrá un estándar para los cristales, logrando una buena homogenización entre sal, yodo y flúor.

3.2.7.2. Procedimiento

Tabla LXXXIX. Procedimiento de molienda de la sal

procedimiento de la producción de sal				logo de la salinera
fecha: octubre de 2016		página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1		fecha de edición:		
procedimiento de la molienda de la sal				
departamento: tratamiento de la sal			sección: molienda	
supervisor: gerente de la salinera			producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Preparar el molino.	Operario		Ninguno
2	Cargar el molino con la sal.	Operario		Ninguno
3	Ajustar parámetros en el molino para la molienda de sal.	Operario		Parámetros de molienda de la secadora
4	Poner en marcha el molino.	Operario		Ninguno
5	Limpiar los tamices.	Operario	-Cepillos -Aire comprimido	Ninguno
6	Preparar y armar los tamices.	Operario		Ninguno

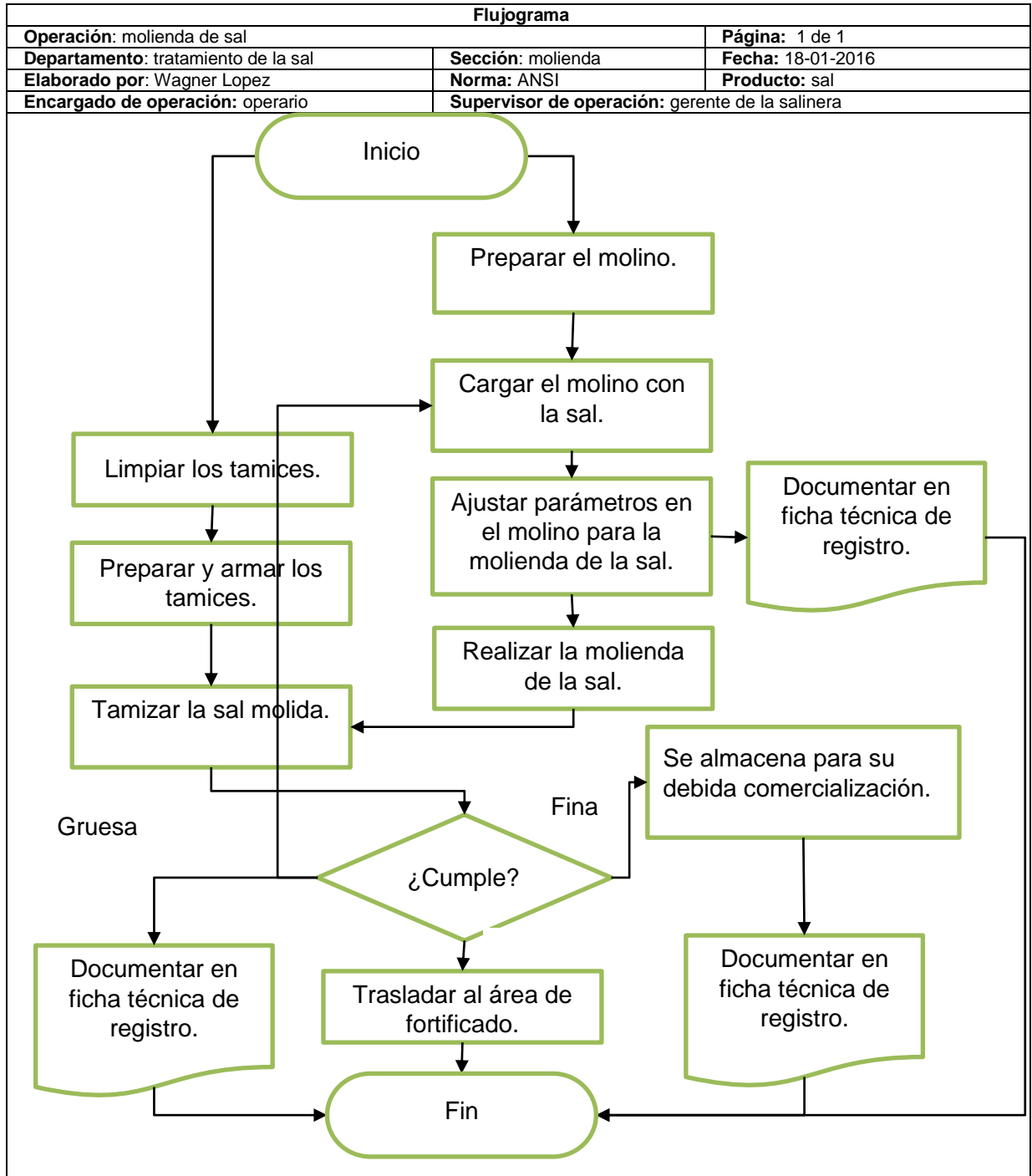
Continuación de la tabla LXXXIX.

7	Al terminar la molienda de la sal llevar la sal hacia los tamices para realizar el tamizado.	Operario	-Tamices	Nivel de humedad después del secado
8	Seleccionar la sal en sal gruesa, fina y sal de tamaño adecuado para el fortificado.	Operario		Cantidad de sal fina, gruesa y de grano uniforme
9	Trasladar la sal gruesa para su reprocesado y la fina para su comercialización.	Operario	-Carreta -Pala	Ninguno
10	Trasladar la sal de grano uniforme a la sección de fortificado.	Operario		Ninguno

Fuente: elaboración propia.

3.2.7.3. Flujograma

Tabla XC. Flujograma del procedimiento de molienda



Fuente: elaboración propia.

3.2.7.4. Ficha técnica

Tabla XCI. Ficha técnica del procedimiento de molienda de sal

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Molienda de sal	1 era	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Reducir los cristales grandes de sal a cristales más pequeños para la mezcla de yodo y flúor.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Preparar el molino 2. Cargar el molino 3. Ajustar el molino 4. Realizar la molienda	5. Preparar tamices 6. Pasar la molienda por los tamices 7. Clasificar el tamaño de grano para su próximo procedimiento	
Entradas del procedimiento		Salidas del procedimiento
Cristales de sal con tamaño variable		Cristales de sal con tamaño uniforme
Procedimientos relacionados		
Centrifugado de la sal y mezclado de yodo y flúor		
Recursos / materiales		
-Sal cruda con granos de tamaño variable	-Molino de martillos -Tamices	
Registros		
-Parámetros para la molienda de sal -Cantidad de sal muy fina	-Cantidad de sal con granos muy grandes -Cantidad de sal con cristales uniformes	
Datos técnicos		
Los cristales de sal para consumo humano deben pasar totalmente a través de un tamiz de 0,841 mm de abertura y por lo menos el 25 % de los mismos deben pasar a través de un tamiz de 0,212 mm de abertura.		

Fuente: elaboración propia.

3.2.7.5. Recurso humano

Tabla XCII. Ficha de recurso humano del procedimiento de molienda

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de preparación de sal		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar los diferentes procedimientos para la producción de sal. Lavado de sal, centrifugado, secado de sal, molienda y tamizado, fortificación y empaçado de la sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de máquinas industriales • Conocimientos matemáticos • Conocimientos en los procedimientos de preparación de la sal • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico:	Tercero básico	Experiencia laboral	1 año mínimo de experiencia
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los procedimientos para la producción de sal • Realizar diferentes mediciones en todos los procedimientos • Manejar diferentes maquinas industriales • Movilizar la sal dentro a las diferentes áreas de la producción • Realizar cálculos matemáticos sencillos 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de preparación de la sal • Manejar registros de los procedimientos a cargo • Control y manejo equipo de seguridad 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.7.6. Bitácoras de registros

Tabla XCIII. Bitácora de registros de los parámetros de molienda

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: molienda de la sal	Registro: parámetros para la molienda	
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: molienda	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCIV. **Bitácora de registros de la cantidad de sal fina obtenida**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: molienda de la sal	Registro: cantidad de sal fina obtenida.	
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: molienda	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	
Fecha del registro	<input type="text"/>	Hora <input type="text"/> Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar	<input type="text"/>	
Observaciones	<input type="text"/>	
Comentarios	<input type="text"/>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCV. **Bitácora de registros de la cantidad de sal de grano grueso obtenida**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: molienda de la sal		Registro: cantidad de sal de grano grueso.
Departamento: tratamiento de la sal		Sección: molienda Fecha:
Encargado:		Edición: 1era. Correlativo:
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		
Fecha del registro	Hora	Núm. de registro
Dato a registrar		
Observaciones		
Comentarios		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCVI. **Bitácora de registros de la cantidad de sal de grano uniforme obtenida**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: molienda de la sal	Registro: cantidad de sal de grano uniforme.	
Departamento: tratamiento de la sal	Sección: molienda	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

3.2.8. Fortificación con flúor y yodo de la sal

- **Objetivo**

Describir la secuencia de pasos cronológicos necesarios para realizar el procedimiento de fortificación con todos los requisitos técnicos e industriales que aseguran la calidad de dicho procedimiento.

- **Alcance**

Este procedimiento es aplicable para la fortificación por el método seco realizado en un microsalinera.

- **Responsabilidad**

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de fortificación de sal con yodo y flúor de una salinera de nivel micro.

- **Definiciones**

- **Aditivos:** es aquella sustancia que, sin constituir por sí misma un alimento ni poseer valor nutritivo, se agrega intencionalmente a los alimentos y bebidas en cantidades mínimas con objetivo de modificar sus caracteres organolépticos o facilitar o mejorar su proceso de elaboración o conservación.
- **Antiglomerantes:** es una sustancia capaz de evitar la formación de aglutinamientos en las sustancias existentes en una disolución.
- **Estándar:** modelo, norma, regla o patrón a seguir.

- Premezcla: mezcla a pequeña escala que contiene la cantidad total de los aditivos a agregar a una determinada cantidad de material para luego ser mezclada en su totalidad con dicho material.

3.2.8.1. Descripción

Este procedimiento es uno de los más importantes del cual se derivan todos los anteriores, si no se realizan los procedimientos antes mencionados no se podría obtener una buena calidad de sal mezclado con yodo y flúor.

Para los microsaleros como se ha mencionado antes, es más rentable utilizar el método seco y es en el cual se enfoca este procedimiento. Este método de mezclado de la sal, requiere que la sal este bien seca, con una granulometría uniforme y de los aditivos a agregar en forma de cristales secos a través de una pre mezcla. Como son pequeñas las cantidades de yodato de potasio o fluoruro de sodio que se añade a la sal, es necesario preparar una premezcla, la cual debe ser bien homogenizada y contener además del yodato de potasio y fluoruro de sodio, sal bien seca, con una granulometría que le permita fluir con facilidad, la premezcla puede contener además antiglomerantes o anti humectantes.

Una mezcla ideal de dos polvos puede producirse si las partículas son del mismo tamaño y masa, en la práctica estos requisitos son muy difíciles de llenar, por esta razón es importante tener mucho cuidado en su preparación, debido a que si esta no se encuentra lo más homogénea posible, los resultados de la sal a la que se le agregara la pre mezcla no serán los esperados. Es recomendable tener una mezcladora pequeña, exclusiva para realiza la pre

mezcla pero también se puede realizar de una manera manual la cual se debe de realizar con mucha precisión.

Cuando la premezcla es preparada manualmente la sal a utilizar debe cumplir dos características:

- Estar completamente seca
- Estar tamizada con un grano que permita deslizarse fácilmente

Las etapas en las que se prepara dicha pre mezcla de forma manual son las siguientes:

- El 10 % de la partida de sal con la que se prepara normalmente la premezcla con todo aditivo que se agregará.
- La mezcla elaborada en la primera etapa más el resto de la sal con la que se elabora la partida de la mezcla.

Es importante tomar en cuenta el tiempo requerido para esta operación, además se debe encargar de la preparación a una persona que se le enseñe para este trabajo. Una de las formas para el mezclado es el uso de una bolsa grande de polietileno, donde se introduce las partes a mezclar y se agita con las dos manos, el tiempo requerido será determinado por la experiencia.

También es necesario determinar en qué cantidades aplicaremos los aditivos a la sal, para esto nos basamos en el reglamento nacional para la fortificación de la sal con yodo y flúor. Para nuestro caso nos basaremos en los estándares internacionales los cuales son:

- 50 ppm de yodo
- 250 ppm de flúor

Para agregar el yodo a la sal en el método seco comúnmente se utiliza yodato de potasio y para agregar flúor a la sal en el mismo método utilizamos fluoruro de potasio anhídrido Para lo cual por cada tonelada se debe de aplicar las siguientes cantidades:

- 84,1 g de yodato de potasio (KIO_3)
- 764 g de fluoruro de potasio anhídrido (KF)

Estas cantidades nos permitirán cumplir con los estándares antes mencionados para la fortificación de yodo y flúor para en la sal de consumo humano.

3.2.8.2. Procedimiento

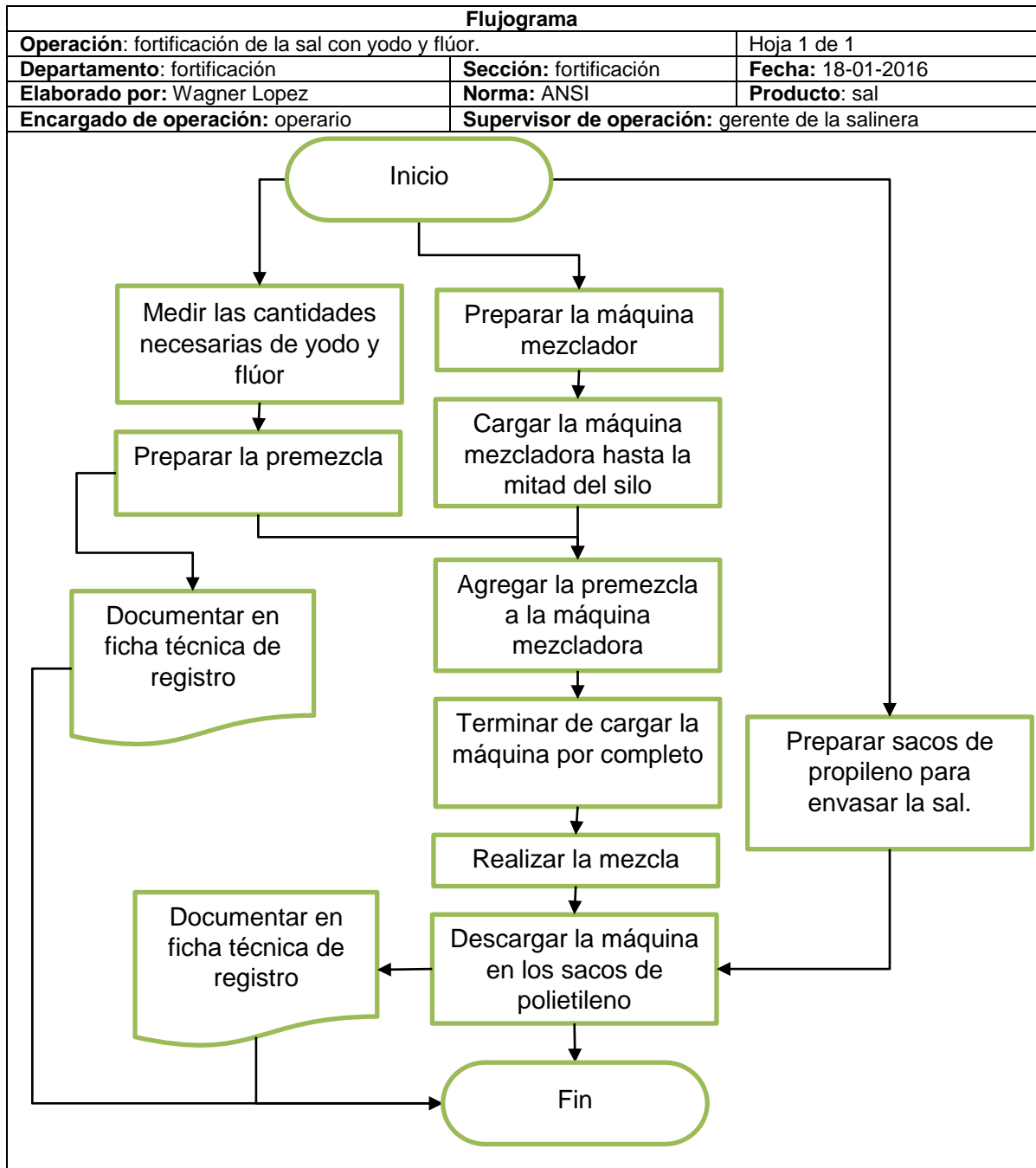
Tabla XCVII. Procedimiento de la fortificación de la sal con yodo y flúor

Procedimiento de la producción de sal				logo de la salinera
Fecha: octubre de 2016		página: 1 de 1		
Edición Núm. : 1	fecha de edición:			
Procedimiento de la fortificación de la sal con yodo y flúor.				
Departamento: fortificación			Sección: fortificación	
supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Medir las cantidades necesarias de yodo y flúor.	Técnico de laboratorio	-Balanza -Cucharilla	Ninguno
2	Preparar la premezcla.	Técnico de laboratorio		Parámetros de la pre mezcla de yodo y flúor
3	Preparar la máquina mezcladora.	Operario	-Bolsa de propileno	Ninguno
4	Cargar la máquina mezcladora hasta la mitad del silo de mezcla.	Operario		Ninguno
5	Agregar la premezcla a la máquina mezcladora.	Operario		Ninguno
6	Terminar de cargar la máquina a su contenido máximo de mezcla.	Operario		Ninguno
7	Poner en marcha la máquina mezcladora.	Operario		Ninguno
8	Preparar sacos de propileno para envasar la sal.	Operario		Ninguno
9	Al terminar la mezcla medir el grado de homogeneidad de la mezcla.	Técnico de laboratorio		Grado de homogeneidad de la mezcla
10	Descargar la máquina en los sacos de propileno a la medida indicada.	Operario		Ninguno

Fuente: elaboración propia.

3.2.8.3. Flujograma

Tabla XCVIII. Flujograma de la fortificación de la sal con yodo y flúor



Fuente: elaboración propia.

3.2.8.4. Ficha técnica

Tabla XCIX. **Ficha técnica del procedimiento de fortificación de la sal con yodo y flúor**

Ficha técnica del procedimiento			
Procedimiento	Edición		Fecha de revisión
Fortificado con yodo y flúor	1 era		18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento			
Mezclar de manera homogénea a la producción de sal yodo y flúor cumpliendo con los estándares de calidad nacionales.			
Actividades que conforman el procedimiento			
1. Preparar la pre mezcla 2. Preparar la mezcladora 3. Cargar la maquina hasta la mitad del silo 4. Agregar pre mezcla		5. Cargar la mezcladora por completo 6. Realizar el mezclado 7. Preparar sacos 8. Descargar la mezcladora en los sacos	
Entradas del procedimiento		Salidas del procedimiento	
Sal seca		Sal fortificada con yodo y flúor	
Procedimientos relacionados			
Secado de la sal, molienda de la sal y lavado del grano			
Recursos / materiales			
-Sal seca.		-Máquina mezcladora -Yodato de potasio (kio) -Fluoruro de potasio anhídrido (kf)	
Registros			
Parámetros de la pre mezcla de yodo y flúor		Grado de homogeneidad de la mezcla	
Datos técnicos			
Cálculos para la fortificación de flúor			
	Fluoruro de sodio	Fluoruro de potasio	Fluoruro de potasio anhídrico
Fórmulas	NaF	KF2H ₂ O	KF
Peso mol	42,0	94,13	58,13
% F	45 %	20 %	32,7 %
Solubilidad g/ ml	4,1	100	55
Precios U\$ / Kg	\$ 5,0 – 10,0	\$ 10-20	\$15,0 – 20,0
g necesarios por tonelada de sal	581	1238	768
Costos adicionales por tonelada de sal.	\$ 5,81	\$24,7	\$15,4
Cálculos para la fortificación de yodo			
	Yodo de calcium	Yodo de potasio	Yodato de potasio
Fórmulas	CaI ₂	KI	KIO ₃
Peso mol	293,8	166	214
% I	86,4 %	76,4 %	59,4 %
Solubilidad g/ ml	69	152	12
Precios U\$ / Kg	\$ 50,0-60,0	\$ 45,0-55,0	\$ 50,0-60,0
g necesarios por tonelada de sal	57,8	65,5	84,2
Costos adicionales por tonelada de sal.	\$ 3,5	\$3,60	\$5,05

Fuente: elaboración propia.

3.2.8.5. Recurso humano

Tabla C. **Ficha de recurso humano del procedimiento de fortificación de sal con yodo y flúor**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de preparación y fortificación de la sal.		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar los diferentes procedimientos para la producción de sal. Lavado de sal, centrifugado, secado de sal, molienda y tamizado, fortificación y empaçado de la sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de máquinas industriales • Conocimientos matemáticos • Conocimientos en los procedimientos de preparación de la sal • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
grado académico:	Tercero básico	experiencia laboral	Un año mínimo de experiencia
funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los procedimientos para la producción de sal • Realizar diferentes mediciones en todos los procedimientos • Manejar diferentes máquinas industriales • Movilizar la sal dentro a las diferentes áreas de la producción • Realizar cálculos matemáticos sencillos 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de preparación de la sal • Manejar registros de los procedimientos a cargo • Control y manejo equipo de seguridad 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.8.6. Bitácoras de registros

Tabla Cl. **Bitácora de registros de parámetros de la premezcla de yodo y flúor**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: fortificación de la sal	Registro: parámetros de la premezcla de yodo y flúor	
Departamento: fortificación	Sección: fortificación	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla CII. **Bitácora de registros del grado de homogeneidad de la mezcla**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: fortificación de la sal con yodo y sal		Registro: grado de homogeneidad de la mezcla
Departamento: fortificación	Sección: fortificación	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

3.2.9. Empacado de la sal

- **Objetivo**

Describir la secuencia de pasos cronológicos necesarios para realizar el procedimiento de fortificación con todos los requisitos técnicos e industriales que aseguran la calidad de dicho procedimiento.

- **Alcance**

Este procedimiento es aplicable para el empacado de sal en sacos de polietileno realizado en una microsalinera.

- **Responsabilidad**

El encargado de aplicar este procedimiento es el operario responsable de la sección de empacado de sal con yodo y flúor de una salinera de nivel micro.

- **Definiciones**

- Cadena de distribución: circuito a través del cual los fabricantes ponen a disposición de los consumidores los productos para que los adquieran.
- Hermético: acción de cerrar algún elemento perfectamente de modo que no deja pasar el aire ni el líquido.
- Arroba: unidad de masa que equivale a 25 libras.
- Quintal: unidad de masa que equivale a 100 libras.
- Registro sanitario: es un documento que autoriza a una persona natural o jurídica para fabricar, envasar e Importar un producto destinado al consumo humano.

- Calibrar: es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).
- Esquivar: colocar sacos apiladamente de una forma ordenada y segura.

3.2.9.1. Descripción

El empaçado es el último procedimiento para la producción de sal, de este se distribuye la sal por las diferentes cadenas de distribución al consumidor final. El empaçado dependerá del tipo de salinera y del mercado que la misma posea, por lo que se hablara un poco de las diferentes formas de empaçado.

Para los microsalineros el empaçado más común es en sacos de polietileno de 50 kg, estos se llenan en las balanzas para medir el peso exacto. Esta forma da más comodidad para el transporte y distribución del producto final, además, también de distribuir una cantidad cómoda para el distribuidor del consumidor final. Este procedimiento se realiza manualmente y solo se utiliza una máquina que cose el extremo superior del saco para sellarlo de una manera hermética y segura.

El otro procedimiento es el de empaçar en medidas de una libra, una arroba, dos arrobas o un quintal. Este procedimiento también es manual y realizado por varias personas. Para las bolsas de una libra se utilizan polietileno para el empaque y este puede también ser realizado por una máquina empaçadora. Estas son más eficientes que realizar el procedimiento manualmente, pero se necesita de una inversión mayor para realizar el procedimiento.

El empaque utilizado debe ir debidamente identificado con los siguientes datos:

- Nombre de la planta salinera
- Nombre del producto
- Registro sanitario
- Indicar el nivel de yodo y flúor que posee
- Lugar de producción
- Número de lote
- Cantidad de sal
- Fecha de vencimiento

3.2.9.2. Procedimiento

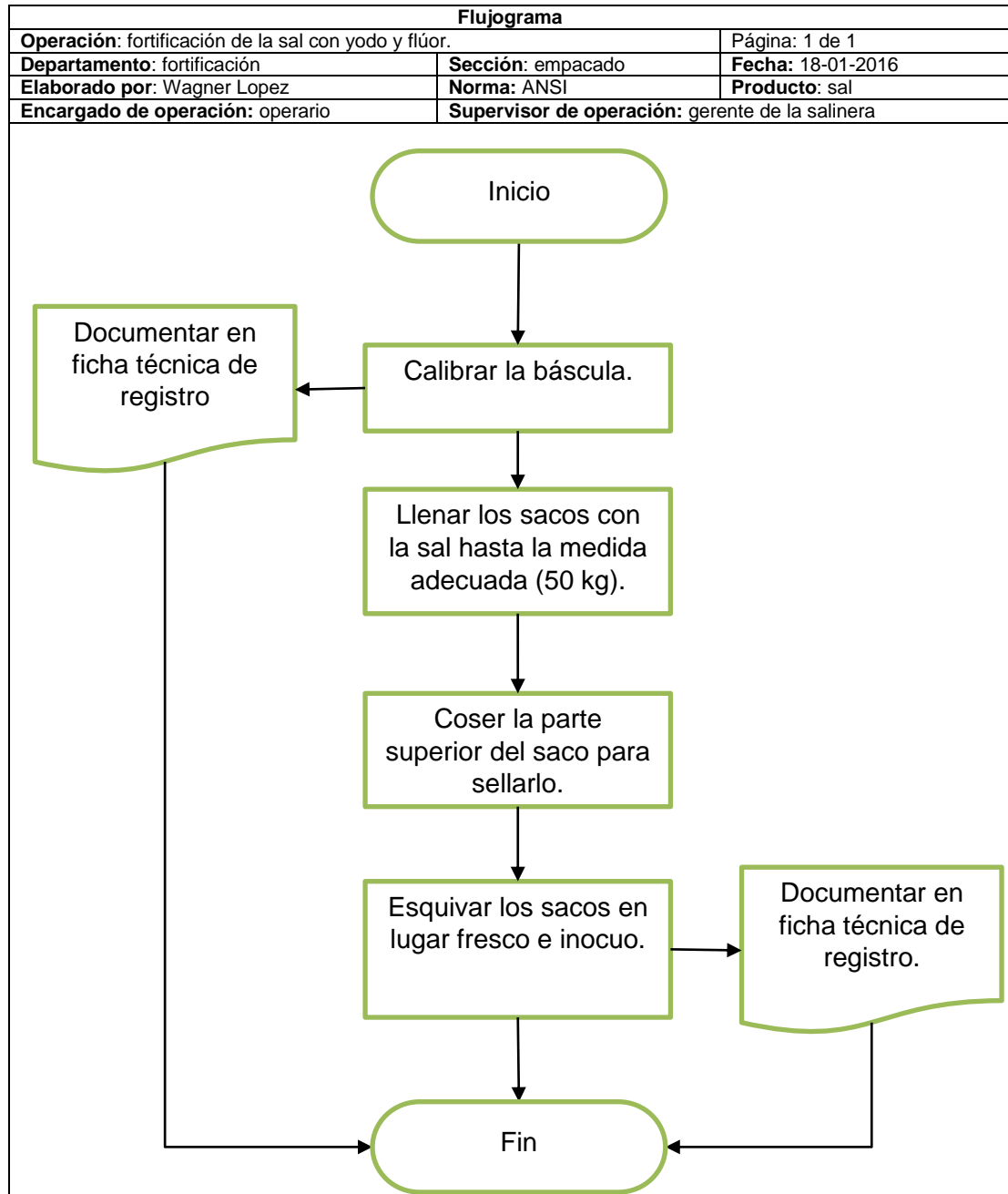
Tabla CIII. Procedimiento del empackado de la sal

Procedimiento de la producción de sal				Logo de la salinera
fecha: octubre de 2016		página: 1 de 1		
Edición núm. : 1	fecha de edición:			
Procedimiento del empackado de la sal				
Departamento: fortificación			Sección: empackado	
Supervisor: gerente de la salinera			Producto: sal	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Recursos	Registro
1	Calibrar la báscula	Operario		Ajustes de la báscula
2	Llenar los saco con la sal hasta la medida adecuada	Operario		Ninguno
3	Coser la parte superior del saco para sellarlo	Operario	-Cuerda de cáñamo o plástico	Ninguno
4	Esquivar los sacos en lugar fresco e inocuo	Operario	-Tarimas	Número de sacos llenos

Fuente: elaboración propia.

3.2.9.3. Flujograma

Tabla CIV. Flujograma del procedimiento de empaqueo de la sal



Fuente: elaboración propia.

3.2.9.4. Ficha técnica

Tabla CV. **Ficha técnica del procedimiento de empaqueo de la sal**

Ficha técnica del procedimiento		
Procedimiento	Edición	Fecha de revisión
Empacado de la sal	1 era	18 de octubre de 2016
Objetivo del procedimiento		
Dosificar la producción de sal en cantidades útiles para el consumidor final.		
Actividades que conforman el procedimiento		
1. Preparar los sacos de polietilén	4. Pesar 50 kg en cada saco	
2. Calibrar la báscula	5. Coser la parte superior	
3. Llenar los sacos	6. Esquivar los sacos	
Entradas del procedimiento	Salidas del procedimiento	
Sal fortificada a granel	Sal fortificada empaçada	
Procedimientos relacionados		
Fortificación de la sal		
Recursos / materiales		
-Sal fortificada a granel	-Sacos de polietileno	
	-Báscula	
Registros		
-Ajuste de la báscula	-Cantidad de sacos empaçados.	
Datos técnicos		
N/E		

Fuente: elaboración propia.

3.2.9.5. Recurso humano

Tabla CVI. **Ficha de recurso humano del procedimiento de empaçado de sal**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: operario de preparación de sal		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar los diferentes procedimientos para la producción de sal. Lavado de sal, centrifugado, secado de sal, molienda y tamizado, fortificación y empaçado de la sal.			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos • Manejo de máquinas industriales • Conocimientos matemáticos • Conocimientos en los procedimientos de preparación de la sal • Manejo de instrumentos de medición • Valores éticos y morales 			
Grado académico	Tercero básico	Experiencia laboral	1 año mínimo de experiencia
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los procedimientos para la producción de sal • Realizar diferentes mediciones en todos los procedimientos • Manejar diferentes maquinas industriales • Movilizar la sal dentro a las diferentes áreas de la producción • Realizar cálculos matemáticos sencillos 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar recursos de la salinera • Mantener ordenado y limpio el área de preparación de la sal • Manejar registros de los procedimientos a cargo • Control y manejo equipo de seguridad 			

Fuente: elaboración propia.

3.2.9.6. Bitácoras de registros

Tabla CVII. Bitácora de registros de los ajustes de la báscula

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: empacado de la sal	Registro: ajustes de la bascula	
Departamento: fortificación	Sección: empacado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla CVIII. **Bitácora de registros de la cantidad de sacos empacados**

Bitácora de registros del procedimiento		
Operación: empacado de la sal	Registro: cantidades de sacos empacados	
Departamento: fortificación	Sección: empacado	Fecha:
Encargado:	Edición: 1era.	Correlativo:
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		
Fecha del registro <input type="text"/>	Hora <input type="text"/>	Núm. de registro <input type="text"/>
Dato a registrar <input type="text"/>		
Observaciones <input type="text"/>		
Comentarios <input type="text"/>		

Fuente: elaboración propia.

3.3. **Diseño de laboratorio de análisis de calidad**

En esta fase se realizará un diseño de un laboratorio básico para el control de la calidad de la sal producida por las pequeñas salinas. Es importante desarrollar todos los procedimientos de la producción de sal de una manera

eficiente pero también es indispensable tener un lugar donde se pueda corroborar la calidad de la producción de forma fácil y sencilla.

3.3.1. Ubicación

La ubicación donde se instalará el nuevo laboratorio es el primer factor a considerar para diseñar un nuevo laboratorio. La ubicación juega un papel importante en los temas relativos a la seguridad y el medioambiente. En el entorno se debe considerar los requerimientos de seguridad que exige el tipo de laboratorio y contemplar un desarrollo futuro que permita ampliaciones en caso de un crecimiento en las actividades. Los riesgos que el laboratorio tiene asociados pueden afectar tanto a las personas y bienes de su entorno por lo que se debe de revisar los requerimientos legislativos en materia de seguridad que debe cumplir dicho laboratorio. Se debe tomar en cuenta el área donde se ubicar las cuales pueden ser:

- **Área industrial:** es necesario determinar el tipo de actividades y los riesgos que posee el laboratorio por parte de su entorno, en un área industrial se encuentran diferentes procesos de producción que podrían afectar el rendimiento y la seguridad del laboratorio. A esto le agregamos se le agrega el estudio de compatibilidad de los ensayos realizados con el entorno del laboratorio.
- **Área urbana:** los laboratorios ubicados en áreas urbanas se aseguran que las actividades realizadas dentro del mismo no afecten el medio ambiente de la urbanización. Es necesario determinar qué tipo de ensayos se realizan y que tan nocivos son para el medio ambiente, para no afectar a los habitantes de los alrededores.

Para la ubicación del laboratorio para las salineras se recomienda construirlo dentro de la misma área de la planta de producción, esto con el fin de reducir el tiempo para el procesamiento de los análisis a realizar. Es necesaria mantener una distancia prudente entre la planta y el laboratorio para mantener un aislamiento que proporcione seguridad y un ambiente agradable dentro del laboratorio.

3.3.2. Dimensionado

La fase de dimensionado del laboratorio va asociada directamente con el tipo de laboratorio y por ello tiene gran relevancia, sobre todo para los laboratorios donde la contaminación de las personas que trabajan ahí puede ser un aspecto de seguridad importante. El conocimiento del tipo de laboratorio va a obligar al diseñador a pensar en la adecuada distribución de las diferentes áreas de trabajo. Si es un laboratorio de control de calidad o de procesos productivos, su diseño puede simplificarse si se visita otro laboratorio similar.

Ya que el laboratorio para las salineras realiza muy pocos análisis en proceso de producción de sal, el espacio necesario para la construcción del mismo es pequeño. A esto se agrega que los análisis que se realizarán dentro del laboratorio no son de alto riesgo por lo que un laboratorio con un área de 15x15 metros cumpliría con satisfacer las necesidades para el análisis de muestras de la producción.

Dentro de esta área se encuentra el área de procesamiento de muestras, zona de vestuarios, aseos, zonas de descontaminación y archivo de muestras.

3.3.3. Interior de laboratorio

En el diseño del interior del laboratorio se toman 3 aspectos importantes que se desarrollan a continuación:

3.3.3.1. Equipamiento

El laboratorio debe de tener un equipamiento especial relacionado con las actividades que dentro del mismo se realicen. Para esto se divide en dos partes:

- Equipamiento en la infraestructura
 - Los suelos han de ser resistentes a productos químicos y a la caída de objetos que puedan dañarlo y generar grietas donde se acumule suciedad o productos químicos o biológicos.
 - El suelo debe de tener un punto de drenaje para verter los desechos líquidos y además ayuda en la limpieza de algún derramamiento. Ese drenaje debe de ir dirigido a un punto de recogida de esos vertidos para impedir que sigan el mismo recorrido que las aguas residuales de una vivienda.
 - El techo del laboratorio ha de cumplir con condiciones de resistencia a la presión y al fuego. Además, el techo debe ser fácilmente lavable y no debe de permitir la adherencia de polvo ni la absorción de productos.
 - En el caso de colocar techos falsos, éstos han de ser construidos con material resistente al fuego y deben estar correctamente fijados al techo.

- Las paredes deben de estar insonorizadas, sobre todo las paredes exteriores. También las interiores para crear en el laboratorio un área de trabajo cómodo y agradable libre de los ruidos de la planta de producción.
 - Las puertas deben abrir hacia el exterior su altura máxima debe ser desde el suelo al techo y su ancho recomendable es de 90 a 120 cm.
 - Las puertas interiores pueden ser de vaivén, de forma que se puedan abrir fácilmente con los pies o los codos. Se aconseja que a una altura entre 160 y 180 cm existan ventanas tipo ojo de buey para ver a través de ellas antes de abrir la puerta. El ojo de buey puede tener un radio de 25 cm.
- Equipamiento en el inmobiliario
 - El mobiliario debe ser fácilmente lavable y des contaminable. Se procurará que tenga el menor número de elementos metálicos, y éstos han de ser resistentes a la oxidación y al ataque de productos químicos. Para este tipo de laboratorio se recomienda utilizar mobiliario de concreto para una mayor seguridad y durabilidad.
 - El mobiliario no ha de ser de igual color que las paredes, aunque no deben ofrecer un contraste demasiado grande, para no crear espacios que generen un discomfort visual.
 - Los muebles que estén contra la pared han de estar fijados para ganar estabilidad.
 - La distancia entre los estantes horizontales del laboratorio debe de ser tal que permitan tener a dos personas sentadas y en línea,

y entre ellas espacio para que otra tercera persona pueda desplazarse.

- Si se trabaja sobre sillas, los estantes horizontales han de tener una cavidad en la parte inferior donde sea posible meter las piernas mientras se trabaja en posición sentada.
- Las sillas deben proporcionar el equilibrio y confort suficiente para brindar una estabilidad al momento de realizar las actividades del laboratorio, la anchura debe de estar entre 40-45 cm con una profundidad entre 38-42 cm. La base de las mismas debe ser estable provista de 5 patas con ruedas, teniendo disponibilidad de margen de regulación de altura, superior al habitualmente recomendado (38-50 cm).

3.3.3.2. Condiciones de seguridad

Es necesario tomar en cuenta todas las condiciones de riesgo dentro y fuera del laboratorio para realizar mediadas de mitigación que permitan actuar de forma rápida y segura ante cualquier emergencia que se presente. A continuación, se detallan diferentes condiciones de seguridad que se deben de tomar en cuenta para el diseño del laboratorio de calidad de las salineras.

- El laboratorio ha de disponer de equipos de lucha contra incendios: extintores, bocas de incendio equipadas de 25 mm sistema de detección y alarma contra incendios, sistemas automáticos de extinción de incendios.
- El laboratorio debe considerarse como un sector de incendio, independiente del resto. Por lo que su estructura ha de contemplar la posibilidad de que lo que ocurra dentro del laboratorio no se extienda a otras áreas.

- Los extintores y bocas de incendio equipadas han de colocarse, al menos uno, en el laboratorio, lejos de las puertas de acceso al laboratorio. Debería de estar en el punto más alejado de la puerta.
- Independientemente de si el riesgo de incendio es alto debería de ubicarse varias puertas de salida en el laboratorio, a ser posible en zonas opuestas para permitir una evacuación rápida y segura.
- Si el cableado ha de pasar de una dependencia a otra, atravesando la pared, se ha de sellar ésta con productos intumescentes de forma que no sea éste un medio de transporte de fuegos entre áreas diferentes.

3.3.3.3. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales influyen directamente en los colaboradores que estén realizando actividades dentro del laboratorio, para lo cual se deben tener algunos parámetros de diseño sobre condiciones ambientales tales como la iluminación, el color de paredes, la ventilación, entre otros.

- La iluminación interior. Preferentemente ha de disponerse de iluminación natural, por ello deben diseñar espacios con amplias entradas de luz natural. De no ser posible, se recurrirá a la iluminación artificial que habrá de mantenerse entre 500 y 2 000 lux, dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar dentro del laboratorio. Para cuestiones de nuestro diseño, una iluminación de 1 000 lux es adecuada para realizar sin ningún problema todas las actividades de la planta.
- El laboratorio deberá estar adecuadamente ventilado, con zonas de entrada y salida de aire.

- Los colores de las paredes, al igual que el del mobiliario, deben de ser agradables para invitar al trabajo intelectual. Deben de hacer resaltar cualquier elemento que denote suciedad, para que sea eliminado en la mayor brevedad posible. Es recomendable el color blanco, aunque también son aconsejables otros colores suaves. Se recomienda que una parte de la pared sea de azulejos blanco.

3.3.3.4. Distribución del laboratorio

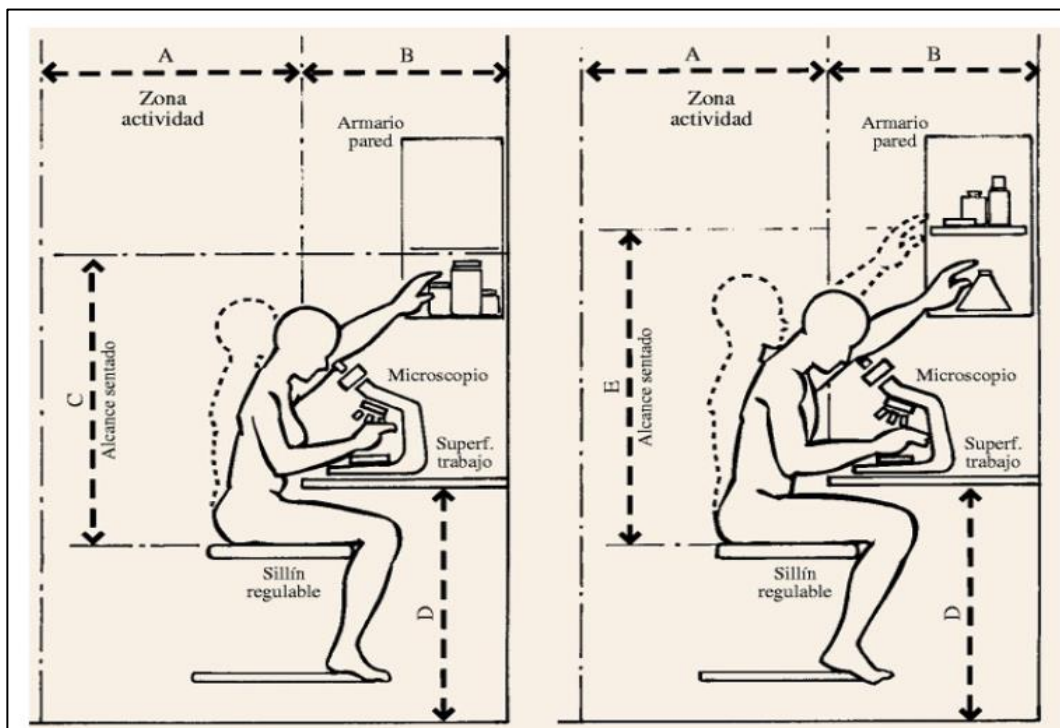
Un laboratorio de análisis de calidad muchas veces es un lugar con diferentes riesgos dentro y fuera del mismo, por lo que una acertada distribución del mismo nos ayudara a mitigar todos estos riesgos, desarrollando una sectorización de áreas con base en las actividades que se realicen dentro del mismo. La distribución dentro del laboratorio se diseña bajo diferentes condiciones importantes que nos permiten que las actividades desarrolladas dentro del laboratorio se lleven a cabo de una forma segura y cómoda contribuyendo con la alta calidad en los procedimientos que todo laboratorio debe de realizar, por lo que a continuación se detallan todos los parámetros tomados en cuenta para el diseño de la distribución.

- Puesto de trabajo

El diseño del puesto de trabajo debe tener en cuenta las recomendaciones básicas establecidas en relación con las medidas antropométricas para una mejor ergonomía y también que en el trabajo de laboratorio pueden alternarse las posiciones de pie o sentado. En el caso que el colaborador deba de realizar el sus tareas parado, implica que el plano de trabajo tenga una altura del orden de 95 cm, considerando que dicho plano debe estar entre 5 y 10 cm por debajo del codo.

Por otro lado, para poder realizar el trabajo sentado con esta altura del plano de trabajo, se recomiendan sillas con respaldo y reposapiés, siendo preferibles a los clásicos taburetes, así como disponer de espacio suficiente para colocar los pies debajo del plano. También se debe tomar en cuenta la altura de estanterías aéreas, si el trabajo es totalmente de pie estas estanterías no deben estar situadas a más de 150 cm de altura. Las distancias óptimas para el trabajo encima de una mesa se resumen en la figura.

Figura 42. Trabajo sentado en el laboratorio. Distancias y alcances adecuadas para mujer (izquierda) y hombre (derecha)



Fuente: Norma NTP 551: *Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño.*

p. 65.

Donde:

A = zona de actividad 70 cm

B = anchura de mesa 60 cm

C = alcance sentado 100 cm

D = altura de mesa 75-90 cm

E = alcance sentado 110 cm

El espacio dentro del laboratorio también ayuda a definir una buena distribución, se debe tomar en cuenta que debe de existir un mínimo de 2 m² de superficie libre por colaborador. Se debe contar un espacio no ocupado mínimo de 10 m³ no ocupados, con una altura mínima de 3 metros. Para permitir una pronta evacuación en el momento de algún accidente.

- Infraestructura

La infraestructura del laboratorio es otro factor que permite diseñar una distribución dentro del laboratorio, esta infraestructura tiene diferentes parámetros los cuales se pueden encontrar en normas para el diseño de laboratorios, para fines de nuestro proyecto se consultaron las normas NTP, específicamente la norma NTP 552, NTP 551 y NTP 725 entre otras.

- Ventanas

Ya que el laboratorio será utilizado para procedimientos sencillos para analizar la calidad de sal, por lo que el uso de ventanas dentro del mismo es importante. Las ventanas nos reducen la sensación de claustrofobia y permiten una visión lejana, disminuyendo la fatiga visual, influye en la iluminación dentro del laboratorio y si son del tipo practicable (tienen una apertura total del hueco)

contribuyen a una mejor ventilación dentro del laboratorio y son una buena vía de evacuación por cualquier incendio.

Si el laboratorio se encuentra en planta baja estas deben de abrir hacia el exterior, salvo que existan elementos que las interrumpen. En los casos en que sea necesario situar mesas de trabajo frente a las mismas, la altura del antepecho (altura del suelo a la base inferior de la ventana) no debe ser inferior a 1 m.

- Puertas

Para el número de puertas es necesario considerar que el laboratorio disponga de una segunda puerta de salida si existe algún riesgo de incendio o explosión ya que pueda bloquearse la salida principal. La altura de paso libre de las puertas debe estar comprendida entre 2,0 y 2,2 m, su anchura entre 90 y 120 cm, para una y doble hoja respectivamente, no debiendo ser inferior a 80 cm por ningún caso. Las puertas corredizas deben descartarse en su totalidad por el difícil accionamiento si se tienen las manos ocupadas, como en caso de alguna evacuación.

Se sugiere que las mismas estén equipadas con un cristal de seguridad de al menos 500 cm² situado a la altura de la vista, que permite observar el interior del laboratorio sin abrir la puerta para evitar accidentes. Para facilitar la entrada y salida al laboratorio con las manos ocupadas, las puertas deben estar diseñadas a modo que puedan abrirse con el codo o el pie, para esto no debe instalarse pasadores ni seguros debido a que esto impediría abrir la puerta rápidamente.

Todas las puertas deben disponer de dispositivos que permitan su apertura desde dentro en cualquier circunstancia para evitar que los colaboradores queden atrapados dentro en algún accidente. El sentido de apertura de las mismas debe favorecer el sentido de la marcha hacia fuera del laboratorio.

- Tamaño

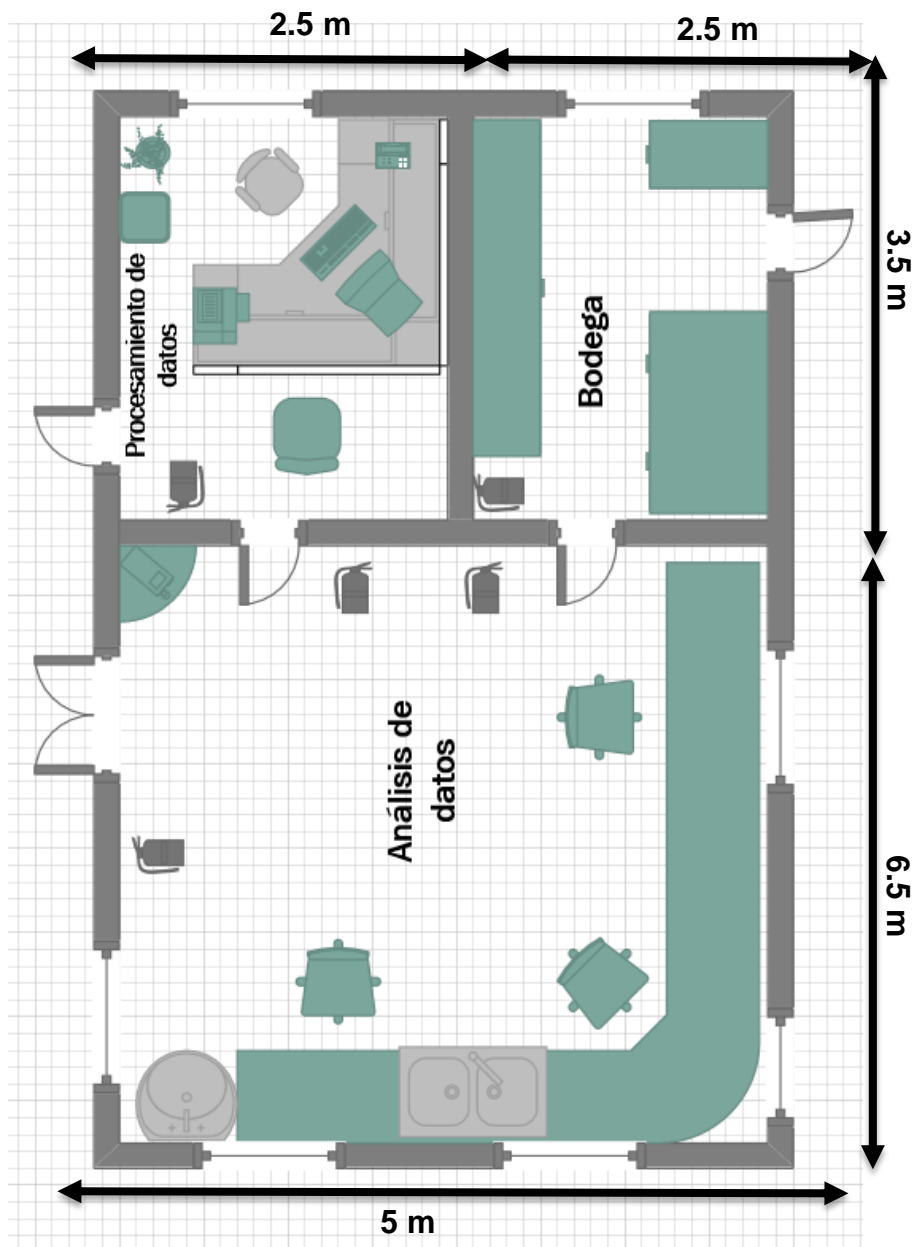
Para definir un tamaño estándar de un laboratorio no existe un criterio concreto, ya que este dependerá de las actividades que se realizan dentro del mismo, para lo cual se recomienda disponer como mínimo de 10 m² por persona para un mejor desarrollo de los colaboradores. Podemos definir el tamaño de los laboratorios en grandes y pequeños, para lo cual el laboratorio a diseñar por la magnitud de los procedimientos y de la producción de sal se clasifica como pequeño. La superficie adecuada se relaciona con el tipo de actividades que se realizan dentro del mismo, se recomienda preferiblemente entre 40 y 50 m² y que no sea menor a 15 m².

- Almacén de productos químicos

El almacenamiento de productos químicos ya sea inflamables debe ser contemplado dentro de la distribución de un laboratorio, existen diferentes normas que nos proporcionan los lineamientos a seguir en relación de los productos químicos y las muestras a analizar dentro del laboratorio. Se recomienda tener un almacén separado del área de análisis de muestras para no contaminar las muestras ya analizadas ni entrar en contacto con los químicos a utilizar en el laboratorio.

3.3.3.5. Croquis del laboratorio

Figura 43. Croquis del laboratorio



Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Análisis a realizar

Los análisis a realizar dentro de un laboratorio determinan la importancia y el nivel del laboratorio (equipamiento, instrumentos, instalaciones, equipo entre otros) que se debe poseer. A continuación, se describirán algunos análisis que se pueden realizar dentro de un laboratorio para el análisis de sal.

3.3.4.1. Descripción

- **Materia insoluble:** este análisis permite determinar la cantidad y el tipo de materia insoluble en la sal y manejar los límites establecidos para la sal de consumo humano. Este análisis se puede realizar según la norma ISO 2479-1972 *Determinación de materia insoluble en agua o en ácido y preparación e soluciones principales para otras determinaciones.*
- **Contenido de sulfato:** este análisis nos permite encontrar los niveles de sulfato en la sal y así mantener un control del mismo el cual se hace llegar hasta el consumidor final. Este análisis podemos realizarlo según el método ISO 2480-1972 *Determination of sulphate content barium sulphate gravimetric method.*
- **Sustancias halógenas:** este análisis permite encontrar el grado de contenido de sustancias halógenas dentro de la sal. Para este análisis podemos utilizar el método ISO 2481-1973 *Determination of halogens, expressed as chlorine – mercurimetric method* (para la recuperación del mercurio de los residuos de laboratorio).
- **Contenido de calcio y magnesio:** este análisis es utilizado para controlar los niveles de calcio y magnesio presentes en la sal y se puede realizar

según el método ISO 2482-1973 *Determination of calcium and magnesium contents - EDTA complexometric methods.*

- Contenido de potasio: los niveles de potasio presentes en la producción de sal podemos encontrarlos según el método ECSS/SC 183-1979 *Determination of potassium content by sodium tetraphenylborate volumetric method* o bien según el método ECSS/SC 184-1979 *by flame atomic absorption spectrophotometric method.*
- Contenido de calcio y magnesio: el control del calcio y magnesio en la sal para el consumidor final lo podemos monitorear por medio del método ECSS/SC 183-1979 *Determination of potassium content by sodium tetraphenylborate volumetric method* o bien según el método ECSS/SC 184-1979 *by flame atomic absorption spectrophotometric method.*
- Niveles de potasio: este análisis nos permite determinar la cantidad de potasio presente en la sal y lo podemos realizar según el método ECSS/SC 183-1979 *Determination of potassium content by sodium tetraphenylborate volumetric method* o bien según el método ECSS/SC 184-1979 *by flame atomic absorption spectrophotometric method.*
- Contenido de cobre: el control del cobre presente en la sal se puede determinar según el método ECSS/SC 144-1977 *Determination of copper content - zinc debenzylthiocarbamate photometric method.*
- Contenido de contaminantes: es necesario mantener un control de las cantidades de todos los contaminantes dentro de la sal para consumo humano. Este control debe de ser riguroso ya que altos niveles de contaminantes son nocivos para la salud de la población consumidora de

sal. A continuación, se presentan los diferentes métodos y normas para determinar cada uno de los contaminantes.

- Cobre: según el método ECSS/SC 144-1977 Determination of copper content - zinc debenzylidithiocarbamate photometric method.
 - Arsenico: según el método ECSS/SC 311-1982 Determination of arsenic content - silver diethyldithiocarbamate photometric method.
 - Mercurio: según el método ECSS/SC 312-1982 Determination of total mercury content - cold vapour atomic absorption spectric metric method.
 - Plomo: según el método ECSS/SC 313-1982 Determination of total lead content - flame atomic absorption spectrometric method.
 - Cadmio: según el método ECSS/SC 314-1982 Determination of total cadmium content - flame atomic absorption spectro metric method.
- Contenido de aditivos

Este análisis es uno de los más importantes ya que en el mismo se determinan los niveles de yodo y flúor aplicados a la sal. Por lo se enfocan en los mismos para un mejor desarrollo de la metodología y procedimientos.

3.3.4.2. Metodología

El método de análisis a utilizar dentro del laboratorio deberá ser adecuado al fin para el que se requieran los resultados. Cuando se aplica un método dentro de un laboratorio deberán conocerse las características de los materiales

de ensayo para lograr un resultado esperado. Todos los métodos de análisis entrañan incertidumbre en cuanto a los resultados que producen, lo cual ha de tenerse en cuenta al seleccionar el método que habrá de utilizarse con un determinado fin.

La metodología propuesta para el laboratorio de los micros salineros es la siguiente:

- Realizar los análisis que se crean convenientes por lotes de producción basándose en la recolección de muestras exclusivamente de cada lote por separado. Estas muestras deben de estar debidamente identificadas y registras en documentos que permitan obtener toda la información necesaria para la solución de errores si es que los resultados así lo muestran.
- Las muestras deben de ser recogidas por una persona específica que sepa manipular y tomar muestras de un lote específico sin alterar el estado de calidad y concentración de elementos internos de la muestra sustraída.
- Las muestras se tienen que hacer llegar al laboratorio de forma inmediata para que dentro del mismo se empiecen a realizar los estudios correspondientes, determinando un resultado que determinara la calidad del lote de muestreo.
- El analista debe de realizar los diferentes estudios a las muestras con exactitud, precisión, fiabilidad, sensibilidad, profesionalismo y determinación para lograr los resultados esperados.

- Todo análisis que se realice dentro del laboratorio debe ser registrado en una base de datos digital y un control escrito para controlar todas las muestras y sus resultados dentro de la planta productora de sal.
- Se debe de tener un lugar específico para las muestras realizadas donde se resguarde su integridad física y química, que permita tener pruebas físicas de los resultados de los análisis realizados.
- Todos los resultados de todas las muestras deben ser notificadas al jefe superior para un análisis de estado de calidad de la producción de la planta. Esta notificación puede ser vía web o escrita y debe contener todos los resultados reales de todos los análisis realizados a las muestras, además contener información del número de lote de producción y otros datos que puedan ser importantes para el jefe de producción.

3.3.4.3. Procedimientos

- Análisis de yodo en la sal

Las carencias de yodo en el organismo son mucho más graves de lo que puede parecer si no administramos a nuestra dieta la suficiente cantidad de este mineral. Una de las mejores fuentes proviene de la sal yodada que, si se toma con moderación, previene estados carenciales y enfermedades como el bocio, un mal que se manifiesta por el crecimiento patológico de la glándula tiroides. 150 microgramos de yodo diarios son suficientes para evitar los problemas que se derivan de una dieta baja en yodo. Para las salineras que fortifican la sal con yodo es necesario mantenerse dentro de los límites legales

de la adición de yodo a la sal. Para esto se detalla de forma sencilla el procedimiento para determinar la concentración de yodo en la sal:

- Objetivo

Describir el método para determinar el contenido de yodo en la sal para consumo humano.

- Alcance

Este procedimiento es un método de medición directa del yodo en la sal utilizando reactivos en una solución de muestra.

- Disposiciones generales del procedimiento

Antes de realizar este procedimiento se debe conocer el contenido de humedad y tamaño del grano de sal a analizar.

- Fundamentación teórica

El yodato (como yodato de potasio KIO_3) agregado a la sal para consumo humano se cuantifica por titulación redox con tiosulfato de sodio. El yodato es un oxidante fuerte y reacciona cuantitativamente con el tiosulfato. La reacción se desarrolla en medio ligeramente ácido y en presencia de un exceso de iones I^- .

- Equipo

El usual en el laboratorio y en particular:

- Balanza analítica sensible a 0,1 mg.
- Buretas, con divisiones de 0,1 cm³ o menos.
- Matraces volumétricos de 250 cm³.
- Erlenmeyer para yodo o erlenmeyer con cuello esmerilado y tapa de vidrio, recomendable de 250 cm³.
- Desecador con material deshidratante adecuado (silica gel).

- Reactivos

- El agua que se utilice en la preparación de reactivos, preparación de la muestra y en el blanco debe ser agua destilada o desionizada.
- Tiosulfato de sodio, Na₂S₂O₃, 0,005 N. Pesar 1,2410 g de tiosulfato de sodio pentahidratado y llevar a 1 000 cm³ con agua recientemente hervida y fría. Añadir gotas de cloroformo como preservante. Guardar en recipientes de color obscuro. Esta solución se debe valorar al momento de usar.
- Solución de almidón al 1 %. Formar una pasta homogénea con 1 g de almidón soluble y agua, adicionar 100 cm³ de agua hirviendo, agitar rápidamente la solución y enfriarla. Puede añadirse 125 mg de ácido salicílico como preservante. La solución debe guardarse en refrigeración.
- Sulfúrico, H₂SO₄, 2 N. Adicionar lentamente 6 cm³ de H₂SO₄ concentrado (densidad 1,84 g/ cm³) 90 cm³ de agua. Aforar a 100 cm³ con agua. La solución es estable indefinidamente.

- Yoduro de potasio, KI, al 10 %. Disolver 10 g de KI en agua y llevar a 100 cm³.
 - Yodato de potasio. KIO₃, 0,0050 N.
- Preparación de la muestra

Si la muestra está compuesta por cristales gruesos, triturar la muestra hasta que pase por un tamiz N° 20 y se retenga en un tamiz N° 80. Homogeneizar y guardar la muestra triturada en un frasco hermético.

- Procedimiento

Tabla CIX. **Procedimiento para el análisis de yodo en la sal**

Análisis de yodo en la sal			
Área laboratorio análisis de calidad		Análisis de la cantidad de yodo en las muestras de sal.	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Área
1	Pesar 10 g de sal fortificada y disolver en 100 ml de agua destilada o des ionizada en matraz de 250 mL	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
2	Agregar 2 mL de ácido sulfúrico 2N y mezclar.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
3	Agregar 5 mL de yoduro de potasio al 10%, mezclar y dejar reposando por 5 minutos (la solución se debe tornar amarilla)	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
4	Titular el yodo liberado con la solución de tiosulfato de sodio 0.005 N, hasta atenuar el color amarillo (la intensidad del color debe de disminuir hasta un amarillo pálido)	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
5	Agregar 0.4 mL de la solución indicadora de almidón al 1% (la solución se toma de color azul). Continuar titulando con la solución de tiosulfato de sodio. El punto final de la titulación es indicado por la desaparición brusca del color azul, quedando una solución incolora.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
6	Anotar el volumen consumido de tiosulfato de sodio de la muestra (V _{Cm})	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
7	Realizar el mismo procedimiento para la solución patrón: se toma 1 mL de la solución de yodato (1 mg yodo/ mL). Anotar el volumen consumido de tiosulfato de sodio de la solución patrón (V _{cp})	Técnico laboratorista	Análisis de muestras

Fuente: elaboración propia.

- Cálculos

Tabla CX. **Cálculos para el análisis de yodo en la sal**

Análisis de yodo en la sal			
Área laboratorio análisis de calidad		Cálculos	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Área
1	<p>Los resultados son expresados en miligramo de yodo por kilogramo de sal (ppm)</p> $\frac{mg\ Yodo}{Kg} = \frac{V_{cm}}{V_{cp}} * 100$ <p>Y así obtendremos el nivel de yodo en la sal.</p>	Técnico laboratorista	Análisis de datos

Fuente: elaboración propia.

- Análisis de flúor en la sal

Después del proceso de la producción de sal en el cual se le agrega dos nutrientes importantes para el cuerpo humano como lo son el yodo y el flúor es necesario determinar los niveles de los mismos y así controlar que las cantidades agregadas a la sal no sea nociva para el consumidor final. El procedimiento para medir el flúor en la sal es mucho más complejo y costoso que el de determinación de yodo pero no así se debe dejar de realizar. El procedimiento que actual se describe el método de cuantificación potenciómetro utilizando un electrodo de Ion selectivo de fluoruro.

- Objetivo

Describir el método de cuantificación potenciómetro para determinar el contenido de fluoruro en la sal para consumo humano.

- Alcance

Este procedimiento describe el método de medición directa, usando un electrodo de ion selectivo de fluoruro, en la solución de la muestra de sal fortificada.

- Disposiciones generales

Antes de realizar este procedimiento se debe conocer el contenido de humedad y tamaño del grano de sal a analizar.

- Fundamentación teórica

Cuando un electrodo de ion selectivo de fluoruro entra en contacto con una solución acuosa que contenga iones fluoruro, se desarrolla una diferencia de potencial entre el electrodo de medida y el electrodo de referencia. El valor de esta diferencia de potencial es proporcional al logaritmo del valor de la actividad del ion fluoruro de acuerdo con la ecuación de Nerst. La temperatura y la fuerza iónica pueden influenciar en la diferencia de potencial. Por lo tanto, estos parámetros deben ser los mismos durante la calibración y la medición y deberán mantenerse constantes durante todo el procedimiento.

La actividad del ion fluoruro es dependiente del pH. Los valores de pH más favorables para realizar las mediciones están entre 5 y 7. Se utiliza una solución especial de buffer para fijar el pH y por lo tanto mantener el coeficiente de actividad. En estas condiciones; este método no se referirá a actividades, sino a concentraciones del ion fluoruro. Los electrodos de ion selectivo de fluoruro operados entre 0,2 mg/l y 2 000 mg/l presentan una relación lineal entre el potencial y el logaritmo del valor numérico de la actividad de fluoruro.

- Equipo

El equipo usual de laboratorio utilizado es el siguiente:

- Potenciómetro/ analizador de iones, con lectura en mili voltios y con una impedancia no menor a $10^{12}\Omega$, capaz de una resolución de la diferencia de potencial de 0,1 mV o mayor.
- Electrodo de ion selectivo de fluoruro, debe dar lecturas estables. La respuesta a la fuerza electromotriz usando las soluciones estándar, no debe ser menor a 55 mV cuando se produzca un cambio de 10 unidades en la concentración de fluoruro a 25 °C.
- Electrodo de referencia, puede utilizarse un electrodo de calomel lleno con una solución saturada de cloruro de potasio o un electrodo de plata/cloruro de plata.
- Celdas de medida de polipropileno, de 100 cm³ y dotada de una camisa termostática; o similar.
- Baño de agua, capaz de mantener el agua en la celda de medición (5.4) a una temperatura de $25 \pm 0,2$ °C.
- Agitador magnético, en barra con cobertura de polipropileno (PTFE).
- Vasos de polipropileno, de 100 cm³.
- Equipo de membrana, con membrana filtrante con tamaño de poro de 0,45 μm .

- Reactivos

Utilizar reactivos grado analítico y agua destilada o agua de pureza equivalente.

Hidróxido de sodio, (NaOH) = 5 mol/l. Disolver cuidadosamente 100 g \pm 0,5 g de hidróxido de sodio y diluir a 500 cm³.

Buffer de corrección de fuerza iónica total (TISAB). En un vaso de 1 litro agregar a 500 cm³ de agua, 58 g de ClNa y 57 cm³ de ácido acético glacial (densidad 1,05 g/ml). Agitar hasta disolver. Adicionar 150 cm³ de la solución de hidróxido de sodio y 4 g de CDTA (ácido tetra cético - N-N N'-N'-trans 1,2-diamino ciclohexano). Continuar agitando hasta que todos los sólidos se hayan disuelto y ajustar la solución a pH 5,2 con la solución de hidróxido de sodio, usando potenciómetro. Transferir a un balón volumétrico de 1 000 cm³, aforar con agua y mezclar.

Solución patrón de fluoruro, 1 000 mg/l. Secar una cantidad de fluoruro de sodio (NaF) a 150 °C durante 4 h y enfriar en un desecador, En un balón volumétrico de 1 000 cm³ con agua disolver 2,210 \pm 0,001 g del reactivo seco. Aforar con agua y mezclar. Guardar la solución en una botella de polietileno con tapa rosca.

Solución estándar I de fluoruro, 10 mg/l. Pipetear 10 cm³ de la solución patrón de fluoruro dentro de un balón volumétrico de 1 000 cm³. Aforar con agua y mezclar. Todas las soluciones estándar deben guardarse en botellas plásticas y pueden utilizarse durante un mes.

Solución estándar II de fluoruro, 5 mg/l. Pipetear 5 cm³ de la solución patrón de fluoruro en un balón volumétrico de 1 000 cm³. Aforar con agua.

Solución estándar III de fluoruro, 1 mg/l. Pipetear 100 cm³ de la solución estándar I en un balón volumétrico de 1 000 cm³. Aforar con agua.

- Calibración
 - Establecer una curva de calibración utilizando las tres soluciones estándares de fluoruro.
 - Para preparar soluciones de referencia en el rango de 1 a 10 mg/l se procede de la siguiente manera:
 - ✓ Pipetear 25 cm³ de cada una de las soluciones estándar de fluoruro en las celdas de medida, agregar a cada celda 25 cm³ de la solución buffer (TISAB). Ver tabla siguiente.

Tabla CXI. **Preparación de las soluciones de referencia**

Solución de referencia Núm	cm ³ de TISAB	Solución estándar de trabajo		Concentración de la solución de referencia
		Núm	cm ³	
1	25	I	25	10
2	25	II	25	5
3	25	III	25	1

Fuente: *Norma técnica ecuatoriana*. NTE INEN 2 254:2000.

- Para establecer la curva de calibración proceder paso a paso desde la solución más diluida a la más concentrada; enjuagar el electrodo, luego de cada medición con la solución más concentrada siguiente.

- Luego que las mediciones se han completado, reacondicionar el electrodo durante 5 min a 10 min. Utilizando la solución de referencia más diluida para eliminar los efectos de memoria del equipo. Repetir la serie de mediciones.
 - Utilizar el siguiente orden de mediciones (los números indican las soluciones de referencia de la tabla 1.)3 - enjuagar - 2 - enjuagar - 1 - enjuagar - enjuagar con 3 - reacondicionar - repetir la serie de determinaciones.
 - Si los valores individuales de las series paralelas varían de la primera serie en más que $\pm 0,5$ mV, repetir la serie de mediciones.
 - Es importante verificar regularmente la curva de calibración. Verificar que la pendiente no es menor a 55 mV, caso contrario comprobar el equipo y establecer una nueva curva de calibración.
- Preparación de la muestra

Si la muestra está compuesta por cristales gruesos, triturar la muestra hasta que pase por un tamiz N° 20 y se retenga en un tamiz N° 80. Homogeneizar y guardar la muestra triturada en un frasco hermético.

○ Procedimiento

Tabla CXII. **Acondicionamiento del electrodo**

Análisis de flúor en la sal			
Área laboratorio análisis de calidad		Acondicionamiento del electrodo	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Área
1	Puesto que las características de un electrodo de ion selectivo varían con el tiempo se debe verificar la curva de calibración el día de su utilización.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
2	Para acelerar el establecimiento del potencial de equilibrio, acondicionar el electrodo, antes de iniciar las mediciones siga con los pasos siguientes	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
3	Antes de medir, sumergir el electrodo en una celda que contenga la solución de referencia 3, (ver tabla 18) durante una hora.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
4	Enjuagar con la primera solución a ser medida, el electrodo está listo para ser utilizado.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXIII. **Medición de las muestras**

Análisis de flúor en la sal			
Área laboratorio análisis de calidad		Medición de las muestras	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Área
1	Filtrar la solución a través del filtro de membrana.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
2	Dentro de la celda, pipetear 25 cm ³ de TISAB y 25 cm ³ de la solución de muestra, el pH debe estar entre $5,2 \pm 0,2$; si es necesario ajustar el pH con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio, pero utilizando la cantidad más pequeña posible.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
3	Para una serie de determinaciones comenzar con la muestra de más baja concentración y terminar con la de más alta concentración.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
4	Luego de medir la concentración más alta, reacondicionar el electrodo antes de medir la de más baja concentración.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
5	Medir todas las soluciones de muestra según los siguientes pasos	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
6	Esperar hasta que se ha logrado una temperatura constante (por ejemplo, $25 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) y realizar todas las mediciones a esa temperatura.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
7	Introducir la barra agitadora dentro de las celdas de medida y colocar sobre el agitador magnético.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
8	Introducir los electrodos dentro de la solución y fijarlos.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
9	Ajustar la velocidad de agitación de 180 RPM a 200 RPM.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
10	Cuando el potencial no varía en más de 0,5 mV en 5 min, apagar el agitador.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
11	Transcurridos 15 s, desde que se apaga el agitador, anotar el valor obtenido.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
12	Enjuagar el agitador y los electrodos con la solución siguiente a ser medida, antes de iniciar la siguiente medición.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras

Fuente: elaboración propia.

- Cálculos

Tabla CXIV. **Cálculos para el análisis de flúor en la sal**

Análisis de flúor en la sal			
Área laboratorio análisis de calidad		Cálculos	
Núm.	Procedimiento	Responsable	Área
1	Graficar los valores de calibración en un papel semilogarítmico, con las concentraciones de fluoruro, en miligramos por litro, en la abscisa y el potencial, en mili voltios, en las ordenadas, establecer una regresión lineal.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras
2	Leer los valores para las muestras utilizando la regresión lineal, expresar la concentración de fluoruro en las soluciones de muestra en miligramos por litro.	Técnico laboratorista	Análisis de muestras

Fuente: elaboración propia.

3.3.4.4. Materiales

Tabla CXV. **Materiales para análisis de yodo en la sal**

Análisis de yodo en la sal		
Núm.	Materiales y equipo	Reactivos
1	Balanza semianalítica	Ácido sulfúrico g.r. 95-97 %, 1,84 g/mL
2	Soporte universal	Tiosulfato de sodio p.a. 99,5 %
3	Pinzas para buretas	Yoduro de potasio libre de yodato
4	Bureta de 25 o 50 mL con separación de 1 mL	Almidón soluble
5	Erlenmeyer de 250 mL	Yodato de potasio 99,9 %
6	Probeta de 100 mL	Agua destilada o des ionizada.
7	Pro pipetas para pipetas de 1.5 y 10 mL	
8	Pipeta volumétrica de 1 mL	
9	Pipetas serológicas de 1.5 y 10 mL	
10	Espátula o depresores	
	Frascos oscuros con tapa rosca (100, 250 y 500 mL)	
	Equipo de seguridad.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXVI. **Materiales para análisis de flúor en la sal**

Análisis de flúor en la sal		
Núm.	Materiales y equipo	Reactivos
1	Potenciómetro analizador de iones	Hidróxido de sodio, (NaOH) = 5 mol/l.
2	Electrodo de Ion selectivo de fluoruro	Buffer de corrección de fuerza iónica total (TISAB).
3	Electrodo de referencia	Solución patrón de fluoruro, 1 000 mg/l.
4	Celdas de medida de polipropileno	Solución estándar I de fluoruro, 10 mg/l.
5	Agitador magnético	Solución estándar II de fluoruro, 5 mg/l.
6	Vasos de propileno	Solución estándar III de fluoruro, 1 mg/l.
7	Equipo de membranas, con membrana filtrante	Ácido acético glacial
8	Balón volumétrico	

Fuente: elaboración propia.

3.3.5. Recurso humano

Tabla CXVII. **Ficha de recurso humano para laboratorio de calidad**

Ficha de recurso humano			
Nombre del puesto: analista de laboratorio		Jefe inmediato: propietario de la salinera	
Supervisor: encargado de la producción de sal		Subordinado: ninguno	
Descripción del puesto			
Realizar diferentes análisis de laboratorio para la calidad de la producción de sal			
Descripción de las competencias del colaborador			
El operario de preparación de sal debe de poseer las siguientes competencias:			
<ul style="list-style-type: none"> • Buena administración de recursos. • Conocimiento en manejo de químicos • Conocimiento en química (reacciones, soluciones, solventes etc.) • Conocimientos de computación (manejo de Excel avanzado) • Conocimiento y manejo de instrumentos y materiales de laboratorio de calidad. • Valores éticos y morales. 			
Grado académico:	Tercero básico	Experiencia laboral	1 año mínimo de experiencia.
Funciones del puesto			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar diferentes análisis para medir la calidad de sal. • Manejar ordenadamente las muestras de los diferentes lotes de producción. • Registrar todos los análisis realizados dentro del laboratorio. • Controlar, dirigir y dirigir el laboratorio de calidad de la planta de sal. • Realizar cálculos matemáticos para el desarrollo de análisis. 			
Responsabilidades			
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar el archivo de muestras. • Mantener ordenado y limpio el laboratorio. • Manejar registros de los análisis e informar al jefe inmediato. • Control y manejo equipo de seguridad del laboratorio. 			

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Costo de la propuesta

A continuación, se hace un detalle del costo de la propuesta realizada para la elaboración de un laboratorio de calidad, los costos que a continuación se detallan son los mínimos que se pueden encontrar dentro del mercado de nuestro país, aunque pueden variar al momento de realizar la propuesta.

Tabla CXVIII. **Costo de la propuesta de la construcción del laboratorio de calidad**

Costo de la propuesta de la construcción del laboratorio de calidad				
Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Humano	Técnico de laboratorio.	1	Q 6 000,00	Q 6 000,00
Edificio	Edificio de 5x10 m con terraza, 3 divisiones interiores, instalaciones eléctricas, fontanería, extractores de gases, piso cerámico, 4 ventanas, 2 puertas interiores y una exterior.(ver bosquejo apartado 3.3.7)	1	Mano de obra Q 41 750,00 Materiales Q 43 370,00	Q 85 120,00
Equipo para laboratorio	Este equipo está conformado por 2 gabinetes de altura corta, con gavetas e instalación para lavamanos, un lavadero industrial, un lavamanos y lavaojos, equipo de cristalería, balanza,		Q 20 000,00	Q 20 000,00
Equipo de oficina	Este equipo está conformado por un mueble para computadora, un archivo, una computadora básica, teléfono, impresora.		Q 10 000,00	Q 10 000,00
Equipo para bodega de muestras y materiales	Dentro de este equipo tenemos, archivos, racks (estanterías) y mesas de trabajo.		Q 8 000,00	Q 8 000,00
Equipo de seguridad de laboratorio	Está conformado por extinguidores, señalización, y equipo de protección personal.		Q 4 500,00	Q 4 500,00
Costo total de la propuesta				Q 133 620,00

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA (PLAN DE CAPACITACIÓN)

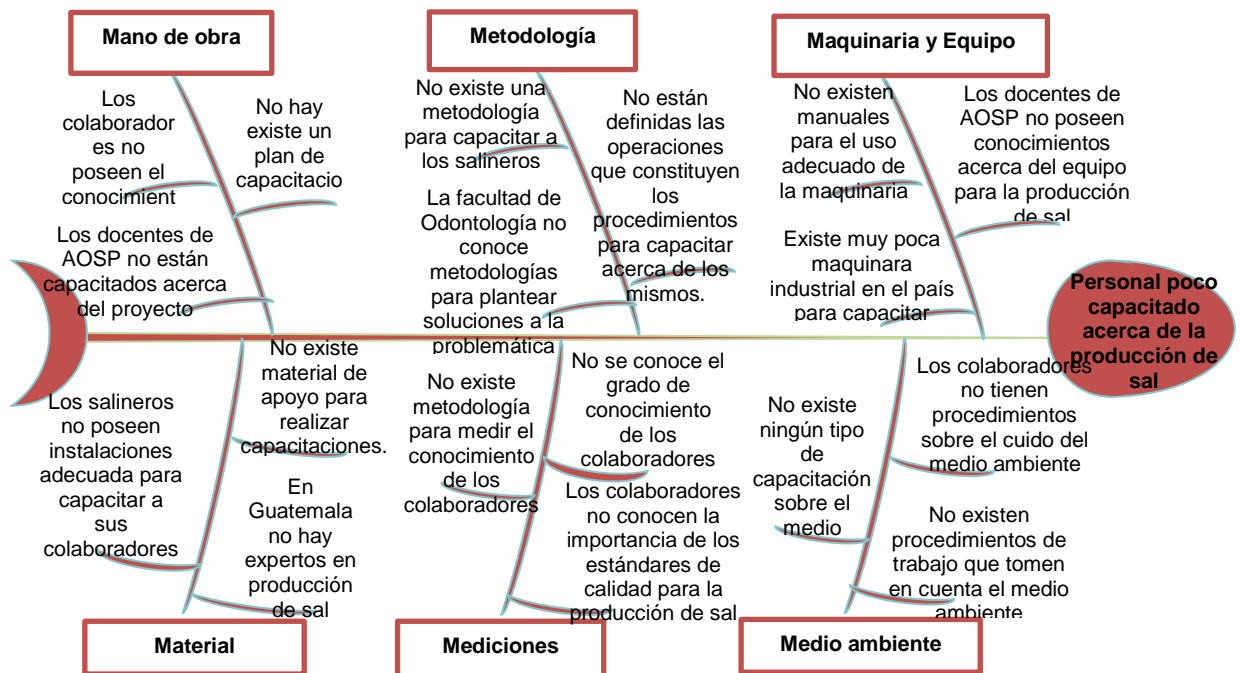
Se entiende como un plan de capacitaciones a un programa determinado que busca que los personajes involucrados adquieran nuevos conocimientos y desarrollar habilidades/actitudes, con la finalidad de mejorar las competencias y lograr un mejor desempeño en la participación del desarrollo de cualquier proyecto. La ejecución del plan de capacitación garantizará que los personajes involucrados adquirirán conocimientos y habilidades específicas relativas al trabajo que realizan dentro de un proyecto específico, lo que permitirá que el proyecto se cumpla a cabalidad con la aplicación de todo lo adquirido dentro de dicho plan de capacitaciones.

Con el fin de contribuir al objetivo principal del proyecto de la fortificación de sal en Guatemala el cual es llevar al consumidor fina sal fortificada con yodo y flúor, se realizó un estudio de una propuesta de un modelo de capacitación y desarrollo al personal docente del área de odontología sociopreventiva y las diferentes identidades involucradas el cual contiene diferentes capacitaciones para proponer un modelo de capacitación con desarrollo integral para progreso continuo de este proyecto.

Para la elaboración del presente plan de capacitaciones se realizó una búsqueda de las necesidades principales que existían dentro del área de odontología socio preventivo en el tema de conocimientos acerca de la producción de sal en Guatemala y todas las deficiencias que el programa actual de fortificación posee.

4.1. Diagnóstico de las necesidades de capacitaciones

Figura 44. Diagnóstico de las necesidades de capacitaciones



Causa raíz: falta de una plan de capacitaciones sobre la producción de sal para los docentes de AO.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Plan de capacitaciones

- Objetivos
 - Objetivo General
 - Aportar a los docentes de AOSP el conocimiento básico acerca del proyecto de la mezcla de yodo y flúor para sal

por medio de un plan de capacitaciones, desarrollando interés en la importancia que este proceso tiene para la población guatemalteca y fortalecer el desarrollo profesional del sector docente.

- Objetivos específicos
 - Facilitar el proceso de inmersión de los docentes de AOSP a la problemática de la falta de fortificación de sal con yodo y flúor.
 - Apoyar técnicamente al área docente de AOSP sobre los procedimientos para la producción de sal en Guatemala.
 - Actualizar a los docentes de AOSP sobre nuevas alternativas para la solución de la falta de yodo y flúor en la sal.
 - Capacitar a los docentes de AOSP sobre el nuevo diseño de la máquina mezcladora de yodo y flúor para sal.
- Alcance

El presente plan de capacitaciones está dirigido a todos los docentes del área de odontología sociopreventiva de la facultad de odontología, el cual se rige bajo los términos de aspectos técnicos y la problemática de la producción de sal en Guatemala. También, se integra a este plan conocimientos técnicos del diseño de la máquina mezcladora de yodo y flúor para sal, esto con el objetivo de hacer llegar a los docentes de dicha área conocimientos básicos que permitan tener una visión más clara de la falta de yodo y flúor en la sal y despertar el interés de generar posibles soluciones a dicha problemática.

- Responsables

Tabla CXIX. **Personas responsables del plan de capacitación**

Responsables del plan de capacitaciones.		
Responsable (s)	Área de desarrollar	Dirigido a:
Directores del área de odontología sociopreventiva.	Problemática sobre la falta de yodo y flúor en la sal.	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades competentes de la Facultad de Odontología • Docentes de AOSP
Epesista de ingeniería.	Aspectos generales sobre el diseño de una máquina mezcladora de yodo y flúor para sal y procedimientos de la producción de sal.	<ul style="list-style-type: none"> • Autoridades competentes de la Facultad de Odontología • Docentes de AOSP
Asesor externo	Aspectos técnicos sobre la producción de sal.	<ul style="list-style-type: none"> • Docentes de AOSP

Fuente: elaboración propia

- Metodología

La metodología a utilizar para el presente de plan de capacitaciones se define de la siguiente manera:

- Trifoliales: el uso de trifoliales tiene como objetivo transmitir información puntual y concisa de forma rápida y sencilla. En estos se adjuntara información fácil de asimilar tales como conocimientos básicos de la producción de sal y de la actual problemática de la fortificación de sal.
- Presentaciones: estas tienen como fin dar a conocer diferentes resultados de las investigaciones realizadas dentro del proyecto del diseño de la maquina mezcladora de yodo y flúor para sal. Esta tiene como material de apoyo el uso de diapositivas.

- Charlas: se utilizan como medio para transmitir información de una forma más cómoda, estas charlas son esenciales para transmitir información a los docentes de una forma más amigable.
- Conferencias: estas proveen de información más detallada y específica haciéndolo de una manera formal, en estas actúan los asesores externos los cuales pueden capacitar en aspectos más técnicos en base a su larga experiencia en el tema.
- Visitas técnicas: el fin primordial es conocer de cerca los procedimientos para la producción de sal y así ampliar el concepto sobre la metodología actual de las salineras de Guatemala.
- Contenido de capacitaciones (temario).
 - Capacitación: fundamentos teóricos sobre la producción de sal.
 - Descripción.
 - Esta capacitación cita diferentes fundamentos teóricos acerca de la producción de sal, proporciona la teoría necesaria para entender desde una manera técnica y química el proceso de transformación de agua de mar en sal cruda. Dentro de la teoría básica se puede mencionar cómo está conformada el agua de mar, cómo se realiza la transformación de agua de mar a sal cruda, qué variables entran en juego en la calidad de sal cruda entre otras.
 - Objetivo
Dar a conocer los aspectos básicos sobre la producción de sal.
 - Contenido
 - ✓ Definiciones básicas
 - ✓ Medidas utilizadas en la producción de sal

- ✓ Partes de una microsalinera
 - ✓ Factores externos que influyen en la producción de sal
 - ✓ Transformación de salmuera (agua de mar) a sal cruda
 - ✓ Proceso de producción de sal en una micro salinera
- Criterio de evaluación
Se evaluará un 80 % de conocimientos teóricos y 20 % de discusión de temas durante la capacitación.
 - Metodología
Para el desarrollo de esta capacitación e impartirá una charla apoyada en un material escrito que contiene todos los aspectos técnicos básicos sobre la producción de sal.
- Capacitación: situación actual de la producción de sal en Guatemala.
 - Descripción
Durante esta capacitación se dará a conocer toda la realidad actual por la que atraviesa el proceso de producción de sal a nivel micro en Guatemala. Para buscar una mejora y prontas soluciones es necesario describir los procedimientos actuales que las pequeñas salineras en Guatemala utilizan y esta capacitación proporcionará toda la información acerca de esos procedimientos.

- **Objetivo**
Dar a conocer los procedimientos actuales para la producción de sal utilizados en las salineras de Guatemala.
 - **Contenido**
 - ✓ Regiones salineras de Guatemala
 - ✓ Producción de sal en Guatemala
 - ✓ Procedimientos actuales de producción en las microsalineras
 - **Criterios de evaluación**
Se evaluará un 80 % de conocimientos teóricos y 20 % de discusión de temas durante la capacitación.
 - **Metodología**
Para dar a conocer los procedimientos actuales de la producción de sal en Guatemala se utilizará una presentación en power point con todos los hallazgos encontrados a lo largo de los años de trabajo en el proyecto de fortificación de la sal. También, se impartirá una material escrito con información importante acerca del tema.
- **Capacitación: impacto de la no fortificación de la sal con yodo y flúor**
 - **Descripción**
El no consumir estos dos importantes micronutrientes: el yodo y el flúor genera para el cuerpo algunas deficiencias físicas que en su mayoría son irreversibles y al realizar un

análisis más profundo estas deficiencias en el ser humano llega afectar hasta el desarrollo de un país. Con esta capacitación se pretende desarrollar todos los problemas creados a partir de un bajo consumo de yodo y flúor.

- **Objetivo**
Exponer el impacto que tiene el no consumo de yodo y flúor en la población guatemalteca.

 - **Contenido**
 - ✓ Deficiencias por falta de yodo.
 - ✓ Deficiencias por falta de flúor.
 - ✓ Deficiencias irreversibles en el cuerpo humano por falta de yodo y flúor.
 - ✓ Impacto en el desarrollo de un país por falta de consumo de yodo y flúor.

 - **Criterio de evaluación**
No se evalúa

 - **Metodología**
Para esta capacitación se realizara una conferencia formal en un salón amplio para comodidad de los participantes dando lugar a una discusión general del tema.
- **Capacitación: aportes a la salud por el consumo de sal con yodo y flúor**

- Descripción
El proveer al consumidor final sal con yodo y flúor facilita la absorción de estos micronutrientes aprovechando todos los beneficios que estos aportan. Es necesario conocer las ventajas de utilizar la sal como un vehículo para llevar a la población guatemalteca yodo y flúor de una manera segura y a bajo costo. Dentro de esta capacitación también se desarrollan todos los beneficios que el yodo y el flúor proporcionan al desarrollo integral del ser humano.

- Objetivo
Compartir los beneficios que obtiene en la población de un país el consumo de sal fortificada con yodo y flúor.

- Contenido
 - ✓ Beneficios del yodo y flúor
 - ✓ Métodos para llevar el yodo y flúor a una población
 - ✓ La sal como vehículo para el consumo de yodo y flúor

- Criterio de evaluación
No se evaluará.

- Metodología
Para esta capacitación se realizará una conferencia formal en un salón amplio para comodidad de los participantes dando lugar a una discusión general del tema.

- Capacitación: observación de los procedimientos para la producción de sal
 - Descripción
Para solidificar la información teórica acerca de todos los procedimientos utilizados actualmente para la producción de sal en Guatemala es necesario observarlos de forma directa para tener un criterio más amplio de toda la problemática que afecta a este sector productor del país.
 - Objetivo
Observar de forma directa los procedimientos que se realizan en Guatemala para producir sal.
 - Contenido
 - ✓ Explicación de los procedimientos para la producción de sal en las salineras guatemaltecas.
 - Criterio de evaluación
Resumen de todo lo visto durante la visita técnica.
 - Metodología
Para analizar de forma directa el proceso de producción actual en Guatemala se debe realizar una visita técnica a algunas salineras de Guatemala para tener un acercamiento real a problemática.
- Presentación: presentación del diseño de la máquina mezcladora de yodo y flúor al área de odontología socio preventiva

- Descripción
Esta presentación tiene el fin de dar a conocer el diseño de la nueva máquina mezcladora de yodo y flúor para sal abarcando todos los aspectos importantes que este conlleva, explicando de manera sencilla el trabajo realizado durante la realización del ejercicio profesional supervisado.

- Objetivo
Exponer a los docentes de AOSP la nueva propuesta para el procedimiento de mezcla de yodo y flúor para las pequeñas salinas del país.

- Contenido
 - ✓ Introducción acerca de la problemática de la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor.
 - ✓ Procedimiento para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Herramientas utilizadas para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Nueva propuesta para mezclar yodo y flúor con sal.
 - ✓ Presentación de los nuevos procedimientos propuestos para la producción de sal.

- Criterio de evaluación
Discusión acerca de la presentación.

- Metodología

Se realizó una presentación en power point con todos los puntos del contenido para exponer y explicar el nuevo diseño de la máquina mezcladora.
- Presentación: presentación del diseño de la máquina mezcladora a la junta directiva de la facultad de odontología
 - Descripción
 - Esta presentación tiene el fin de dar a conocer el diseño de la nueva máquina mezcladora de yodo y flúor para sal abarcando todos los aspectos importantes que este conlleva, explicando de manera sencilla el trabajo realizado durante la realización del ejercicio profesional supervisado.
 - Objetivo
 - Exponer a los docentes de AOSP la nueva propuesta para el procedimiento de mezcla de yodo y flúor para las pequeñas salinas del país.
 - Contenido
 - ✓ Introducción acerca de la problemática de la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor.
 - ✓ Procedimiento para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Herramientas utilizadas para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Nueva propuesta para mezclar yodo y flúor con sal.

- ✓ Presentación de los nuevos procedimientos propuestos para la producción de sal.
 - Criterio de evaluación
Discusión acerca de la presentación.
 - Metodología
Se realizó una presentación en power point con todos los puntos del contenido para exponer y explicar el nuevo diseño de la máquina mezcladora.
- presentación: presentación del diseño de la máquina mezcladora a la comisión nacional de salud bucal (CONASABU).
 - Descripción
 - Esta presentación tiene el fin de dar a conocer el diseño de la nueva máquina mezcladora de yodo y flúor para sal abarcando todos los aspectos importantes que este conlleva, explicando de manera sencilla el trabajo realizado durante la realización del ejercicio profesional supervisado.
 - Objetivo
Exponer a los docentes de AOSP la nueva propuesta para el procedimiento de mezcla de yodo y flúor para las pequeñas salinas del país.
 - Contenido
 - ✓ Introducción acerca de la problemática de la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor.

- ✓ Procedimiento para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Herramientas utilizadas para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Nueva propuesta para mezclar yodo y flúor con sal.
 - ✓ Presentación de los nuevos procedimientos propuestos para la producción de sal.
- Criterio de evaluación
Discusión acerca de la presentación.
 - Metodología
Se realizó una presentación en power point con todos los puntos del contenido para exponer y explicar el nuevo diseño de la máquina mezcladora.
- Presentación: presentación del diseño de la máquina mezcladora a la asociación de microsaleros de Guatemala.
- Descripción
Esta presentación tiene el fin de dar a conocer el diseño de la nueva máquina mezcladora de yodo y flúor para sal abarcando todos los aspectos importantes que este conlleva, explicando de manera sencilla el trabajo realizado durante la realización del ejercicio profesional supervisado.

- **Objetivo**
Exponer a los docentes de AOSP la nueva propuesta para el procedimiento de mezcla de yodo y flúor para las pequeñas salinas del país.

 - **Contenido**
 - ✓ Introducción acerca de la problemática de la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor.
 - ✓ Procedimiento para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Herramientas utilizadas para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Nueva propuesta para mezclar yodo y flúor con sal.
 - ✓ Presentación de los nuevos procedimientos propuestos para la producción de sal.

 - **Criterio de evaluación**
Discusión acerca de la presentación.

 - **Metodología**
Se realizó una presentación en power point con todos los puntos del contenido para exponer y explicar el nuevo diseño de la máquina mezcladora.
- **Presentación:** presentación del diseño de la máquina mezcladora a la comisión nacional de fortificación de Guatemala.

- Descripción
Esta presentación tiene el fin de dar a conocer el diseño de la nueva máquina mezcladora de yodo y flúor para sal abarcando todos los aspectos importantes que este conlleva, explicando de manera sencilla el trabajo realizado durante la realización del ejercicio profesional supervisado.

- Objetivo
Exponer a los docentes de AOSP la nueva propuesta para el procedimiento de mezcla de yodo y flúor para las pequeñas salinas del país.

- Contenido
 - ✓ Introducción acerca de la problemática de la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor.
 - ✓ Procedimiento para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Herramientas utilizadas para la realización del diseño de la máquina.
 - ✓ Nueva propuesta para mezclar yodo y flúor con sal.
 - ✓ Presentación de los nuevos procedimientos propuestos para la producción de sal.

- Criterio de evaluación
Discusión acerca de la presentación.

- Metodología
Se realizó una presentación en power point con todos los puntos del contenido para exponer y explicar el nuevo diseño de la máquina mezcladora.
- Capacitación: procedimientos industriales para la producción de sal
 - Descripción
Esta capacitación da a conocer cuáles son los procedimientos industriales utilizados en diferentes salinas internacionales. Proporciona todos los datos importantes acerca de los mismos así como las ventajas de aplicarlos en las salinas de Guatemala.
 - Objetivo
Conocer los procedimientos industriales utilizados en otros países para la producción de sal.
 - Contenido
 - ✓ Producción de sal a gran escala.
 - ✓ Procedimientos industriales para la producción de sal.
 - ✓ Beneficios de la aplicación de procedimientos industriales para la aplicación de sal.
 - Criterio de evaluación
No se evalúa.

- Metodología
Para esta capacitación se realizará una conferencia formal en un salón amplio para comodidad de los participantes dando lugar a una discusión general del tema.
- Capacitación: aspectos técnicos para la fortificación de sal
 - Descripción
Esta capacitación expone el procedimiento principal de la producción de sal como lo es la fortificación de la sal con yodo y flúor. Es necesario conocer los métodos y herramientas utilizadas, tipos de sal que se pueden fortificar, requisitos que la sal debe cumplir para poder fortificarse entre otros.
 - Objetivo
Conocer los dos métodos técnicos (húmedo y seco) para la fortificación de sal entre otros aspectos técnicos de este procedimiento.
 - Contenido
 - ✓ Requisitos para fortificar la sal.
 - ✓ Métodos para la fortificación de sal.
 - ✓ Cálculos necesarios para la fortificación de sal.
 - ✓ Procedimientos para determinar los niveles de yodo y flúor en la sal.

- Criterio de evaluación
No se evalúa.
 -
 - Metodología
Para esta capacitación se realizará una conferencia formal en un salón amplio para comodidad de los participantes dando lugar a una discusión general del tema.
- Capacitación: maquinaria industrial utilizada para la producción de sal
- Descripción
Durante esta capacitación se darán a conocer la diferente maquinaria utiliza para el procesamiento de la sal cruda a nivel industrial. Se conocerán datos técnicos, funcionamiento, aplicación y disponibilidad de dicha máquina creando un criterio para determinar el tipo de máquina que se podría utilizar en Guatemala.
 - Objetivo
Conocer la maquinaria industrial utilizada en la industria para la producción de sal a nivel industrial.
 - Contenido
 - ✓ Maquinaria utilizada en Guatemala para la producción actual de sal.
 - ✓ Maquinaria industrial para procedimientos industriales en la producción de sal.

- ✓ Procedimiento para elegir maquinaria para la producción de sal.

- Criterio de evaluación
No se evalúa.

- Metodología
Para esta capacitación se realizará una conferencia formal en un salón amplio para comodidad de los participantes dando lugar a una discusión general del tema.

- Procedimiento de capacitación
El procedimiento de capacitación se divide en diferentes fases, las cuales contienen diferentes temas a impartir. Estas fases no tienen secuencia ya que las mismas son independientes pero todas son parte de un mismo objetivo. El procedimiento se detalla a continuación en la siguiente tabla:

Tabla CXX. Procedimiento de plan de capacitaciones

Procedimiento de plan de capacitaciones							
Fase 1 problemática actual sobre la fortificación de sal con yodo y flúor							
Código	Capacitación/ contenido	Objetivo	Personal involucrado		Duración	Metodología	Recursos
			Capacitador	Capacitado			
C1	Fundamentos teóricos sobre la producción de sal.	Dar a conocer los aspectos técnicos básicos sobre la producción de sal.	Director del área de odontología sociopreventiva	Docentes AOSP y autoridades de la Facultad de Odontología.	2 horas	Charla	-Cañonera -PC -Material escrito
C2	Situación actual de la producción de sal en Guatemala.	Dar a conocer los procedimientos actuales para la producción de sal utilizados por las salineras del país.	Director del área de odontología socio preventiva	Docentes AOSP y autoridades de la Facultad de Odontología.	2 horas	Presentación	-Cañonera -PC -Material escrito
C3	Impacto de la no fortificación de la sal con yodo y flúor.	Mostrar el impacto que tiene el no consumo de yodo y flúor en la población guatemalteca.	Director del área de odontología socio preventiva	Docentes AOSP y autoridades de la Facultad de Odontología.	1 ½ hora	Conferencia	-Cañonera -PC -Salón de conferencias
C4	Aportes a la salud por el consumo de sal con yodo y flúor.	Impartir los beneficios que se obtiene con el consumo de sal fortificada.	Director del área de odontología socio preventiva	Docentes AOSP y autoridades de la Facultad de Odontología.	1 ½ hora	Conferencia	-Cañonera -PC -Salón de conferencias
	Observación de los procedimientos para la producción de sal.	Observar de forma directa los procedimientos que se realizan en Guatemala para producir sal.	Director del área de odontología sociopreventiva.	Docentes AOSP		Visita técnica	-Transporte -Viáticos
Fase 2. Capacitación técnica de los procedimientos para la producción de sal							
C5	Procedimientos industriales para la producción de sal.	Conocer los procedimientos industriales utilizados en otros países para la producción de sal.	Asesor externo	Docentes de AOSP	4 horas	Conferencia	-Cañonera -PC -Sala de conferencias. -Material de apoyo.
C6	Aspectos técnicos para la fortificación de sal.	Conocer los dos métodos de fortificación de sal (húmedo y seco) técnicamente.	Asesor externo	Docentes de AOSP	4 horas	Conferencia	-Cañonera -PC -Sala de conferencias -Material de apoyo
C7	Maquinaria industrial utilizada para la producción de sal.	Saber qué tipo de maquinaria existe en la industria para producir sal bajo altos estándares de calidad.	Asesor externo	Docentes de AOSP	3 horas	Conferencia	-Cañonera -PC -Sala de conferencias -Material de apoyo

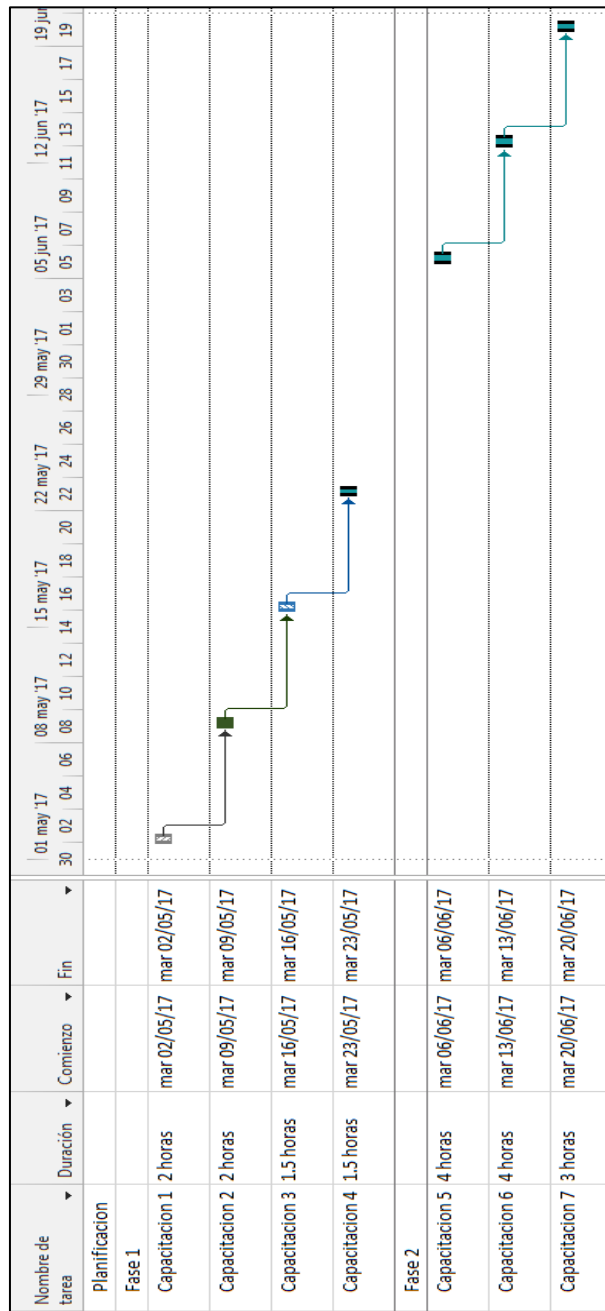
Continuación de la tabla CXX.

fase 3. introducción del diseño de la maquina mezcladora de yodo y flúor para sal							
C8	Presentación del diseño de la maquina al área de AOSP.	Que los docentes de AOSP conozcan una nueva propuesta para el proceso de fortificado de la sal.	Epesista Ingeniería	Docentes AOSP	2 horas	Presentación	-Cañonera -PC -Prototipo de máquina -Sala de conferencias
C9	Presentación del diseño de la maquina mezcladora a junta directiva de la facultad de Odontología.	Dar a conocer a la junta directiva de la facultad de Odontología un nuevo prototipo de una maquina mezcladora de yodo y flúor para sal.	Epesista Ingeniería	Miembros junta directiva de la facultad de Odontología.	1 hora	Presentación.	-Cañonera -PC -Prototipo de máquina -Sala de conferencias
C10	Presentación del diseño de la maquina mezcladora a la comisión nacional de salud bucal (CONASABU).	Presentar a la CONASABU una propuesta del diseño de una maquina mezcladora de yodo y flúor para sal, para los micros productores de sal de Guatemala.	Epesista Ingeniería	Miembros de la CONASABU	2 horas	Presentación	-Cañonera -PC -Prototipo de máquina -Sala de conferencias -Transporte
C11	Presentación del diseño de la maquina mezcladora a la asociación de micro salineros de Guatemala.	Mostrar el nuevo prototipo de la maquina mezcladora de yodo y flúor para sal para conocer que piensan los microsalineros de la nueva propuesta.	Epesista Ingeniería	Integrantes de la asociación de microsalineros de Guatemala	2 horas	Presentación	-Cañonera -PC -Prototipo de máquina -Sala de conferencias -Transporte
C12	Presentación del diseño de la máquina mezcladora a la Comisión Nacional de Fortificación de Guatemala (CONAFOR)	Presentar a una nueva alternativa a la problemática de la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor a la CONAFOR	Epesista Ingeniería	Integrantes de la CONAFOR	2 horas	Presentación	-Cañonera -PC -Prototipo de máquina -Sala de conferencias. -Transporte

Fuente: elaboración propia.

- Planificación

Figura 45. Planificación del plan de capacitaciones



Fuente: elaboración propia.

4.3. Evaluación de resultados

En esta sección se evalúan los conocimientos adquiridos a lo largo del plan de capacitaciones y mide el grado de eficiencia del plan propuesto. Como se ha mencionado antes, los doctores de la facultad de odontología y en especial los doctores del área odontología sociopreventiva deben de poseer los conocimientos necesarios para plantear soluciones a las diferentes problemáticas que se manejan dentro del área. Para esto se realiza una evaluación que permita no solo a los docentes conocer el grado de conocimiento adquirido sino también a los diferentes expositores de los temas del plan de capacitaciones.

Para esto se pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- Mejorar la actividad docente con una capacitación extracurricular que formara nuevos docentes para generar propuestas y soluciones a la problemática actual.
- Proporcionar al profesores evidencias de la relación que existe entre la problemática de la falta de fortificación de sal y su docencia para la mejora continua y el perfeccionamiento de sus actuaciones.
- Facilitar la toma de decisiones fundamentada de las autoridades académicas a partir de la evaluación de la actividad docente, dando a conocer los resultados obtenidos por medio de la evaluación.
- Medir la capacidad de retención de conocimiento de los docentes de todos los temas impartidos en el plan de capacitaciones.
- Dar a conocer las nuevas habilidades y conocimientos adquiridos por los docentes por medio de una evaluación objetiva.

Continuación de la tabla CXXI.

7- métodos de fortificación de sal y de una breve explicación de cada uno.	Menciones los dos
8- necesaria para realizar una producción con estándares de calidad y procedimientos industriales?	¿Qué maquinaria es
9- funcionamiento básico del diseño propuesto de la máquina mezcladora de sal.	Explique el
10- desarrolle un plan de soluciones para mitigar la problemática de la falta de fortificación de sal con yodo y flúor en Guatemala.	Bajo su criterio

Fuente: elaboración propia.

4.4. Costo de la propuesta

Para el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento se debe incurrir en un costo para el desarrollo de las diferentes actividades. Para esto se hace un detalle de los costos tratando que los mismos sean los mínimos posibles.

Tabla CXXII. Costo de la propuesta del plan de capacitaciones

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Humano	Asesoría externa (gastos de viáticos)	1	Q 2000,00	Q 2,000.00
Material	Salón de conferencias	1	Q 0,00	Q 0.00
	Cañonera	1	Q 0,00	Q 0.00
	Pizarrón	1	Q 0,00	Q 0.00
	Computadora	1	Q 0,00	Q 0.00
	Material de apoyo (fotocopias)	1	Q 200,00	Q 200.00
	Marcadores	5	Q10,00	Q 50.00
	Combustible	50 galones	Q 20,00	Q 1 000.00
	Microbús	1	Q 0,00	Q 0.00
Financiero	Recurso humano	2 catedráticos	Q 0,00	Q 0.00
	Recurso material (viáticos)		Q 1 000,00	Q 1000.00
Total estimación de costos				Q 4 250.00

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El diseño de la máquina fue realizado bajo tres condiciones básicas: bajo costo, fácil uso y posible fabricación. El bajo costo es la primera condición, el diseño contempla dentro de su propuesta del material de construcción un acero común pero con características de durabilidad, maleabilidad y disponibilidad, lo cual reduce el costo de forma considerable. La segunda condición de fácil uso permitió proponer un diseño sencillo, de fácil carga/descarga sin afectar el desempeño de la máquina. El diseño propuesto consta de tres partes importantes: silo de mezcla, tornillo homogenizador y estructura de soporte, lo cual hace relativamente sencillo la construcción de la máquina.
2. Los procedimientos actualmente utilizados en las microsalerías son antiguos y artesanales, los cuales no aseguran una buena calidad de la sal haciéndola no apta para el consumo humano ni para fortificarla con yodo y flúor, a esto es necesario agregar que dichos procedimientos no son monitoreados por las entidades encargadas de velar que la producción de sal cumpla con los requisitos mínimos de calidad. Para esto se propone la nueva implementación de la documentación de los procedimientos que en este ejercicio profesional supervisado se proponen, para mejorar la calidad y las condiciones de la producción de sal en Guatemala.
3. El tipo de máquina que este diseño contempla es una máquina para una producción no continua y de bajo volumen de producción, esto se debe a que los microsalerías mantienen una baja producción por zafra para lo

cual se propone que se trabaje el procedimiento de fortificación de sal pro *batch*. La capacidad de la máquina es de una tonelada por batch lo cual es lo suficiente para realizar el procedimiento de fortificación de las salineras, logrando satisfacer las necesidades de los microsalineros.

4. El diseño de la máquina es una solución a la problemática, a la falta de fortificación de la sal con yodo y flúor, ya que la misma permite mezclar yodo y flúor con la sal de una forma homogénea cumpliendo con el acuerdo de fortificación de sal en Guatemala. Esta solución abarca mucho más de cumplir con dicho acuerdo ya que también proveerá a la población guatemalteca los dos micronutrientes: el yodo y el flúor.
5. La documentación de los procedimientos permitirá tener todos los datos técnicos que se deben de aplicar en la producción de sal, lo cual nos garantiza un aumento en la calidad de la sal. Esta documentación se basa en la observación e investigación de los procedimientos industriales utilizados actualmente, los cuales se detallan dentro de este proyecto de una forma básica y sencilla para su fácil comprensión.
6. A este proyecto se agrega un plan de capacitaciones que proveerá a los docentes los conocimientos necesarios para crear nuevas soluciones para mitigar la problemática de la falta de fortificación en la sal. Este plan tiene como línea de partida exponer la situación actual y los problemas que genera la falta de fortificación de yodo y flúor en la sal. Seguido de esto se da a conocer una de las propuestas a la problemática como lo es el diseño de la máquina mezcladora, lo cual nos sirve para ejemplificar el trabajo realizado dentro del área de odontología sociopreventiva.

RECOMENDACIONES

1. Al director del área de odontología sociopreventiva, continuar con la iniciativa y la participación en la búsqueda de nuevas soluciones que permitan una mejora en la calidad de la producción de sal para el consumo humano. Creando y diseñando nuevos programas en conjunto con otras facultades en busca de la mejora continua y la aplicación del programa de fortificación de yodo y flúor para sal.
2. Al director de AOSP, procurar, en la medida de lo posible, llevar a cabo el plan de capacitaciones aquí propuesto para los docentes del área para fortalecer y obtener una ayuda más concreta en la problemática de la mala fortificación de la sal.
3. A los docentes de AOSP, tener una mayor participación en las iniciativas por la mejora de los diferentes programas del área, para ser un apoyo de los dirigentes de los mismos, ya que actuando conjuntamente se desarrollará de una mejor manera nuevas y prontas soluciones que tanto se necesita en nuestro país.
4. A las entidades involucradas en este proyecto; continuar con el apoyo brindado hoy en día al área de odontología socio preventiva, para la realización de proyectos como este, que unen en una sola entidad en busca de una solución que garantice el bienestar de la población guatemalteca, que tanta deficiencias posee hoy en día en su alimentación diaria.

5. A la Facultad de Ingeniería, facilitar el recurso humano a entidades como lo es el área de odontología socio preventiva de la facultad de odontología, que permita crear y proponer en un trabajo mutuo nuevas soluciones a las deficiencias de las entidades públicas de nuestro país, forjando un mayor progreso para nuestro país, a bajo costo y con la seguridad y calidad que la universidad de san Carlos no proporciona.

BIBLIOGRAFÍA

1. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. *Tornillos sin fin*. [en línea]. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/tornillos_sin_fin.pdf>. [Consulta: 7 de mayo de 2015].
2. Empresa Kupper. *Especificaciones de aceros*. [en línea]. <<http://www.kupfer.cl/catalogos/catalogo-general/ACEROS.pdf>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2015].
3. FERNÁNDEZ ARÉVALO, Mercedes. *Sólidos pulverulentos*. [en línea]. <http://personal.us.es/mfarevalo/recursos/tec_far/polvos.pdf>. [Consulta: 13 de agosto de 2015].
4. Guía empresarial. *Procesos y flujos de la sal*. [en línea]. <<http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.aspx?s=14&guia=14&giro=1&ins=911>>. [Consulta: 16 de marzo de 2015].
5. LARBURU, Nicolas. *Prontuario de máquinas y herramientas*. España: Ediciones Paraninfo, 1989. 632 p.
6. MARCS, *Manual del ingeniero mecánico*. 9a ed. México: McGraw-Hill, 2001. 675 p.

7. MARISCAL UZQUEDA, Jose Antonio. *Producción de sal para consumo humano*. [en línea]. <http://www1.paho.org/hq/dmdocuments/2009/OH_BOL_ProducSalConsumHuman1995.pdf>. [Consulta: 17 de junio de 2015].
8. MARTIN, Manuel. *Manejo de materiales a granel*. [en línea]. <[http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalogscrew-conveyor/manejo-de-materiales-a-granel-\(bulk-materialhandling\).pdf?sfvrsn=6](http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalogscrew-conveyor/manejo-de-materiales-a-granel-(bulk-materialhandling).pdf?sfvrsn=6)>. [Consulta: 10 de junio 2015].
9. MATTOLINI Miguel Angel. *Máquinas y equipos industriales, elementos mecánicos, Diseño en ingeniería mecánica, series de máquinas*. Argentina: Facultad Regional Mendoza, 2004. 508 p.
10. MOTT, Robert L. *Resistencia de materiales*. 5a ed. México: Pearson Educación, 2009. 439 p.
11. NIETO QUIJORNA Antonio Javier. *Elementos de máquinas*. [en línea]. <https://www.uclm.es/area/imecanica/AsignaturasWEB/Elementos_Maquinas/Problemas/Fatiga_Fractura.pdf>. [Consulta: 6 de septiembre de 2015].
12. Norma Técnica Ecuatoriana. *Flúor en la sal*. [en línea]. <<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.n.te.2254.2000.pdf>>. [Consulta: 12 de junio de 2015].
13. _____. *Yodo en la sal*. [en línea]. <<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.n.te.0054.2010.pdf>>. [Consulta: 18 de junio 2015].

14. _____. *Sal para consumo humano requisitos*. [en línea]. <<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0057.2010.pdf>>. [Consulta: 2 de julio de 2015].
15. Norma Técnica de Prevención. *Prevención de riesgos en el laboratorio: ubicación y distribución*. [en línea]. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_550.pdf>. [Consulta: 18 de octubre de 2015].
16. _____. *Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño*. [en línea]. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_551.pdf>. [Consulta: 13 de octubre de 2015].
17. *Perfil del mercado de la sal*. [en línea]. <http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_sal_1013.pdf>. [Consulta: 9 de marzo de 2015].
18. SHIGLEY J. *Diseño en ingeniería mecánica*. 8a ed. Mc. México: McGraw-Hill, 2002. 1092 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Visitas técnicas a las salineras**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Capacitación del funcionamiento de la máquina fortificadora**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Presentación del ejercicio profesional supervisado a la junta directiva de la Facultad de Odontología**



Fuente: elaboración propia.


Apéndice 4. **Prototipo de la máquina mezcladora**



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Cotización de costos de materiales para la construcción de la máquina



www.mainco.com.gt
inoxidable@mainco.com.gt



Mainco, S. A.
EXPERTOS EN ACERO INOXIDABLE
15 Av. "A" 5-21 Zona 1, Guatemala, Guatemala
PBX: (502)-23868787
Cotización No. 29172

18-Apr-2016
2:35:57PM

Atención A: WAGNER LOPEZ

Estimado Cliente es un gusto para nosotros el poder ofertar los siguiente productos.

No Cotización:	29172	Fecha Entrega:	18/Apr/2016
Cliente:	WAGNER LOPEZ TOLEDO	Lugar Entrega:	UNIVERSIDAD DE SN CARLOS DE GUATEMALA
Nit:	6632586-2	Persona Recibe:	Wagner
Forma de Pago:	Contado		
Tiempo de Entrega:	-		

Cantidad	Imagen	Código	UM	Descripción	Peso	Precio U.	Total
1.00		SHEET#283044X8-2.0M	Un	LAMINA LISA ACERO INOXIDABLE SS304 2B FINISH 2.0MMX4X8 PVC	47.90	Q. 1,220.00	Q. 1,220.00
1.00		SHEET#4-304-4X10-3.0F	Un	LAMINA LISA ACERO INOXIDABLE SS304 #4 3.0MMX4X10 PVC	87.31	Q. 2,122.30	Q. 1,990.00
1.00		V4801-000450050	Un	VALVULA MARIPOSA SOLDABLE SS304L 2" INOXPA ESPAÑA SIMANERAL el maneral viene por separado	1.31	Q. 539.36	Q. 539.36
1.00		V9130-0004025	Un	MANERAL MULTIPOSICION 304L DN 25-100 / 1" - 4" este es para la válvula	0.37	Q. 94.68	Q. 94.68
6.00		TOYO2230	MIL	TUBO CUADRADO DECORATIVO SS304 2X2X3.0	26.46	Q. 140.64	Q. 843.84

Unidades Totales	Líneas en Cotización	Peso Total en KG.	Total Cotización:
10.00	5	163.35	Q. 4,687.88

CUATRO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y SIETE QUETZALES CON 88/100

Observaciones:
tubería cotizada en metros, cada tubo tiene 6mts de largo
NO ACEPTAMOS CAMBIOS NI DEVOLUCIONES
Tiempo de validez de la oferta 8 días sujeto a existencias.

- TODO PAGO CON TARJETA DE CREDITO O DEBITO TENDRA UN RECARGO DEL 3.5% AL TOTAL DE SU COTIZACION







Sala de Ventas

General	f.)	f.)
Elaborado por: Lorena Mendoza	Revisado	Autorizado

GRACIAS POR CONFIAR EN LOS EXPERTOS EN ACERO INOXIDABLE
Page 1 of 1

Fuente: empresa Mainco, S. A.

Anexo 2. Cotización del motor eléctrico para la máquina mezcladora

 INCAPROSA <small>INDUSTRIAS SALGADO PROSAR S.A.</small> 18 CALLE 1-65 ZONA 1 22044111 FAX 22044050 Emitir cheque/ orden de compra a nombre de INCAPROSA NIT 2354048-6		VENDEDOR DEPARTAMENTO CELULAR No E-MAIL VANESSA AVILA INDUSTRIAL 5523-4316 mindustrial@incaprosa.com		
COTIZACION				
EMPRESA SOLICITADO POR TELEFONO CORREO WAGNER LOPEZ wagnerf48@gmail.com	FECHA No. DOCTO. 18/04/2016 18042016			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	MOTOREDUCTOR A 90° 5 HP TRIFASICO RATIO 10/1 V 208-230/460 RPM FINALES 170 APROX. EJE DE SALIDA 42 MM MARCA WEG/BONFIGLIOLI	1	Q10,900.00	Q10,900.00
	MOTOREDUCTOR A 90° 7.5 HP TRIFASICO RATIO 10/1 V 208-230/460 RPM FINALES 170 APROX. EJE DE SALIDA 42 MM MARCA WEG/BONFIGLIOLI	1	Q11,500.00	Q11,500.00
				Q22,400.00
OBSERVACIONES				
1 Los precios cotizados podrían variar dependiendo de la tasa de cambio del día de la facturación 2 Precios incluyen IVA 3 Sujetos a existencia al momento de facturación			TOTAL	Q 6,075.50
TOTAL EN LETRAS			SEIS MIL SETENTA Y CINCO CON 50/100 QUETZALES	
TIEMPO DE ENTREGA LUGAR DE ENTREGA FORMA DE PAGO VALIDEZ DE LA OFERTA ENMEDIATA EN SUS BODEGAS CREDITO SALVO PREVIA VENTA	National   Power & Control Solutions    Rodamientos			

Fuente: empresa Incaprosa.

Anexo 3. Cotización del costo del material para la construcción del eje del tornillo homogenizador

TECNIACEROS

Cotización 65215

Código SAU010008 **Descripción** BARRA REDONDA ACERO INOX 304 2 " 1 Pieza de 2 mts

UM PULGADA

Precio UM	Cantidad UM	Total
25.822784	79.00	Q 2.040.00
Total:		Q 2.040.00

Cliente: C6632586-2 - Universidad de San Carlos de Guatemala
Teléfono: 4946-4937
Contacto: Wagner Lopez.
Email:

Fecha: 19/04/2016
Condición de pago: Contado /ANTICIPADO
Tipo de Cambio: 1.00

Cheques a nombre de INVERSIONES R.M., S.A.
 Cotización sujeta a cambios y existencias.
 Precios válidos por la cantidad cotizada.
 Todos los precios incluyen IVA.
NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

PARA SU COMODIDAD, AHORA ACEPTAMOS TARJETAS DE CREDITO Y DEBITO (APLICA RECARGO DEL 4%)

- Tolerancias dimensionales según norma.
- Tolerancia de corte: Rango entre (-0/+20) mm según diámetro o espesor
- Mayor información contactar a su asesor.

Mariana Valdez
 ventas2@tecniaceros.com
 2329-8905

ACERO INOXIDABLE • ACEROS ESPECIALES
ACEROS ANTIDESGASTE • BRONCE • ALUMINIO
HIERRO FUNDIDO • PLÁSTICOS DE INGENIERIA

• 23 Av. 31-53 Zona 12 Col. Santa Elisa, Guatemala, C.A.
• PBX: (502) 2329-8900 • Fax: (502) 2477-0503
• ventas@tecniaceros • www.tecniaceros.com

Fuente: empresa Tecniaceros.

