



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR  
DE ATLIXCO**

*Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Puebla*

**NOMBRE DEL TRABAJO**

**Reingeniería del área de centrifugación en la batería  
A en la empresa ZUCARMEX.**

**OPCIÓN**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**Ingeniero Industrial**

PRESENTA:

**Luis Eduardo Sanchez Romero**

**ASESOR: M. en C. Juan Sabino Martínez Romero**

ATLIXCO, PUE. 22 DE SEPTIEMBRE

## Dedicatoria

A mis padres

Dedico esta tesis a mis padres con todo mi corazón, pues sin ellos no lo habría logrado. Por darme el ejemplo de superación, humildad y sacrificio. Enseñándome a valorar lo que tengo y celebrar mis triunfos.

”¿En que infierno acabaremos los equivocados, los que no fuimos genios, los que no fuimos dioses, los que sobrevivimos de prestado, que conocimos la luz y nos detuvimos a jugar con las sombras?

¿Que será de los vencidos ilesos?”

José Sbarra.

# Agradecimientos

- El Ing. Ignacio Flores Becerra.
- El Ing. Alberto Rojas Cornejal.  
Por su apoyo y conocimientos brindados durante mi estadía.
- El M.C. Juan Sabino Martínez Romero.  
Por los conocimientos brindados durante la elaboración de este trabajo.
- El Ing. Cesar Sánchez de la Luz.  
Por su ayuda y valiosos consejos.
- En memoria del Sr. Mauro Reyes Vizcaíno.  
Por brindarme sus conocimientos y experiencias.
- El Sr. Clemente Cruz, El Sr. Ramiro Martínez.  
Por brindarme sus conocimientos y experiencias.

## Resumen

El presente estudio, Reingeniería del área de centrifugación en la batería de A en la empresa ZUCARMEX, en el periodo Agosto 2020-Febrero 2021, tiene como objeto demostrar que el replanteamiento y rediseño de los procesos pueda ser la respuesta a optimizar la productividad. La investigación se realizó en el municipio de Chietla- Puebla, donde esta ubicada la empresa. Se contó con la participación de personal interno y dirigentes de la misma, quienes junto a métodos utilizados como analíticos, deductivos , inductivos, bibliográficos, técnicas de ingeniería y el mapeo de flujo de valor, se diagnostico la situación actual de la empresa, así implementar la propuesta de mejora continua.

Dentro de la propuesta se han planteado cambios en la infraestructura del área de centrifugas, enfocándose en el transporte de azúcar húmeda de la batería A con la finalidad de crear procesos eficientes. Como resultado se llega a la conclusión, que para los procesos sean eficientes se debe conocer a fondo la infraestructura que se involucra en el proceso, de manera que junto con herramientas de calidad se puede dar solución al problema y lograr la mejora continua.

**Palabras clave: Reingeniería, mapeo de flujo de valor, proceso, mejora continua.**

## Abstract

The present study, Reengineering of the centrifugation area in the battery of A in the company ZUCARMEX, in the period August 2020-February 2021, aims to demonstrate that the rethinking and redesign of the processes can be the answer to optimize productivity. The research was conducted in the municipality of Chietla-Puebla, where the company is located. Internal personnel and managers of the company participated in the research, who together with methods such as analytical, deductive, inductive, bibliographic, engineering techniques and value stream mapping, diagnosed the current situation of the company and implemented the proposal for continuous improvement.

Within the proposal, changes in the infrastructure of the centrifuge area have been proposed, focusing on the transport of wet sugar from battery A in order to create efficient processes. As a result, the conclusion was reached that in order for the processes to be efficient, the infrastructure involved in the process must be thoroughly understood, so that together with quality tools, a solution to the problem can be found and continuous improvement can be achieved.

**Keywords: : Reengineering, value stream mapping, process, proposal of continue improvement.**

# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen</b>	<b>V</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de tablas</b>	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b>	<b>XVI</b>
<b>1. Capítulo 1. Generalidades del Proyecto.</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la Empresa. . . . .	1
1.2. Planteamiento del problema. . . . .	4
1.3. Hipótesis. . . . .	5
1.4. Objetivos. . . . .	5
1.5. Justificación. . . . .	6
1.6. Alcances. . . . .	6
1.7. Limitaciones. . . . .	6
<b>2. Capítulo 2. Marco teórico.</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes. . . . .	7
2.1.1. Época Colonial en México. . . . .	8
Privatización azucarera. . . . .	9
2.1.2. La caña de azúcar en México. . . . .	11
Distribución global de la caña de azúcar. . . . .	11
Distribución nacional de la caña de azúcar. . . . .	11
Aplicaciones industriales . . . . .	12
2.1.3. La caña de azúcar: Saccharum officinarum. . . . .	13
Clasificación botánica . . . . .	16
2.1.4. Cultivo de caña de azúcar: Saccharum officinarum. . . . .	16
Germinación y emergencia . . . . .	17
Amacollamiento o ahijamiento . . . . .	17
Rápido crecimiento . . . . .	17
Maduración . . . . .	18
Cosecha. . . . .	18

2.2.	Proceso de elaboración de azúcar. . . . .	19
2.2.1.	Etapas del proceso para la elaboración de azúcar estándar. . . . .	21
	Batey (Recepción y preparación de caña) . . . . .	21
	Extracción (Molinos) . . . . .	21
	Clarificación. . . . .	23
	Evaporación. . . . .	24
	Cristalización. . . . .	24
	Centrifugación. . . . .	25
	Secado. . . . .	26
	Envase. . . . .	27
	Fundición (Reproceso). . . . .	28
2.3.	Generalidades del Centrifugado . . . . .	28
	Definición de la Centrifuga. . . . .	28
	Historia de la centrifuga . . . . .	30
	Descripción de la centrifuga . . . . .	30
2.3.1.	Tipos de centrifugas . . . . .	31
2.4.	Transportador helicoidal . . . . .	34
2.4.1.	Componentes del Transportador helicoidal . . . . .	35
2.4.2.	Tipos de Helicoidales . . . . .	37
2.4.3.	Procedimiento de diseño de transportadores helicoidales . . . . .	42
2.5.	Elevador de cangilones . . . . .	43
2.5.1.	Componetes de elevador de cangilones. . . . .	44
2.5.2.	Tipos de elevadores de cangilones . . . . .	46
2.6.	Resistencia mecánica a fatiga . . . . .	47
2.7.	Mapa de Flujo de Valor (VSM) . . . . .	51
2.8.	Diagrama Causa-Efecto . . . . .	59
	Metodología . . . . .	60
<b>3.</b>	<b>Capítulo 3. Desarrollo.</b>	<b>62</b>
3.1.	Departamento de Centrifugas . . . . .	62
3.2.	Batería de centrifugas de A. . . . .	66
3.3.	Mapeo flujo de valor (VSM). . . . .	70
3.3.1.	Análisis de azúcar máxima producida por la batería A. . . . .	70
	Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7 . . . . .	70
	Centrifuga Tipo Bache Silver 2250/s de 72x47-10 . . . . .	73
3.3.2.	Peso específico de azúcar A: azúcar entregada al transportador helicoidal. . . . .	75
3.3.3.	Recolección de la información: . . . . .	80
3.3.4.	Análisis de azúcar real producida por la batería A: . . . . .	81
3.3.5.	Diagnóstico del Mapa de flujo de valor: Actual. . . . .	83
3.3.6.	Antecedentes del transportador de azúcar húmeda de A . . . . .	83

3.3.7. Diagrama de Ishikawa: Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A. . .	87
3.3.8. Diagrama de Ishikawa: Elevador de azúcar húmeda. . . . .	94
3.3.9. Análisis de Selección de Transportador Helicoidal . . . . .	99
3.3.10. Análisis de resistencia mecánica a la fatiga . . . . .	107
Cálculo de resistencia a Espiga. . . . .	107
Cálculo de resistencia a tubo central helicoidal. . . . .	116
Conclusión análisis de fatiga a componentes internos del transportador helicoidal. . . . .	120
3.4. Mejora en la reubicación de elevador de azúcar húmeda de A y transportador helicoidal de A. . . . .	121
<b>4. Capítulo 4. Discusión de Resultados</b>	<b>142</b>
4.1. Proceso de reubicación de Transportador de azúcar húmeda de A y Elevador de azúcar húmeda de A. . . . .	142
4.2. Reubicación elevador de azúcar húmeda de A. . . . .	147
4.3. Reubicación Transportador Helicoidal de Azúcar Húmeda de A. . . . .	156
4.4. Mapa de flujo de valor: Futuro. . . . .	166
<b>5. Conclusiones</b>	<b>169</b>
<b>A. Anexo A: P. Selección de transportador helicoidal por Martín S.</b>	<b>172</b>
<b>B. Anexo B: Check liste de mantenimiento del área de centrifugación.</b>	<b>189</b>
<b>C. Anexo C: Presupuestos por transportador de azúcar y elevador de azúcar.</b>	<b>191</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>194</b>

# Lista de Figuras

1-1. Ubicación de Ingenio Azucarero Atencingo. [CONADESUCA, 2017]. . . . .	1
1-2. Industrial Azucareo Atencingo. . . . .	2
1-3. Ubicación de ingenios ZUCARMEX. [ZUCARMEX, 2020]. . . . .	4
2-1. Países productores de caña de azúcar. [CONADESUCA, 2015]. . . . .	12
2-2. Estados productores de caña de azúcar. [CONADESUCA, 2015]. . . . .	13
2-3. <i>Saccharum officinarum</i> . [Wikipedia, 2022b] . . . . .	13
2-4. Estructura química del azúcar.[Wikipedia, 2022a] . . . . .	14
2-5. Etapas de cultivo de la caña de azúcar. [Telléz García et al., 2018]. . . . .	16
2-6. Diagrama de proceso de elaboración de azúcar. . . . .	20
2-7. Área de Batey . . . . .	21
2-8. Área de Molinos . . . . .	22
2-9. Área de Clarificación. . . . .	23
2-10.Área de Evaporación. . . . .	24
2-11.Área de Cristalización. . . . .	25
2-12.Área de Centrifugación. . . . .	25
2-13.Área de Secadores. . . . .	26
2-14.Área de Envase. . . . .	27
2-15.Partes de centrifuga Baches.[Saquimux, 2004] . . . . .	31
2-16.Partes de Centrifuga Continua.[Saquimux, 2004] . . . . .	33
2-17.Partes (1-2) de Transportador Helicoidal. [Helix, 2021]. . . . .	35
2-18.Transportador helicoidal estándar. [Helix, 2021]. . . . .	37
2-19.Transportador helicoidal cónico. [Helix, 2021]. . . . .	37
2-20.Transportador helicoidal paso reducido. [Helix, 2021]. . . . .	38
2-21.Transportador helicoidal de paletas. [Helix, 2021]. . . . .	38
2-22.Transportador helicoidal progresivo. [Helix, 2021]. . . . .	38
2-23.Transportador helicoidal con doble o triple paso. [Helix, 2021]. . . . .	39
2-24.Transportador helicoidal con corte. [Helix, 2021]. . . . .	39
2-25.Transportador helicoidal con muescas. [Helix, 2021]. . . . .	39
2-26.Transportador helicoidal sin eje central (Shaftless). [Helix, 2021]. . . . .	40
2-27.Transportador helicoidal con hélice hueca. [Helix, 2021]. . . . .	40
2-28.Transportador helicoidal listón con poste. [Helix, 2021]. . . . .	40
2-29.Transportador helicoidal con eje cónico. [Helix, 2021]. . . . .	41

<b>2-30.</b> Procedimiento de Selección de Transportador Helicoidal. [Sprocket, 2013] . . .	42
<b>2-31.</b> Partes de elevador de cangilones (1-2).[Sprocket, 2013] . . . . .	43
<b>2-32.</b> Diagrama de tensiones D1 y D2.[Galbarro, 2020]. . . . .	48
<b>2-33.</b> Diagrama de tensiones D3 y D4.[Galbarro, 2020]. . . . .	48
<b>2-34.</b> Diagrama de tensiones D5 y D6.[Galbarro, 2020]. . . . .	48
<b>2-35.</b> Diagrama de tensiones D7 y D8.[Galbarro, 2020]. . . . .	49
<b>2-36.</b> Diagrama de tensiones D9 y D10.[Galbarro, 2020]. . . . .	49
<b>2-37.</b> Diagrama de tensiones D11 y D12.[Galbarro, 2020]. . . . .	49
<b>2-38.</b> Diagrama de tensiones D13 y D14.[Galbarro, 2020]. . . . .	50
<b>2-39.</b> Diagrama de tensiones D15.[Galbarro, 2020]. . . . .	50
<b>2-40.</b> Diagrama de tensiones D16.[Galbarro, 2020]. . . . .	51
<b>2-41.</b> Pasos para la elaboración de un VSM.[López, 2019]. . . . .	51
<b>2-42.1.-</b> Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019]. . . . .	56
<b>2-43.2.-</b> Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019]. . . . .	56
<b>2-44.3.-</b> Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019]. . . . .	57
<b>2-45.4.-</b> Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019]. . . . .	57
<b>2-46.5.-</b> Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019]. . . . .	58
<b>2-47.</b> Estructura diagrama causa-efecto.[Tejada, 2018]. . . . .	59
<b>3-1.</b> Departamento centrifugación. . . . .	63
<b>3-2.</b> Batería de centrifugas de A. . . . .	64
<b>3-3.</b> Centrifuga: Silver weibull SW-2250/S, Tipo Bache, Batería de centrifugas de A. . . . .	65
<b>3-4.</b> Centrifuga: Western states machine company, Bache G8-C, Tipo Bache, Batería de centrifugas de A. . . . .	65
<b>3-5.</b> Transportador helicoidal de azúcar húmeda de A. . . . .	66
<b>3-6.</b> Batería de centrifugas A: Tipo Bache en el Ingenio Azucarero de Atencingo. . . . .	66
<b>3-7.</b> Diagrama de producción de azúcar enfocado en el área de centrifugación. . . . .	67
<b>3-8.</b> Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7. . . . .	70
<b>3-9.</b> Centrifuga Tipo Bache Silver 2250/s de 72x47-10. . . . .	73
<b>3-10.</b> VSM Actual . . . . .	82
<b>3-11.</b> Transportador helicoidal de azúcar húmeda de A. . . . .	83
<b>3-12.</b> Diagrama de Ishikawa: Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A. . . . .	87
<b>3-13.</b> Fractura de listón helicoidal de azúcar húmeda de A. . . . .	93
<b>3-14.</b> Boca de descarga de transportador de azúcar húmeda al elevador de azúcar húmeda. . . . .	93
<b>3-15.</b> Diagrama de Ishikawa: Elevador de azúcar húmeda . . . . .	94
<b>3-16.</b> Ubicación de elevador de azúcar húmeda de A, <i>Antes de la modificación.</i> . . . .	99
<b>3-17.</b> Plano del transportador de azúcar húmeda y elevador azúcar húmeda, Vista lateral. . . . .	99

<b>3-18.</b> Tabla 1-1: Código de Clasificación del Material. . . . .	100
<b>3-19.</b> Tabla 1-2: Características de los materiales. . . . .	102
<b>3-20.</b> Tabla 1-3: Factores de carga $CF_1$ . . . . .	103
<b>3-21.</b> Tabla 1-4: Factores de carga $CF_2$ . . . . .	103
<b>3-22.</b> Tabla 1-4: Factores de carga $CF_2$ . . . . .	103
<b>3-23.</b> Tabla 1-6: Tabla de capacidad de transportadores helicoidales. . . . .	104
<b>3-24.</b> Barra circular con detalle circunferencial sometida a flexión.[Norton, 2011] .	108
<b>3-25.</b> Propiedades mecánicas del acero 1045. . . . .	109
<b>3-26.</b> Barra circular con detalle circunferencial sometida a torsión.[Norton, 2011]. .	110
<b>3-27.</b> Barra circular con detalle circunferencial sometida a tensión.[Norton, 2011]. .	111
<b>3-28.</b> Barra circular con agujero transversal sometido a torsión.[Norton, 2011]. . .	113
<b>3-29.</b> Barra circular con agujero transversal sometido a flexión.[Norton, 2011]. . . .	115
<b>3-30.</b> Tubo circular con agujero transversal, sometidos a flexión.[Norton, 2011]. . .	117
<b>3-31.</b> Tubo circular con agujero transversal, sometidos a torsión.[Norton, 2011]. . .	118
<b>3-32.</b> Propiedades mecánicas del acero 304. . . . .	119
<b>3-33.</b> Tabla 1-6: Tabla de capacidad de transportadores helicoidales. . . . .	121
<b>3-34.</b> Comparativa de trabajo por parte de ZUCARMEX Y propuesto por Martín sprocket. . . . .	121
<b>3-35.</b> Plano del departamento de centrifugas antes de la modificación. . . . .	123
<b>3-36.</b> Plano del departamento de centrifugas despues de la modificación. . . . .	124
<b>3-37.</b> Diagrama de flujo: Movimiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A. . . . .	125
<b>3-38.</b> Diagrama de flujo: Desplazamiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A. . . . .	131
<b>3-39.</b> Diagrama de flujo: Retiro de elevador de azúcar húmeda. . . . .	132
<b>3-40.</b> Diagrama de flujo: Retiro de elevador de azúcar húmeda. . . . .	137
<b>4-1.</b> Diagrama Gantt de la mejora en el Transportador de azúcar húmeda de A, Part 1-2. . . . .	143
<b>4-2.</b> Diagrama Gantt de la mejora en el Transportador de azúcar húmeda de A, Part 2-2. . . . .	144
<b>4-3.</b> Diagrama Gantt de la mejora en el Elevador de azúcar húmeda de A, Part 1-2	145
<b>4-4.</b> Diagrama Gantt de la mejora en el Elevador de azúcar húmeda de A, Part 2-2	146
<b>4-5.</b> Punto de referencia de posición de elevador de azúcar húmeda. . . . .	147
<b>4-6.</b> Limites de modificación. . . . .	147
<b>4-7.</b> Desmontaje de cadena de elevador de azúcar húmeda. . . . .	147
<b>4-8.</b> Retiro de cajones de elevador parte superior.[Saquimux, 2004] . . . . .	148
<b>4-9.</b> Retiro de sprockets de parte alta del elevador de azúcar húmeda. . . . .	148
<b>4-10.</b> Movimiento de cajones de Elevador de azúcar húmeda en el piso de rotoclones.	148
<b>4-11.</b> Retiro de cajones de Elevador de azúcar en el piso de secadores . . . . .	149

4-12.Desmontaje de cajones de Elevador de azúcar húmeda. . . . .	149
4-13.Desmontaje de garganta bipartita. . . . .	149
4-14.Eliminación de garganta bipartida. . . . .	150
4-15.Retiro de tolvas de azúcar. . . . .	150
4-16.Retiro de tolvas de azúcar. . . . .	150
4-17.Retiro de gusanitos. . . . .	151
4-18.Retiro de artesa de gusanitos. . . . .	151
4-19.Área de posición de monolito Elevador y Transportador. . . . .	151
4-20.Base de cimentación de Elevador de azúcar húmeda y Transportador de azúcar húmeda. . . . .	152
4-21.Instalación de primeros cajones del elevador a la base. . . . .	152
4-22.Cajones correctamente alineados en base . . . . .	152
4-23.Instalación de flechas internas y sprockets dentro del elevador de azúcar húmeda.153	153
4-24.Instalación de cadena y cangilones. . . . .	153
4-25.Instalación de tapas parte inferior del elevador de azúcar húmeda. . . . .	153
4-26.Armado de la parte superior del elevador de azúcar húmeda. . . . .	154
4-27.Cajones de descarga de elevador de azúcar húmeda. . . . .	154
4-28.Orientación de gargantas de azúcar húmeda a los secadores. . . . .	154
4-29.Colocación de tubos de caída de azúcar a secadores. . . . .	155
4-30.Tubo de caída de azúcar ubicado en secador 1. . . . .	155
4-31.Tubo de caída de azúcar ubicado en secador 2. . . . .	155
4-32.Mejora aplicada al elevador de azúcar húmeda. . . . .	156
4-33.Primer intento de mejora con cambio de transmisión. . . . .	156
4-34.Reductor de velocidad Falk. . . . .	157
4-35.Ubicación de transmisión antes de la mejora. . . . .	157
4-36.Vista de descarga de Azúcar del transportador al elevador de azúcar. . . . .	158
4-37.Desinstalación de listones helicoidales, soportes intermedio y flechas intermedias.158	158
4-38.Artesa de transportador helicoidal alineada con elevador de azúcar. . . . .	158
4-39.Instalación de placa base de soporte de bastidor de carga transportador helicoidal primera sección. . . . .	159
4-40.Instalación de vigas de carga para bastidor primera sección transportador helicoidal. . . . .	159
4-41.Bastidor terminado primera sección transportador helicoidal. . . . .	159
4-42.Monolito de soporte para bastidor de carga segunda sección transportador helicoidal. . . . .	160
4-43.Monolito de soporte para bastidor de carga segunda sección transportador helicoidal. . . . .	160
4-44.Instalación de vigas de carga para bastidor: segunda sección transportador helicoidal. . . . .	160
4-45.Instalación de listones helicoidales, flechas intermedias y soportes internos. .	161

4-46.	Instalación de tapa de artesa, flecha principal y chumacera de pared. . . . .	161
4-47.	Instalación de transmisión, tipo: Dodge TA6307H15 (Plan A: Opción Original) primera Sección transportador helicoidal. . . . .	161
4-48.	Transmisión, Dodge TA6307H15, Primera sección transportador helicoidal. .	162
4-49.	Aplicación de pintura blanca a bastidor de carga primera sección transporta- dor helicoidal. . . . .	162
4-50.	Aplicación de pintura blanca a bastidor de carga primera sección transporta- dor helicoidal. . . . .	162
4-51.	Instalación de transmisión Tipo: Falk 2090 Y2 (Plan B), Primera sección transportador helicoidal. . . . .	163
4-52.	Instalación de transmisión Tipo: Dodge TA6307H15, segunda sección trans- portador helicoidal. . . . .	163
4-53.	Aplicación de pintura azul holandés a bastidor de carga segunda sección trans- portador helicoidal. . . . .	163
4-54.	Caída de azúcar con 52° de inclinación. . . . .	164
4-55.	Vista de caída de azúcar del transportador helicoidal al elevador enfoque en el cangilón. . . . .	164
4-56.	Caída de azúcar del transportador helicoidal al elevador (terminada). . . . .	164
4-57.	Transmisión Tipo: Falk 2090 Y2 (Plan B), Primera sección transportador helicoidal. . . . .	165
4-58.	Mejora aplicada en el transportador helicoidal de azúcar húmeda. . . . .	165
4-59.	Comparación de VSM: Actual vs Futuro, Tiempos de transporte de azúcar húmeda. . . . .	167
4-60.	Comparación de VSM: Actual vs Futuro, Azúcar húmeda entregada al elevador.	167
4-61.	VSM Futuro . . . . .	168
5-1.	Comparación de VSM: Actual vs Futuro, Impacto sobre la mejora. . . . .	169
5-2.	Precio de mejora en transportador de azúcar y elevador de azúcar. . . . .	170
5-3.	Precio de mejora en transportador de azúcar y elevador de azúcar. . . . .	170
5-4.	Comparativa de fallos en zafras anteriores con la actual. . . . .	171
A-1.	Tabla 1-1: Código de Clasificación del Material. . . . .	173
A-2.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 1-11. . . . .	174
A-3.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 2-11. . . . .	175
A-4.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 3-11. . . . .	176
A-5.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 4-11. . . . .	177
A-6.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 5-11. . . . .	178
A-7.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 6-11. . . . .	179
A-8.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 7-11. . . . .	180
A-9.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 8-11. . . . .	181
A-10.	Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 9-11. . . . .	182

---

<b>A-11</b> Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 10-11. . . . .	183
<b>A-12</b> Tablas: 1-3, 1-4, 1-5:Factores de carga $CF_1, CF_2, CF_3$ . . . . .	184
<b>A-13</b> Tabla 1-6: Tabla de capacidad de Transportadores Helicoidales. . . . .	185
<b>A-14</b> Requerimientos de Cálculo de Potencia. . . . .	186
<b>A-15</b> Requerimientos de Cálculo de Potencia; Tablas: 1-12, 1-13. . . . .	187
<b>A-16</b> Requerimientos de Cálculo de Potencia; Tablas: 1-14, 1-15, 1-16. . . . .	188
<b>B-1.</b> Checklist de mantenimiento y eventualidades durante la Zafra 20-21 . . . . .	190
<b>C-1.</b> Presupuesto transportador de azúcar. . . . .	192
<b>C-2.</b> Presupuesto elevador de azúcar. . . . .	193

# Lista de Tablas

1-1. Resumen. . . . .	4
2-1. Tipos de Azúcar. [Muñoz et al., ]. . . . .	15
2-2. Clasificación botánica [Wikipedia, 2022b]. . . . .	16
2-3. Tipos de separador mecánico. . . . .	29
2-4. Partes (2-2) de Transportador Helicoidal. [Helix, 2021]. . . . .	36
2-5. Partes de elevador de cangilones (2-2).[Sprocket, 2013] . . . . .	43
2-6. Simbología básica de un Mapa de Valor (VSM) (1-3).[López, 2019]. . . . .	53
2-7. Simbología básica de un Mapa de Valor (VSM) (2-3).[López, 2019]. . . . .	54
2-8. Simbología básica de un Mapa de Valor (VSM) (3-3).[López, 2019]. . . . .	55
3-1. Tipos de Centrifugas en Ingenio Azucarero Atencingo. . . . .	64
3-2. Tiempos de proceso centrifugas: batería A. . . . .	80
3-3. Cantidad de azúcar real entrega por la batería de centrifugas de A al elevador de azúcar. . . . .	81
3-4. Antecedentes de problemas en zafras: 2017 - 2018. . . . .	84
3-5. Antecedentes de problemas en zafras: 2018 - 2019, 2019-2020. . . . .	85
3-6. Perdidas Monetarias de problemas en zafra: 2019 - 2020. . . . .	86
3-7. Diagrama de Ishikawa: Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A. . . . .	88
3-8. Diagrama de Ishikawa: Elevador de azúcar húmeda . . . . .	95
3-9. Diagrama de flujo: Desplazamiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A. . . . .	126
3-10. Diagrama de flujo: Retiro de elevador de azúcar húmeda. . . . .	133
3-11. Diagrama de Flujo: Reubicación de Elevador de Azúcar Húmeda. . . . .	138
4-1. Cantidad de azúcar real entrega por la batería de centrifugas de A al elevador de azúcar con la aplicación del VSM Futuro. . . . .	166

# Introducción

El presente trabajo aborda la situación de producción de azúcar húmeda, en el área de centrifugación parte importante del proceso de elaboración de azúcar, el cual cuenta con tres baterías de centrifugas (A, B y C) en la empresa: Industrial azucarero atencingo S.A de C.V. Ubicada en la localidad de la Villa de atencingo del municipio de chietla en la región del valle de Matamoros del estado de Puebla. La producción de azúcar de caña en México es parte importante del rubro industrial, cuyo enfoque se interesa en las características de la caña, tipo de azúcar, procesos de cultivo y producción de azúcar.

El estudio aborda la situación en la batería de centrifugas de A, por el paro de la primera sección del transportador de azúcar húmeda de A recurrente por fractura durante la producción de azúcar desde la perspectiva de las dificultades en la reparación presentes durante la producción (Zafra). El interés de este trabajo viene dado por el incremento de ocurrencias en las fracturas del transportador helicoidal de azúcar húmeda de la primera sección de A, que se ha traducido a un mayor tiempo muerto durante la reparación repercute en la producción de azúcar.

A lo largo de la ingeniería se han desarrollado diferentes herramientas para la identificación de los procesos y servicios. Tal como lluvia de ideas, diagrama de flujo de proceso, diagrama SIPOC, diagrama de pareto, diagrama de causa-efecto. Por consecuencia se desarrollaron metodologías complejas para la resolución de problemas, es el caso de six sigma, lean manufacturing, mejora continua y metodología de las 8D.

Este trabajo persigue analizar las causas y efectos presentados durante el paro del transportador de azúcar húmeda de A, mediante el apoyo de herramientas de ingeniería anteriormente mencionadas, ya que estas nos permiten identificar el proceso y encontrar oportunidades de mejora. Con apoyo del Mapeo de flujo de valor: Actual, se conoce la situación actual de la empresa y los factores que influyen en la infraestructura analizada. Mediante la creación del Mapa de valor: futuro, se creó una propuesta de mejora la cual propone la reubicación de dos equipos en este caso el transportador de azúcar húmeda A y elevador de azúcar húmeda A.

Por último, se recopilan datos para comprobar el cumplimiento de las necesidades del área de centrifugación, durante el periodo de Zafra 20/21 comprobar los resultados al cumplir con las necesidades de la organización.

# 1. Capítulo 1. Generalidades del Proyecto.

En este primer capítulo se describe la empresa (nombre, localización, rubro, giro, etc.) en la cual se llevo a cabo el proyecto, describe el problema a solucionar, plantea objetivos para lograr la terminación del mismo, se corrobora el estudio sobre el área de centrifugación parte vital del proceso de producción. Además, se proyectan los alcances a los cuales llegará el proyecto y limita dicha área de estudio para no abarcar procesos que no generaran valor al proyecto.

## 1.1. Descripción de la Empresa.

El nombre de la empresa es Industrial Azucarero Atencingo S.A de C.V., está ubicada en la región de la mixteca poblana, en la calle Primero de Mayo, No.59, Colonia del Empleado, Chietla, Puebla, Código Postal; 74585. Ver Figura 1-1.

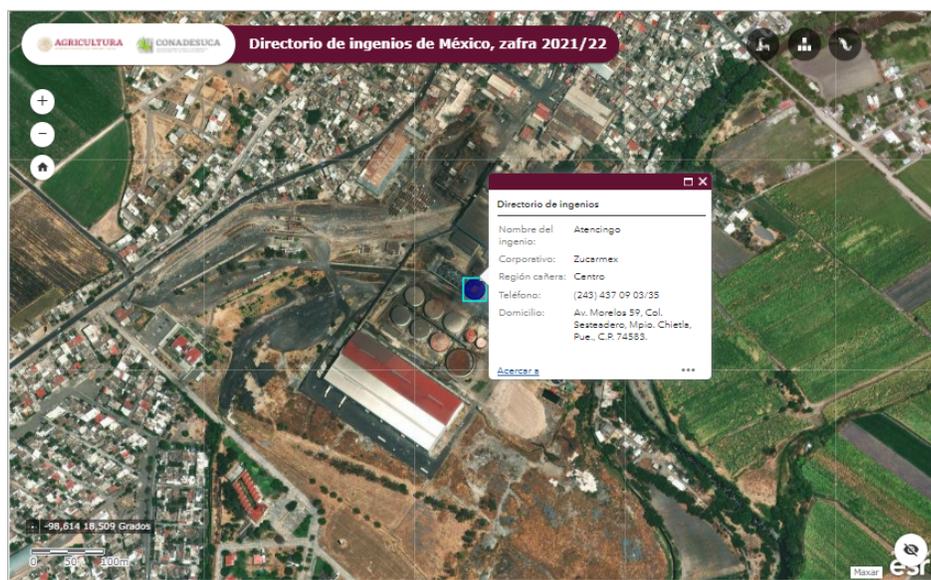


Figura 1-1.: Ubicación de Ingenio Azucarero Atencingo. [CONADESUCA, 2017].

Al producir a azúcar el Ingenio de Atencingo pertenece al rubro alimenticio. El giro de industrial es la elaboración de azúcar estandar de caña.

La primera incursión en la fabricación de azúcar se llevó a principios de 1921 hasta 1936 con el nombre Compañía Civil e Industrial Atencingo (Sistema Atencingo), el propietario William O. Jenkins. El ingenio de Atencingo fue de los primeros vendidos en 1998 al Consorcio Azucarero Escorpión (CAZE), el cual se hizo 8 ingenios más. El grupo CAZE preservaba inversiones en la industria de refrescos principla cliente que integró la producción para el abasto de la materia prima. Actualmente Industrial Azucarero Atencingo S.A de C.V pertenece a grupo Zucarmex desde 2015, fue adquirido mediante la subasta por el Servicio de Administración y Enajenación de Bienes (SAE) [Ramírez Juárez, 2017].

En tanto Industrial Azucarero Atencingo cuenta con cerca de 5 mil personas que hacen posible este proyecto de cada año, una mayoría directo a la producción de caña y el otro tanto a la empresa azucarero, lo que deriva que cerca de 150 mil poblanos radicados en esta región dependen de la producción de caña de azúcar o sus subproductos, considerando una media de la población de los municipios de la región cañera. El ingenio de Atencingo y el área de cultivo de la caña de azúcar son de los más productivos del país: en la zafra 2015/2016 obtuvo el rendimiento más alto del país con 117, 7 t/ha, mientras el rendimiento promedio nacional fue de 69,6 t/ha. Considerando 51 ingenios activos en el 2016, el ingenio de Atencingo fue el cuarto productor de azúcar con 228 797 toneladas [Ramírez Juárez, 2017]. Produce 1 millón 600 mil toneladas de producción de azúcar al año y se benefician a más 150 mil poblanos radicados en la zona sur del estado, el ingenio azucarero de Atencingo, es de las fábricas con mayor producción de azúcar en el país. Ver Figura 1-2.



**Figura 1-2.:** Industrial Azucareo Atencingo.

Su calidad es reconocida por los clientes más exigentes en la industria de alimentos. Es un ingrediente 100 % natural, nutritivo y mantiene el genuino sabor de la auténtica azúcar de caña. En terminos generales la cultura organizacional comprende las experiencias, creencias y valores; tanto personales como culturales que conforman a la organización.

- Misión: Satisfacer las necesidades de consumo de azúcar de los clientes nacionales e internacionales mediante procesos claros, específicos y confiables garantizando calidad en los productos.
- Visión: Ser el transformador de caña de azúcar más eficiente e innovador de la industria azucarera, desarrollando un capital humano capaz e integrando al transformar la cultura gerencial en pensamiento estratégico, con el fin de ofrecer marcas naturales, saludables y nutritivas; que logren cumplir con las expectativas de calidad y sanidad que el cliente exige.
- Valores: En grupo ZUCARMEX, los valores constituyen el soporte de su cultura organizacional.

Valores de Grupo Zucarmex:

- Honestidad: Trabajo conducido con transparencia.
- Responsabilidad: Cumplimiento de obligaciones y división de responsabilidades en equipo.
- Respeto: Aceptación de diversidad e intercambio de ideas.
- Disciplina: Cumplimiento de procedimientos establecidos.
- Eficiencia: Utilizar recursos al máximo para cultivo y transformación de caña para la producción de azúcar.

En conjunto GRUPO ZUCARMEX con sus ingenios y equipo humano han logrado producir azúcar de alta calidad durante más de cien años. Actualmente GRUPO ZUCARMEX cuenta con un infreestructura de seis ingenios azucareros y un refineria los cuales son: Ingenio El Higo ubicado en El Higo, Veracruz, Industrial Azucarera San Cristóbal ubicado en Carlos A. Carrillo, Veracruz, Ingenio Mahuixtlán ubicado en Coatepec, Veracruz, Industrial Azucarera Atencingo ubicado en Cuautla, Puebla, Cía. Azucarera La Fe ubicado en Pujiltic, Chiapas, Ingenio Melchor Ocampo ubicado en El Grullo, Jalisco, California Sugar Refiners ubicado en San Diego, CA con una capacidad de 1,1 millones de toneladas métricas al año, proceso alimentado por 40 000 productores de caña con 120 mil hectáreas, el grupo aporta el 17,2 % de la producción de azúcar [Ramírez Juárez, 2017]. Ver Figura 1-3.



**Figura 1-3.:** Ubicación de ingenios ZUCARMEX. [ZUCARMEX, 2020].

**Tabla 1-1.:** Resumen.

<b>Información general.</b>	
Nombre:	Industrial Azucarero Atencingo S.A de C.V
Localización:	Calle Primero de Mayo, No.59, Colonia del Empleado, Chietla, Pue, C.P: 74585
Área de desarrollo del proyecto:	Centrifugación
Rubro:	Alimenticio
Giro	Industrial: Elaboración de azúcar estandar
Años de operación:	101 años
Número de trabajadores:	5,000 personas
Capacidad de producción:	117.7 $\frac{t}{ha}$
Clientes:	Industria alimenticia
Plataforma estratégica	Honestidad, responsabilidad, respeto, disciplina y eficiencia.

## 1.2. Planteamiento del problema.

Esta investigación apunta a estudiar un problema en la generación de procesos ineficientes en la línea de producción del área de centrifugación. Estos se producen principalmente por dos escenarios: cambios en la dureza del material (azúcar húmeda por compactación debido

al ineficiente flujo de la misma) y la infraestructura del transporte de azúcar húmeda a la siguiente área de trabajo. El problema previo es significativo, ya que tiene consecuencias a nivel operativo por el paro parcial o total de la línea de producción, como resultado la reducción de eficiencia y pérdida de ingresos.

Gran parte de los procesos productivos se pueden manifestar y examinar como una cadena de valor que analice las actividades realizadas para la generación de productos o servicios hacia el cliente.

Los cuellos de botellas son ocasionados por desperdicios de espera que corresponden a los tiempos muertos producidos por dos variables independientes del proceso que no están sincronizadas. Las causas principales son: tiempos de preparación, tiempos de ensamble, tiempos de reparación o mantenimiento, tiempos de instrucciones, tiempo de espera de materia prima y tiempo en cola del procesamiento.

### **1.3. Hipótesis.**

El proyecto consiste en dar una solución efectiva a la transportación de azúcar durante la producción, ya que presenta cuellos de botella, que afecta la entrega de azúcar al área de secado, lo que genera un impacto negativo en la producción de azúcar y pérdidas monetarias.

### **1.4. Objetivos.**

- **Objetivo general.**

Optimizar el proceso de transporte de azúcar en la batería de A para reducir tiempos muertos mediante la aplicación de herramientas de calidad.

- **Objetivo específicos.**

1. Identificar las etapas del proceso en la producción de azúcar en las cuales toma relevancia el área de centrifugación.
2. Analizar la cantidad de azúcar húmeda producida por el área de centrifugación.
3. Diagnosticar las causas que provocan cuellos de botella en el área.
4. Evaluar el efecto de las pérdidas que se provocan en el proceso de producción.
5. Proponer y aplicar alternativas que conlleven a la reducción de pérdidas de azúcar húmeda y tiempos muertos.

## 1.5. Justificación.

En la producción de azúcar el área de centrifugación es parte crítica del proceso ya que de la misma depende la calidad del producto. La función principal del área de centrifugación es separar los cristales de la masa por medio de fuerza centrífuga, es decir, este proceso es parte final de la producción de azúcar y un desperfecto repercute en la calidad del producto terminado.

El área de centrifugación tiene como siguiente cliente al área de secado por tal motivo el transporte de la azúcar producida debe ser óptimo para un rendimiento de producción favorable, el área de centrifugación debe tener un transportador confiable para no poner en riesgo la producción y garantizar cumplimiento de la misma.

Para que un transporte de azúcar sea adecuado debe contar con un flujo óptimo de material y descargas adecuadas, este punto resalta la importancia de la ubicación de los equipos de transporte de azúcar los cuales deben contar con cierto tipo de boca de descarga con grados correctos de inclinación, para poder desempeñar un flujo abundante de materia prima y garantizar su trabajo.

## 1.6. Alcances.

El proyecto analizará el área de producción de centrifugas, identificará los problemas del proceso y elaborará una propuesta para la resolución de problemas, la aplicación de mejora se realizara en el proceso de reparación 2020 (Agosto-Noviembre).

Se documentarán los resultado del área de centrifugación mediante la zafra en el periodo (Noviembre-Febrero) y se compararán con los resultados obtenidos durante las zafras anteriores. **LUGAR**

## 1.7. Limitaciones.

El tiempo establecido durante la reparación (Agosto-Noviembre) es relativamente corto, esta limitado al área de centrifugación y parte del área de secado compartiendo la infraestructura.

El periodo de la zafra (Noviembre-Febrero) es corto debido al poco tiempo para documentar los resultados.

## 2. Capítulo 2. Marco teórico.

En el segundo capítulo muestra conceptos clave sobre la producción de azúcar de caña en México, parte importante del rubro industrial, cuyo enfoque se interesa en las características de la caña, tipo de azúcar, procesos de cultivo y producción.

El proceso de producción de azúcar se divide en varias áreas, se describen brevemente las áreas que influyen en dicho proceso y se identifica mediante un diagrama de flujo de proceso. Dentro de estas áreas destaca la de centrifugación, se introducen conceptos generales del centrifugado así como definiciones generales de la infraestructura que la compone.

A lo largo de la ingeniería se han desarrollado diferentes herramientas para la identificación de los procesos y servicios. Tal como diagrama de flujo de proceso, diagrama de causa-efecto. Por consecuencia se desarrollaron metodologías complejas para la resolución de problemas, es el caso lean manufacturing (Value Stream Mapping).

### 2.1. Antecedentes.

La siembra de la caña de azúcar *Saccharum Officinarum* es una de las actividades más antiguas del mundo y uno de los principales productos donde proviene el edulcorante, pertenece a la familia de las gramíneas; se dice que es originario de Asia, se expandió a Europa hacia el siglo IV antes de Cristo gracias a los viajes de Alejandro Magno a través del continente asiático y posteriormente, los griegos lo llevaron al imperio Romano. Los árabes jugaron un papel importante en la difusión del consumo de caña de azúcar y del dulce que se obtiene, estos últimos la llevaron hacia Siria y varios países africanos del norte, destacándose de todos ellos Egipto, porque fue en este país donde los “químicos” egipcios perfeccionan el proceso de refinado.

A través de la historia Cristóbal Colon realizó diferentes viajes por distintos continentes con ello se dio la llegada de la caña de azúcar hacia América, el primer cultivo se llevó en Santo Domingo a gran escala posteriormente se expandió a Cuba, México, El Caribe y América del Sur. En Brasil la caña fue introducida por los portugueses[Crespo, 1990].

### 2.1.1. Época Colonial en México.

En México la industria de fabricación de azúcar fue una de las primeras industrias de transformación que se funda, en lo que entonces en el siglo XVI, se empezó a llamar la Nueva España. Reafirmando lo que dice [Sandoval, 1951] en el libro *La Industria del Azúcar en Nueva España*, posiblemente fue el aspecto y el clima de la costa veracruzana, tan parecida a la de Cuba, lo que hizo pensar en establecer ahí la primera industria azucarera. La caña de azúcar es una planta propia de climas tropicales y subtropicales con lluvia moderada, combinada con una estación seca son las condiciones para efectuar el proceso de cultivo mejor conocido como zafra.

La Industria Azucarera se ha desarrollado en México en forma ininterrumpida desde la década inicial de la conquista española, siendo una de las actividades de mayor tradición y trascendencia en el desarrollo histórico del país. Con la aparición de la guerra de Independencia en México en el periodo de 1810 a 1821, la producción azucarera fue afectada en diferentes regiones que eran importantes; los daños en ingenios y cañaverales fueron particularmente duros en las zonas: Cordoba, Cuernavaca y Amilpas. Desapareció el incentivo de las exportaciones debido a los problemas de la Independencia de México .

De acuerdo con la historia moderna de México y basado en fuentes relacionadas en el siglo XIX fue el apogeo del Porfiriato; esta etapa de crecimiento económico conocida como el Porfiriato ha sido de gran impacto para el país donde el área más favorecida fue la industria la cual fortaleció el progreso. .<sup>EI</sup> desarrollo del país estuvo fincado en la estabilidad política lograda por Porfirio Díaz y una política económica diseñada para atraer la inversión extranjera y estimular las exportaciones mexicanas”. El crecimiento económico de haciendas azucareras a lo largo del país estuvo caracterizado por el acelerado incremento de la producción con la llegada de la innovación tecnológica en el proceso de producción y sistema de transporte este caso los trenes ferroviarios hizo que el mercado interno se expandiera. [Crespo, 1990]

Al comenzar la Revolución Mexicana en 1910, la Industria Azucarera tuvo cambios de alto impacto que la hicieron cambiar; la revolución trajo consigo la reforma agraria y la destrucción de todos los sistemas de haciendas. Dando a los campesinos el derecho a adueñarse de las tierras. De 1910 a 1921 la producción se redujo en forma muy considerable debido al movimiento armado y la inestabilidad política que el país contemplaba; el crecimiento obtenido se vio afectando dando un retroceso se ve una gran desintegración, un manejo inadecuado por parte del gobierno a causa de los diferentes intereses que había por parte de los cultivadores y los dueños de los ingenios [Crespo, 1990].

Durante el régimen de Lázaro Cárdenas de 1934 a 1940 con el reparto de tierras bajo la Reforma Agraria, los productores de caña en el estado de Morelos obtuvieron extensiones

de tierras con las cuales formaron cooperativas, las más relevantes fueron Zacatepec y del Mante; se apoyó a bastantes cooperativas del mismo tipo. "La industria comienza a ser cada vez más compleja y las crisis no permiten evolucionar al paso que el país lo hacía, lo que hace necesario crear un marco legal que permitiera mantener el abastecimiento de la materia prima" [Thiébaut, 2016]

La intervención gubernamental en la industria azucarera comenzó en 1932 con la creación de Azúcar, S.A., que dio origen en 1938 a la Unión Nacional de Productores de Azúcar, S.A. (U.N.P.A.S.A.), organismo creado para:

- Coordinar los esfuerzos para el desarrollo y crecimiento de la industria azucarera.
- Comprar toda la azúcar producida dentro del territorio nacional a un precio de liquidación para su posterior comercialización interna y externa.
- Almacenar los excedentes de las zafras (absorbiendo todos los costos) para garantizar el abasto nacional a lo largo del año. En caso de desabasto este organismo realizaba las importaciones necesarias.

La C.N.I.A. y O.N.I.S.A. se crearon por el mismo Decreto Presidencial, la primera tenía como objetivo coordinar a la industria para llevar a cabo las políticas azucareras nacionales, y la segunda tendría a su cargo la administración de los ingenios paraestatales. [Cedillo, 2001]

En 1979 fue declarada la liquidación de O.N.I.S.A. y sus funciones fueron delegadas a la C.N.I.A. (49 de los 66 ingenios existentes en el país en ese año eran propiedad gubernamental), sin que se alcanzaran los objetivos de eficiencia, crecimiento y desarrollo de la industria azucarera nacional, ya que al existir tantas instituciones regulando la industria azucarera se creó un ambiente de desorganización y traslapes de tareas.

Con el propósito de reestructurar la administración de dicha industria, en 1983 se decidió liquidar a la C.N.I.A. Por otra parte, la U.N.P.A.S.A. cambió su denominación por la de Azúcar, S.A. de C.V., la cual tendría a su cargo la administración de los ingenios del sector público y llevaría a cabo las funciones de regulación de precios, además de la distribución, almacenamiento y comercialización de los azúcares en todo el territorio nacional; así como controlar, las exportaciones e importaciones del dulce.

### **Privatización azucarera.**

En 1987, el gobierno federal decidió poner a la venta parte de los ingenios de su propiedad, iniciándose con ello una serie de medidas orientadas a liberalizar el mercado. La privatización de los ingenios siguió el procedimiento definido por la S.H.C.P. que designó como

banco agente a Financiera Nacional Azucarera, S.N.C.(FINA), para que realizara la valoración de todos los ingenios. Esta valuación fue realizada en cuatro formas diferentes: valor de reposición, valor remanente, valor con fines hipotecarios y valor como negocio [Cedillo, 2001].

- Primera licitación: Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en abril de 1988, se anunciaba la venta del 100 % de la participación accionaria de gobierno federal de 21 ingenios, de los cuales sólo 7 fueron vendidos. En esta licitación no estuvo contemplada la integración vertical, sin embargo, los inversionistas condicionaron su compra a obtener cierto grado de integración, por lo que el gobierno tuvo que acceder.
- Segunda licitación: Se realizó en septiembre de 1988 y tuvo como característica la venta de los ingenios por medio de paquetes compuestos por dos o más ingenios. En cada paquete sólo podría incluirse uno de los más importantes ingenios, tales como: El Potrero, Tres Valles, Plan de Ayala, Plan de San Luis y José María Martínez. La integración vertical estuvo regulada de tal manera que los ingenios podían destinar hasta el 80 % de su producción a su proceso productivo y el resto entregarlo a Azúcar, S.A. de C.V.
- Tercera licitación: Esta licitación comenzó en octubre de 1988, cuando el gobierno federal decide salirse completamente de la producción azucarera, razón por la cual pone a la venta todos los ingenios. El número de ingenios ofrecidos fue de treinta y cinco.
- Cuarta licitación: Se realizó el 25 de mayo de 1990, en esta licitación el gobierno federal puso a la venta los ingenios agrupados en paquetes de acuerdo a su situación financiera.

La venta de los ingenios al sector privado provocó desequilibrios en el mercado nacional del producto, ya que algunos compradores incursionaron en nuevas formas de comercialización y diferentes condiciones de financiamiento, la problemática se agravó a finales de 1990, cuando se eliminaron los permisos previos de importación de azúcares y se exentó de pago de arancel a la empresa paraestatal Azúcar, S.A. Estas medidas provocaron la importación de azúcares de diferentes calidades, introducidas a precios por abajo de los concertados, así como la acumulación de inventarios por parte de los productores, generándose, a partir de ello, una importante sobreoferta de azúcar, consecuencia de la importación indiscriminada y el mantenimiento prolongado de inventarios nacionales, que provocó un alto costo en su almacenamiento y financiamiento para los industriales.

A partir de la entrada en vigor del TLC-AN en enero de 1994, México acordó la exportación a Estados Unidos de 25 mil toneladas de azúcar durante los primeros 6 años de operación del Tratado, para posteriormente y comprobando una producción excedentaria de 2 años, exportar sin límite la sobre producción de azúcar a ese país, sin embargo en el año 2000

Estados Unidos anunció que la cuota máxima de exportación de azúcar originaria de México sería de 116 mil toneladas, violando los acuerdos firmados.

En el año 2001, el mercado de azúcar se ha enfrentado a problemas originados por la apertura comercial, actualmente el costo de producción de una tonelada de azúcar estándar o refinada en México es de entre 400 y 500 dólares, mientras que en el mercado internacional el promedio es de 194 dólares y el costo de una tonelada de alta fructosa, sustituto líquido de la azúcar de caña es de 230 dólares.

### **2.1.2. La caña de azúcar en México.**

La caña de azúcar es producto primario para la producción azúcar, por ello es de gran relevancia identificar las características de esta gramínea. "La caña de azúcar *Saccharum officinarum* L es una gramínea tropical, se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 D.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.), es un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz; en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa; compuesto que al ser extraído y cristalizado en un ingenio azucarero forma el azúcar" [Flores et al., 2008].

Desde ese momento los cultivos de caña de azúcar se extendieron en las regiones tropicales y subtropicales alrededor de todo el continente. La llegada a México se dio en la época de la conquista, el primer estado donde se dio el primer cultivo fue Veracruz; en la región se dio la instalación de los primeros ingenios azucareros y en partes cálidas alrededor de México como parte de la colonización.

#### **Distribución global de la caña de azúcar.**

Los países productores de caña de azúcar del mundo están ubicados entre los 36.7° de latitud norte y 31.0° al sur del ecuador extendiéndose desde zonas tropicales a subtropicales [CONADESUCA, 2015]. Ver Figura 2-1.

#### **Distribución nacional de la caña de azúcar.**

Se ubican los 15 estados productores de caña de azúcar en México con los porcentajes de participación correspondientes respecto a la producción nacional, destacando Veracruz como el estado con mayor volumen de producción y con el mayor número de ingenios azucareros con 22 de los 54 en el país [CONADESUCA, 2015]. Ver Figura 2-2.





Figura 2-2.: Estados productores de caña de azúcar. [CONADESUCA, 2015].

### 2.1.3. La caña de azúcar: *Saccharum officinarum*.

El azúcar es un endulzante de origen natural, sólido, cristalizado, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, obtenidos a partir de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* mediante procedimientos industriales determinados. Ver Figura 2-3 [Wikipedia, 2022b].

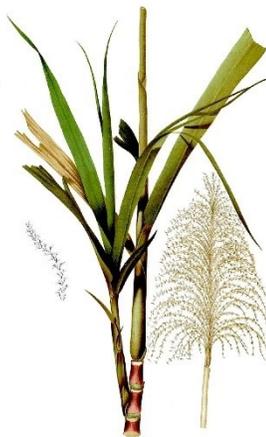
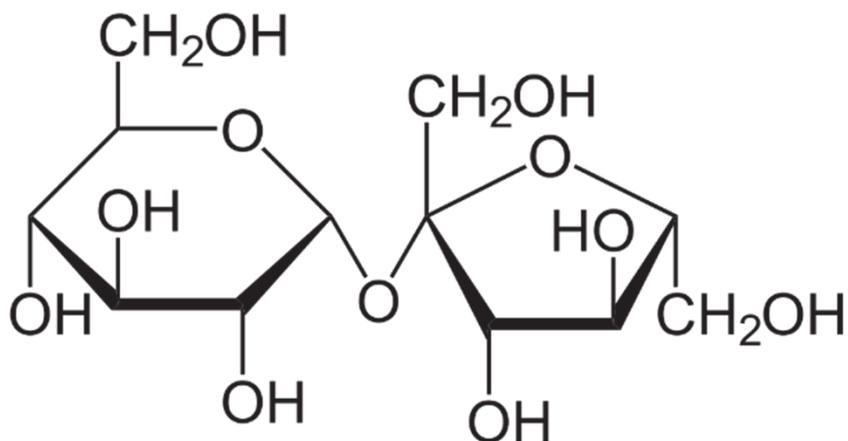


Figura 2-3.: *Saccharum officinarum*. [Wikipedia, 2022b]

La sacarosa es un carbohidrato de origen natural compuesto por 12 átomos de carbono, 22 átomos de hidrógeno y 11 de oxígeno, su fórmula molecular condensada es C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

(oxígeno 51.42 %, carbono 42.10 %, hidrógeno 6.48 %). Posee un peso molecular de 342.30, es un sólido cristalino que carameliza a 160 °C, es un azúcar no reductor y polialcohol tiene 3 grupo hidroxilos primarios (-CH<sub>2</sub>OH 6,1' y 6') y 5 (-CH-OH, 2, 3, 3', 4 y 4') en posición secundaria. [Aguilar Rivera et al., 2010], Ver Figura 2-4.



**Figura 2-4.:** Estructura química del azúcar.[Wikipedia, 2022a]

El azúcar se obtiene industrialmente de la caña de azúcar, de la remolacha azucarera, del sorgo dulce, de la palma datilera, del maíz dulce y de otras fuentes con un alto contenido en sacarosa. Sin embargo, la sacarosa o azúcar de mesa, es obtenida a nivel industrial mayoritariamente a partir de la remolacha azucarera *Saccharum B-vulgarum* que crece en países templados y de la caña de azúcar o cañamiel *Saccharum officinarum* que crece en climas tropicales y subtropicales las cuales representan las únicas fuentes importantes para el comercio. El azúcar derivado de la caña participa con el 65 % al 70 % del mercado mundial de edulcorantes; los países productores y exportadores de azúcar de caña venden mayoritariamente el producto en términos de azúcar crudo. En contraposición, el azúcar de remolacha se comercializa casi íntegramente de modo refinado. Ver Tabla 2-1 [Aguilar Rivera et al., 2010].

**Tabla 2-1.:** Tipos de Azúcar. [Muñoz et al., ].

Tipo de azúcar	Descripción
Azúcar crudo. 	<p>Producto cristalizado constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa recubiertos por una película de miel (conocida también como azúcar morena o rubia). Es el azúcar centrifugado directo proveniente de las Masas Cocidas elaboradas con Jarabe y mieles y que se destina a la fabricación de los Azúcares Refinados. Cuando se comercializa localmente y en el mercado exterior, debe cumplir ciertas normas mínimas de calidad y estabilidad impuestas por los refinadores.</p>
Azúcar blanco. 	<p>Producto cristalizado, constituido esencialmente por sacarosa, obtenido de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, mediante procesos industriales apropiados. Son los azúcares granulados para consumo humano, obtenidos directamente por centrifugación de las Masas Cocidas de mejor calidad elaboradas con jarabe y mieles. Deben satisfacer ciertos requisitos mínimos de calidad química y bacteriológica, color y estabilidad, exigidos por los códigos alimentarios nacionales.</p>
Azúcar refinado. 	<p>Producto sólido cristalizado constituido esencialmente de sacarosa, obtenido por recrystalización de las soluciones de azúcar blanco, y/o crudo previamente sometidas a un procedimiento de refinación con procesos químicos adecuados.</p>

## Clasificación botánica

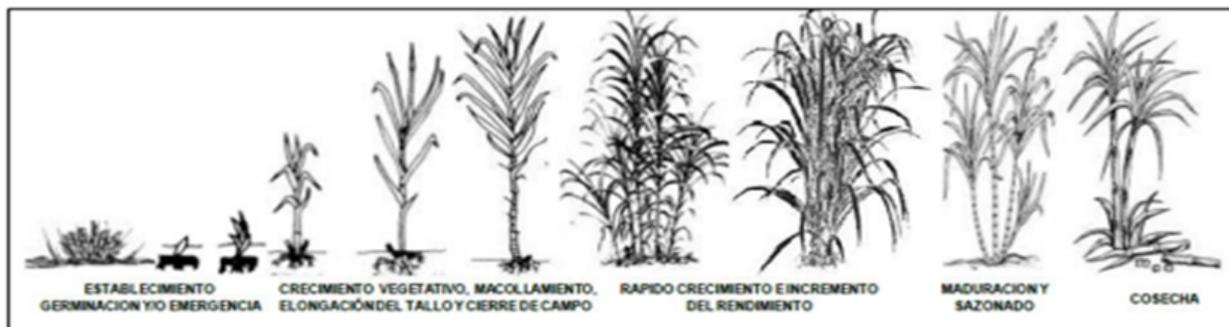
Botánicamente, la caña de azúcar tiene la siguiente clasificación. Ver Tabla 2-2

**Tabla 2-2.:** Clasificación botánica [Wikipedia, 2022b].

<b>Reino</b>	<b>Plantea</b>
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Genero	Saccharum
Especie	S. officinarum L.

### 2.1.4. Cultivo de caña de azúcar: *Saccharum officinarum*.

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 14 y hasta 17 meses. En este periodo la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacollamiento o ahijamiento, rápido crecimiento y maduración, Ver Figura 2-5. En tanto, el desarrollo de las socas (segundo corte de la caña) tiene una duración de 11 a 13 meses y se distinguen tres etapas: brotación y amacollamiento, rápido crecimiento y maduración. A continuación, se describe cada una de estas etapas. [FIRA, 2010]



**Figura 2-5.:** Etapas de cultivo de la caña de azúcar. [Telléz García et al., 2018].

### **Germinación y emergencia**

La germinación es el proceso que da paso de los órganos primordios<sup>1</sup> latentes en la yema al estado activo de crecimiento y desarrollo. Aunque la duración de esta etapa puede variar, inicia entre los 7 a 10 días después de la siembra. El crecimiento inicial se prolonga hasta los 35 días. Las temperaturas óptimas para la brotación oscilan entre los 24 a 37°C con disponibilidad de buena humedad en el suelo. [FIRA, 2010]

El éxito de esta fase radica en la magnitud, ritmo y uniformidad de la emergencia (desarrollo inicial de la plántula), como también en el logro de una adecuada distribución espacial de los tallos primarios en el surco. Emergencias pobres y prolongadas afectarán el cumplimiento efectivo de las siguientes fases y finalmente la producción del cañaveral.

### **Amacollamiento o ahijamiento**

Esta etapa comienza alrededor de los 35 a 40 días después de la plantación y se caracteriza por el brote de varios tallos a partir de las articulaciones nodales que se encuentran en la base de los tallos primarios. Los factores que favorecen el ahijamiento son: la variedad, los días de larga duración y alta intensidad luminosa, una temperatura cercana a los 30°C es la óptima, buenas condiciones de humedad en el suelo y buen nivel de nitrógeno.[FIRA, 2010]

Es una fase de gran importancia en la definición del rendimiento, ya que en su transcurso se establece el número potencial de órganos cosechables. Además, durante esta fase ocurre la generación del sistema radicular adventicio<sup>2</sup> y definitivo del cañaveral.

### **Rápido crecimiento**

En esta etapa se da la formación y elongación de la caña con rapidez. Así mismo, en esta fase también se presenta una gran acumulación de materia seca y la planta alcanza su máxima área foliar (hojas). Esta etapa puede prolongarse de acuerdo a la variedad, la temperatura y la humedad. Sin embargo, como referencia puede citarse que comienza alrededor de los 120 días después de la plantación y es a los 180 días aproximadamente queda definido la población de tallos (sólo sobreviven entre el 40 y el 50 % de los hijuelos o retoños). En esta fase el cultivo requiere temperaturas sobre los 30°C, disponibilidad de nutrientes y buena condición de humedad. Como se mencionó, durante esta etapa se define la producción de caña al determinarse la población final de tallos a moler y, en gran medida, el peso fresco por tallo. Además, se inicia el almacenamiento de azúcar en los entrenudos que van completando su desarrollo. En esta fase el cultivo expresa la máxima respuesta a los factores ambientales y de manejo.

## **Maduración**

En esta etapa de desarrollo de la planta de caña se da el proceso de síntesis y acumulación de sacarosa en los tallos de la caña. La maduración de la caña es de la base al ápice (extremo superior) de la planta. Esta parte del desarrollo tiene una duración de unos 2 a 3 meses. Los factores que favorecen el almacenamiento de sacarosa son aquellos que inhiben el crecimiento de la planta, entre ellos la presencia de noches frescas (temperaturas de 18°C), días calurosos y secos. Aplicaciones elevadas o extemporáneas de nitrógeno tiene un efecto negativo porque retarda la maduración.

Los cultivares (variedades) constituyen un factor intrínseco de gran importancia en la maduración, registrándose entre ellos diferencias en la modalidad y en la producción de azúcar por hectárea.

## **Cosecha.**

La faena (actividad) de la recolección se lleva a cabo entre los once y los dieciséis meses de la plantación, es decir, cuando los tallos dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen y la corteza de la capa se vuelve quebradiza. Se quema la plantación para eliminar las malezas que impiden el corte de la Caña, así como posibles plagas (ratas de campo, víboras, tuzas, etc.) que pudiesen causar daño a los cortadores.[FIRA, 2010]

Actualmente existe maquinaria para realizar el corte de la caña, sin embargo, la mayor parte de la zafra o recolección sigue haciéndose manualmente. El instrumento usado para cortarla suele ser un machete grande de acero con hoja de unos 50 cm de longitud y 13 cm de anchura, un pequeño gancho en la parte posterior y empuñadura de madera. La caña se corta cerca del suelo al igual que por el extremo superior, cerca del último nudo maduro, ya cortadas se apilan a lo largo del campo, de donde se recogen a mano o a máquina para su transporte al Ingenio.

## 2.2. Proceso de elaboración de azúcar.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es la materia prima de la agroindustria azucarera. Dependiendo de factores agrícolas y de la eficiencia productiva en fábrica, el azúcar representa alrededor del 10% de la caña, el resto se convierte en subproductos. A nivel internacional se han obtenido hasta 50 derivados partir del procesamiento de estos últimos. [Lemus Ramírez, 2012].

Cuando la caña de azúcar alcanza su punto óptimo de madurez se cosecha mediante corte manual o mecánico, predominando en México el primer método. La caña se carga en camiones o trenes de carretas arrastradas por tractores hacia el patio de almacenamiento, denominado batey, que es donde comienza el proceso de manufactura.

El proceso de elaboración de azúcar varía dependiendo del tipo de azúcar producida; condicionado por su grado de refinación. En general, comprende siete operaciones unitarias dentro del ingenio, que se describen a continuación. En la Figura 8 se observa el diagrama de flujo para la producción de azúcar estándar, mismo que constituye el proceso y los productos generados durante la producción de la misma, después del diagrama de flujo se describe cada una de los procesos.

El proceso de elaboración de azúcar se resume en 7 pasos. Ver Figura 2-6:

- 1. Molienda.
- 2. Clarificación.
- 3. Evaporación.
- 4. Cristalización.
- 5. Centrifugación.
- 6. Secado.
- 7. Envase.

Eventualmente de este proceso se obtiene como producto final el azúcar estándar y melaza en el Ingenio Azucarero de Atencingo.

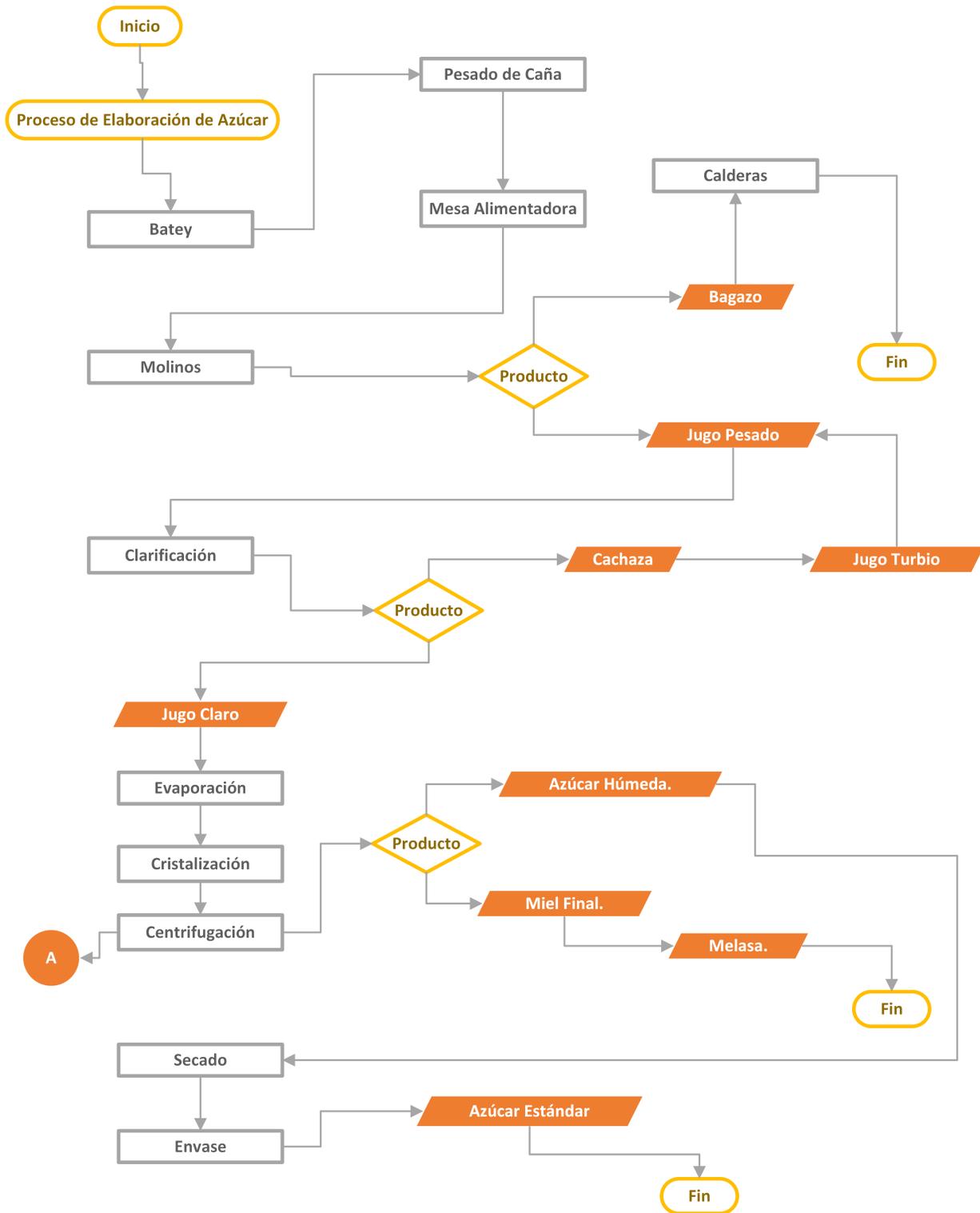


Figura 2-6.: Diagrama de proceso de elaboración de azúcar.

### 2.2.1. Etapas del proceso para la elaboración de azúcar estándar.

#### Batey (Recepción y preparación de caña)

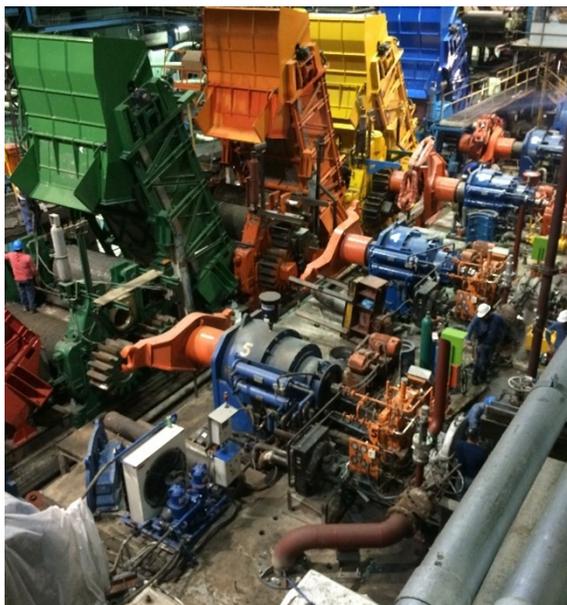
La caña que llega del campo en camiones (70 %) y remolques de carretas (30 %) aproximadamente, se pesa en basculas y se conduce al batey donde se disponen directamente en tres mesas alimentadoras y un volteador de camión, una vez descargada la caña, los camiones y carretas proceden a las basculas para el destare, la casa en mesas y volteadores alimentan al conductor auxiliar donde es preparada por un juego de cuchillas y enseguida dirigirla al conductor principal de caña donde se completa su preparación con otro juego de cuchillas y finalmente la desfibradora busca un parámetro establecido de porcentaje de celdas rotas, ya la caña desfibrada se alimenta directamente al molino. Ver Figura 2-7.



Figura 2-7.: Área de Batey

#### Extracción (Molinos)

La caña desfibrada por los equipos de batey llega al tándem de 6 molinos, donde se extrae el jugo de la caña compresión. Cada molino consta de 4 mazas, los molinos son asistidos por transmisiones ya sean movidas por turbinas de vapor o motores eléctricos. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua de condensados 70-90°C, para extraer al máximo la cantidad de sacarosa que contiene el material fibroso. El bagazo que sale de la última unidad de molienda debe estar entre el 50-51 % de humedad que se usa como combustible para las calderas, produciendo el vapor directo de alta presión que se empela en las turbinas de los molinos. Se hace uso de un bactericida para controlar la proliferación de bacterias en el jugo de caña. Ver Figura 2-8.



**Figura 2-8.:** Área de Molinos

- Filtración de jugo de mezclado: El jugo extraído de los dos primeros molinos, se hace pasar por un colador rotativo donde se hace la separación del jugo y pachaquil (fibra), el jugo se envía a tanque recepción de jugo y el pachaquil se recircula al proceso de extracción. Para la asepsia de este colador se hace uso de vapor directo a 240-300 °C.
- Pesado de jugo: El jugo colado se recibe en el tanque de recepción de jugo, y se envía a las basculas de jugo pesado. El jugo colado que se extrae de la molienda se pesa en basculas con celdas se carga, para controlar la cantidad de jugo que entra en la fábrica y ser precaliza aproximadamente a 6.5-7 de pH.
- Primer calentamiento de jugo: Proceso en él se eleva la temperatura de jugo alcalizado hasta una temperatura de 65-85°C empleando vapor vegetal generado por los equipos de evaporación.
- Lechada de cal: En este proceso se prepara una solución de óxido de calcio en agua de condensados de 85°C (lechada de cal) a 6° Baüme.
- Alcalizado de jugo: En este proceso se le adiciona la solución de lechada de cal a 6° Baume (preparada con agua de condensados a 85°C + oxido de calcio) al jugo para incrementar el pH del jugo a 7.4-7.6 para facilitar la clarificación del jugo, ayudando a precipitar la mayor parte de las impurezas que trae el jugo.
- Segundo calentamiento de jugo (95 – 105°C): Proceso en el que se eleva la temperatura del jugo alcalinado hasta una temperatura de 95-100°C, utilizando el vapor de escape proveniente de las máquinas primarias.

- Dilución de floculante: Proceso en el que se prepara una solución de floculante en agua de condensados, este producto es una resina aniónica de alto peso molecular que se utiliza como coadyuvante para la formación y precipitación de flóculo que ayuda a precipitar las impurezas del jugo.

### Clarificación.

En esta etapa del proceso, se tiene una separación de las impurezas que trae el jugo esto derivado de la temperatura y dosificación del floculante menor a 5 ppm (base jugo) formando flóculos de sustancia coloidal y lodos los cuales son extraídos de cada uno de los compartimientos del clarificador por medio de una bomba de sopapo o por gravedad los sólidos no azucares se precipitan en forma de lodo llamado cachaza (que se va al campo como mejorador de suelos) y el jugo claro queda en la parte superior y es extraído por gravedad en la parte superior de cada uno de los clarificadores (caja de derrames). Ver Figura 2-9.



Figura 2-9.: Área de Clarificación.

- Filtración de cachaza: Los lodos dulces extraídos del clarificador son filtrados mediante vacío aplicado a filtros rotativos en cuya superficie se atrapan los lodos y el jugo separado aquí (jugo turbio), es integrado a la corriente de jugo que extrae el molino en el tanque de jugo pesado.
- Filtración de jugo claro: El jugo clarificado es pasado a través de tres coladores en malla de 100-120 mesh, para evitar el paso de bagacillo a la siguiente etapa del proceso.

### Evaporación.

El jugo clarificado es enviado a los pre vaporizadores y a un quántuple efecto los cuales trabajan con vapor de escape de 125 -130 °C a una presión de 20 a 20 libras por pulgada cuadrada evaporando el 80 % del agua que trae consigo el jugo. Este proceso se da en evaporadores de múltiple efecto al vacío que consisten en un conjunto de celdas de ebullición (de pre y quántuple efecto) dispuestas en serie. Al comenzar la ebullición se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así un menor punto de ebullición en cada evaporador. En el proceso de evaporación se obtiene el jarabe o meladura la cual es enviada por bombeo a la siguiente etapa del proceso de cristalización.

En el proceso de evaporación, el vapor condensado del preevaporador y los dos primeros vasos del quádruple recuperado como condensados puros los cuales, parte se bombean al área de calderas y otros, son utilizados en el lavado de azúcar en las centrífugas de "A". Los condensados impuros de los vasos tres y cuatro son utilizados en la extracción y filtros. Ver Figura 2-10.



Figura 2-10.: Área de Evaporación.

### Cristalización.

La cristalización se realiza en los tachos que son recipientes al vacío de un solo efecto se debe tener un vapor vegetal de 114 °C y una presión de 5-12 lbs/plg<sup>2</sup>, alimentando núcleos cristalinos de 10 micras y tensoactivos para disminuir la viscosidad. El material resultante contiene un líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de tres conocimientos o templas para lograr

la mayor recuperación de sacarosa. La miel final resultante es pesada y almacenada para su comercialización. Ver Figura 2-11.



**Figura 2-11.:** Área de Cristalización.

### **Centrifugación.**

La masa cocida pasa por las centrifugas, máquinas giratorias en las cuales se hace la separación de los cristales y de licor madre por medio de la fuerza centrífuga aplicada, y un lavado con agua de condensados puros a una temperatura de 90-95 °C, ya que estos equipos giran a 1200-1800 rpm. La miel separada en las centrifugas se utiliza en las siguientes etapas de cocimiento en los tachos. Ver Figura 2-12.



**Figura 2-12.:** Área de Centrifugación.

- Transporte de secado: Este es un proceso de transportación del azúcar húmedo del proceso de centrifugación al secador (Granulador de azúcar), a través de transportadores helicoidales y un elevador de cangilones.
- Calentamiento de aire: Proceso de calentamiento de aire a través del paso de este por radiadores de escape de vapor de 125 -130 °C a una presión de 19 a 25 lbs/plg<sup>2</sup>.
- Filtración de aire: Previo su calentamiento el aire es filtrado a través de medios filtrantes colocados antes del radiador de vapor con el fin de atrapar impurezas que podrían causar contaminación al producto.

### Secado.

La azúcar húmeda se transporta a través de un elevador con cadena y canjilones, que a su vez alimenta a secadores horizontales de aire caliente a contra corriente, mismo que es filtrado y luego calentado por medio de radiadores alimentados con vapor de escape de 125 130 °C. El azúcar entra en contacto con el aire caliente que se inyecta a contracorriente, obteniendo al final de la etapa de secado, un azúcar con un porcentaje de humedad de 0.06 máximo. Ver Figura 2-13.



**Figura 2-13.:** Área de Secadores.

- Fundición de granza: Del proceso de secado se obtiene la granza (azúcar que excede la granulometría requerida para el producto terminado).
- Tanque de Agua Dulce: Proceso donde se lleva a cabo la fundición de la granza y el fundido es enviado a integrarse al jugo filtrado para luego ser agregado al flujo de jugo extraído por el molino en el tanque de jugo pesado.

- Separación partículas ferrosas: Este equipo representa una etapa de tránsito del azúcar seco, ubicado en la salida del secador, y su función principal es ir separando en línea las partículas ferrosas que el azúcar arrastra a través del proceso.
- Cribado: En esta etapa se recibe el azúcar seco previo a la tolva del envase, el grado de importancia que implica este equipo como etapa de proceso, es la última barrera de separación de peligros físicos que pudiera traer el azúcar a través del proceso. Lo que identifica a este equipo como nuestro punto crítico de control, ya que después de él no existe otro elemento de control para peligrosos físico (plásticos, metal, madera, etc.)
- Parrillas magnéticas Neumáticas auto limpiables: En esta etapa se hace pasar azúcar cribada que pudiera contener un poco de fierro en polvo, este es retenido a través de barras magnéticas que se auto limpian de madera neumática, en un tiempo programado.
- Pesado de azúcar seco: En esta etapa se tienen dos básculas automáticas ensacadoras de azúcar con peso de 50 kg/saco, equipadas con equipo electro neumático para la acción de carga de azúcar fina gruesa y descarga.

### Envase.

Una vez seca y fría, el azúcar se descarga hacia unas basculas automáticas que descarga 50 kilogramos en sacos de polipropileno laminados. El área de envasado se tiene climatizada a través de una unidad acondicionadora y cuenta con un sistema de extracción de polvos. Ver Figura 2-14.



**Figura 2-14.:** Área de Envase.

- Costurado: El sellado del saco se realiza a través de máquinas cosedoras.
- Transporte a bodega: El producto terminado es transportado en bandas de hule desde el envase hasta la bodega de azúcar.
- Almacenamiento de producto terminado (Bodega): El producto terminado en su presentación de 50 kg, es almacenada en la bodega de azúcar en estibas de hasta 100 bultos de altura, la estiba se protege con plástico en el piso y terminaba la misma, es cubierta totalmente también con plástico. El producto se almacena en bodegas diseñadas específicamente para mantener el producto en las condiciones de su liberación, en lugares limpios y secos, dejando espacios suficientes para el acceso y limpieza del área. El almacén de producto terminado, está sujeto a un programa de control de plagas. La distribución se realiza en tráileres de caja cerrada de 25 a 35 toneladas de capacidad.

### **Fundición (Reproceso).**

El producto no conforme detectado por las diferentes fuentes es manipulado de acuerdo al procedimiento de producto no conforme, Se lleva a cabo, fundiéndolo con agua de condensados caliente e integrando el material fundido al proceso de cristalización (meladura).

**Distribución.:** El producto terminado, es transportador a:

- a) Almacenamiento Bodega Interna.
- b) Embarque directamente al cliente.

## **2.3. Generalidades del Centrifugado**

### **Definición de la Centrifuga.**

Una centrífuga es una máquina que aplica una fuerza centrífuga sostenida (esto es, una fuerza producida por rotación) para impeler la materia hacia afuera del centro de rotación. Este principio se utiliza para separar partículas en un medio líquido por sedimentación. Ver Tabla 2-3 [Ecured, 2019] se describen los diversos tipos de separación, dentro del cual los centrífugos son los más usados en la industria azucarera para la separación de sólido – líquido separación del grano de azúcar de la miel.

**Tabla 2-3.:** Tipos de separador mecánico.

<b>Materiales separados</b>	<b>Separadores</b>
Líquido de líquido.	Tanques de sedimentación, ciclones líquidos, decantadores centrífugos, coalescedores.
Gas de líquido.	Tanques fijos, deaeradores, rompedores de espumas.
Líquido de gas.	Cámaras de sedimentación, ciclones, precipitadores electrostáticos, separadores de choque.
Sólido de líquido.	Filtros, filtros centrífugos, clarificadores, espesadores, centrífugas de sedimentación, ciclones líquidos, criba húmeda, separadores magnéticos.
Líquido de sólido.	Prensas, extractores centrífugos.
Sólido de gas.	Cámaras de sedimentación, filtros de aire, filtros de bolsa, ciclones.
Sólidos de sólidos.	Cribas, clasificadores neumáticos y húmedos, clasificadores centrífugos.

La fuerza centrífuga se genera dentro del equipo estacionario mediante la introducción de un fluido con alta velocidad tangencial a una cámara cilindro cónica, formando un vórtice de considerable intensidad. Los ciclones que se basan en este principio extraen gotas líquidas o partículas sólidas de los gases con diámetros hasta de 1 a 2  $\mu m$ . Unidades más pequeñas, llamadas ciclones líquidos, separan las partículas sólidas de los líquidos.

La alta velocidad que requiere un líquido a la entrada de estos se obtiene con bombas estándar. En los equipos giratorios se genera una fuerza centrífuga mucho mayor que en los equipos estacionarios (tazones o canastas operados en forma mecánica, normalmente de metal, giran en el interior de una carcasa estacionaria). Al rotar un cilindro a alta velocidad, se induce un esfuerzo de tensión considerable en la pared del mismo. Esto limita la fuerza centrífuga, que puede generarse en una unidad de tamaño y material de construcción dados. Por lo tanto, solamente pueden desarrollarse fuerzas muy intensas en centrífugas pequeñas.

La base física de la separación es la acción de la fuerza centrífuga sobre las partículas en rotación, que aumenta con el radio del campo rotacional y con la velocidad de rotación. La velocidad de sedimentación se determina por la densidad de las partículas. Las partículas densas sedimentan primero, seguida de las partículas más ligeras. En función de las condiciones existentes, las partículas muy ligeras pueden incluso permanecer en suspensión.

La fuerza centrífuga relativa guarda relación con el número de revoluciones del rotor por minuto conforme a la fórmula:

$$FCR = 1,118 \times 10^{-6} \times r \times n^2 \quad (2-1)$$

En donde **FCR = Fuerza Centrífuga Relativa (g)**.

- **r** = Radio en milímetros desde el pivote de la centrifugadora hasta la punta del punto.
- **n** = Número de revoluciones por minuto.

### Historia de la centrifuga

La invención de la máquina centrífuga que purga masa cocida en la industria azucarera, ha sido atribuida a Schotter en 1848 y a Dubrunfaut, pero las autoridades en esta materia están de acuerdo en que fue David Weston quien obtuvo la patente de la centrífuga suspendida en 1852 y la introdujo al trabajo práctico azucarero en Hawái, en 1867. Hasta bien entrado el siglo actual, al tipo de máquina centrífuga que está en uso general en la actualidad se le llamaba centrífuga Weston. Fue para trabajo azucarero que se desarrollaron equipos de filtración de varios tipos, entre ellos el filtro Taylor de bolsas, de hace más de 100 años; el filtro prensa, fue sugerido por Howard alrededor de 1820, pero fue introducido con éxito por Needham en 1853; y los filtros modernos de láminas, tales como los Kelley, Sweetland y Vallez, fueron introducidos de 1910 a 1920 [MTECH, 2019].

Hoy en día se maneja diversidad de diseños de centrífugas en diferentes formas y estilos que con el tiempo ha venido cambiando su forma para el buen uso de la humanidad.

### Descripción de la centrifuga

La centrífuga utilizada en la industria azucarera consiste en una canasta cilíndrica y de las mallas. El canasto cilíndrico de la centrífuga, que está suspendido de una flecha o "huso" tiene sus costados perforados y forrados de tela metálica; entre el forro y el costado hay láminas de metal que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada (62 a 93 perforaciones por  $cm^2$ ).

### 2.3.1. Tipos de centrifugas

#### Centrífugas Baches

Las partes principales de las Centrífugas: Tipo Bache. Ver Figura 2-15:

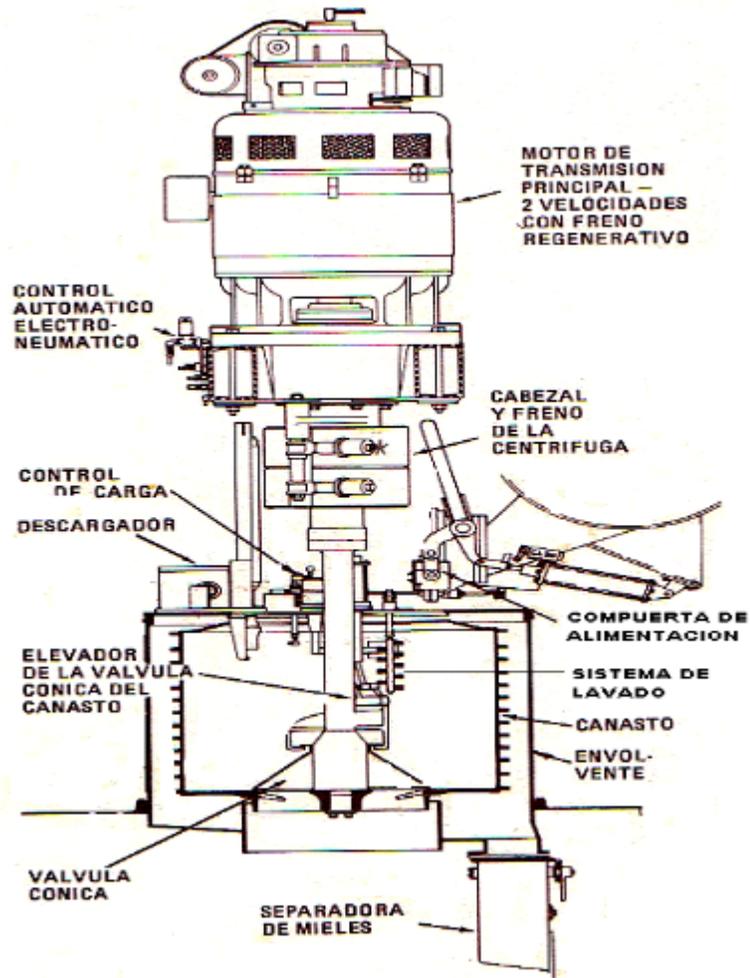


Figura 2-15.: Partes de centrifuga Baches.[Saquimux, 2004]

- Canasta o Drum: La porción cilíndrica está perforada con hoyos de  $1/8'' - \frac{1}{4}''$ . La parte superior tiene un labio sólido el cual fija el espesor de la masa, normalmente oscila entre 7 y 10 pulgadas. La parte inferior es sólida con hoyos para descargar el azúcar, este hoyo puede tener una válvula para cierre durante el ciclo.
- Tumbador o Descargador de Azúcar: Es un mecanismo de descarga que actúa neumáticamente que posee una cuchilla que raspa el azúcar en el canasto.
- Eje: El canasto se une al eje central en el fondo. El eje conecta el canasto con el motor.

- Bearing: Cabezal de rodamientos.
- Switch: Tablero de control.
- Envolvente: Envoltura para recibir las mieles y para proteger al operador de las partes móviles
- Cedazos: Telas de purga y contrátelas.

EL uso de este tipo de Cenfrifugas proporciona; Ventaja y Desventajas.

*Ventajas:*

1. Ofrece un buen lavado de la masa cocida.
2. Cuidado de cristales de sacarosa.
3. Produce azúcar de baja humedad.
4. Bajo consumo energético energía.

*Desventajas:*

1. Requerimientos de mantenimiento considerables.
2. Costo de operación y capital altos.

Este tipo centrifuga esta diseñada para recibir la masa cocida por tratar y colocada en un eje vertical en cuyo extremo superior se encuentra el motor o la toma de fuerza que mueve a la máquina.

La amplitud del esparcimiento de la masa no permite que la canasta esté guarnecida por una simple lámina perforada o una simple malla perforada: la mayor parte de las perforaciones caerían sobre la pared lisa de la canasta y no dejarían escapar las mieles, por lo cual se encuentran perforadas con numerosos orificios que permiten el paso de las mieles, los cuales son de 7 mm de diámetro; están separados aproximadamente 22 mm entre centros; Por esta razón la canasta generalmente se provee de dos guarniciones diferentes.

Se construyen de mayor o menor grueso, de acuerdo con la fuerza centrífuga a la que estarán sujetas. Las que recibirán las tensiones mayores se fabrican de acero al cromo-cobre y los aros algunas veces de acero niquelado, la cual se encuentra abierta en su parte superior para permitir la alimentación de la masa cocida y en el fondo para descargar el azúcar cuando la máquina se detiene.

Cuando la máquina está trabajando, es decir: durante la carga y secado, esta última salida permanece cerrada por un cono de lámina delgado. La canasta está fija al eje por un cubo que ocupa la abertura del fondo, pero que deja espacio suficiente para la descarga del azúcar. La canasta está rodeada por una envoltura para recibir las mieles y para proteger al operador de las partes móviles. Esta envoltura tiene una abertura en la parte superior que corresponde con la de la canasta y que puede cerrarse por medio de dos medias tapas de charnela provistas con una perforación a través de la cual pasa el eje. En general, se emplean varias centrífugas para formar una batería las cuales son distribuidas en una línea.

### Centrífugas Continuas

Las partes principales de las Centrífugas: Tipo Continua. Ver Figura 2-16:

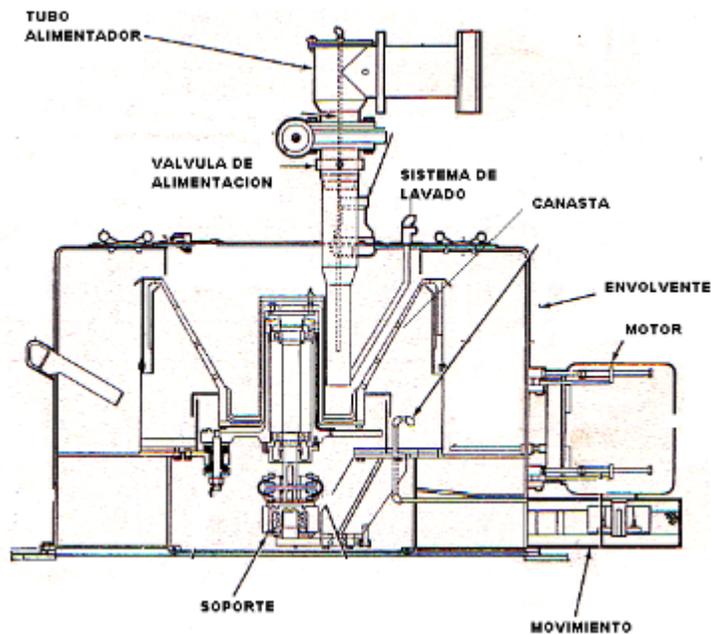


Figura 2-16.: Partes de Centrífuga Continua.[Saquimux, 2004]

Este tipo de centrífuga gira a velocidad constante, por tal razón usa menos controles. Esto hace que el costo de mantenimiento sea menor. El canasto es cónico con ángulos entre 30 y 34 grados. Este ángulo permite al cristal de azúcar subir y ser descargado en la parte superior del canasto debido a la fuerza centrífuga.

La alimentación debe colocar el flujo de masa en el centro del canasto y producir una capa uniforme en la parte inferior del canasto. Los cedazos son similares a los de las centrífugas bache, pero tienen las siguientes diferencias:

1. El cedazo debe estar fijo al canasto.

2. El tamaño de los hoyos es diferente.
3. El cedazo continuo sufre desgaste producido por el azúcar y debe ser cambiado periódicamente.
4. Debido a que el azúcar sube a través del screen, los cristales se rompen produciendo cristales de diferentes tamaños.

*Ventajas:*

- Bajo requerimiento de personal para su manejo.
- Poca necesidad de mantenimiento.
- Bajo costo de capital y operacional.

*Desventajas:*

- Alto consumo de energía eléctrica.
- Pobre lavado de masa cocida.
- Alta rotura de cristales.

## 2.4. Transportador helicoidal

El transportador de tornillo helicoidal es una de las formas más confiables y rentables para transportar materiales a granel. Es una máquina muy versátil que puede manejar una amplia variedad de materiales, desde materiales secos y de flujo libre hasta materiales húmedos y lentos.

Las principales industrias que utilizan transportadores de tornillo son:

- Productos químicos de producción agrícola.
- Procesamiento de alimentos.
- Madera y productos de madera.
- Procesamiento de Minería y Minerales.
- Extracción de petróleo y gas.
- Refinación del petróleo.
- Metales primarios.

- Pulpa y papel.
- Caucho y Plásticos.
- Piedra, vidrio y hormigón.
- Ambiental.

Estos transportadores de tornillo sinfín o de espiral son ampliamente usados para materiales pulverizados y granulares, no corrosivo y no abrasivos, cuando la capacidad necesaria es moderada, la distancia no es mayor a los 60 m, y la trayectoria no es demasiada pendiente. Cuestan, por lo general bastante menos que cualquier tipo de transportador, y por medio de una simple cubierta de lámina se les puede hacer herméticos al polvo [Ramos and Ramos, 2020].

Los materiales abrasivos o corrosivos pueden manipularse con una construcción adecuada de la hélice y del canal o artesa.

### 2.4.1. Componentes del Transportador helicoidal

Un transportador helicoidal o transportador de tornillo sinfín es un mecanismo que utiliza una cuchilla de tornillo helicoidal giratoria, llamada "Alo Hélice", generalmente dentro de un tubo o canal en forma de "U", para mover materiales líquidos, polvos y granulares. [Helix, 2021] Ver Figura 2-17 y Ver Tabla 2-4:

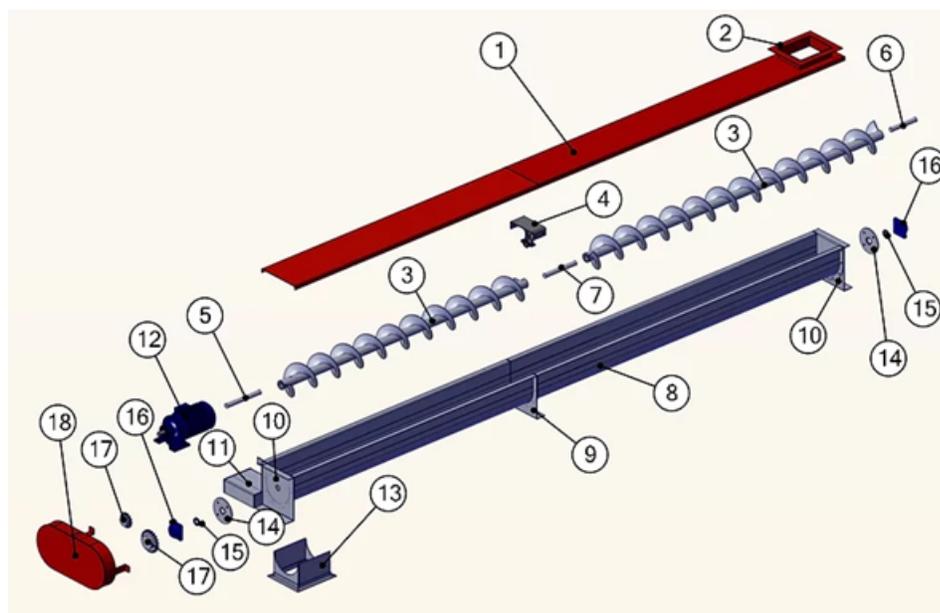


Figura 2-17.: Partes (1-2) de Transportador Helicoidal. [Helix, 2021].

**Tabla 2-4.:** Partes (2-2) de Transportador Helicoidal. [Helix, 2021].

Numero	Descripción	Numero	Descripción
1	Cubiertas superiores.	10	Tapas laterales.
2	Brida de alimentación de producto.	11	Base de moto-reductor.
3	Helicoidal montado con buje.	12	Moto-reductor.
4	Colgante intermedio con buje.	13	Descargas de producto.
5	Flecha motriz.	14	Porta-sello.
6	Flecha terminal	15	Chumaceras.
7	Flecha intermedia.	16	Sello tipo labio.
8	Artesa tipo U.	17	Sprockets de transmisión de potencia.
9	Pie soporte intermedio.	18	Guarda de seguridad.

### Clasificación de materiales de granel.

Los materiales a granel se definen como mercancías que se manipulan en grandes cantidades sin el beneficio de un embalaje individual. Los materiales a granel se transportan, almacenan y procesan para crear las cosas que necesitamos para vivir, como productos alimenticios, plásticos, productos de construcción, papel y miles de productos terminados.

La industria de manipulación de materiales a granel es un campo de la ingeniería centrado en el diseño de equipos utilizados para transportar materiales a granel. La Asociación de Fabricantes de Equipos Transportadores (CEMA), compuesta por fabricantes de equipos de manejo de materiales, crea estándares de la industria para el diseño y operación segura de equipos transportadores.

CEMA y los principales fabricantes de transportadores de tornillo sinfín han estudiado miles de diferentes materiales a granel para determinar sus características. CEMA clasifica los materiales a granel por:

- Tamaño de partícula.
- Fluidez.
- Densidad.
- Abrasividad.

- Otras características (corrosivo, inflamable, pegajoso).

El CEMA proporciona códigos de clasificación de materiales para la mayoría de los materiales a granel transportados. Esta información está disponible para cualquiera que diseñe, especifique, fabrique o utilice transportadores de tornillo y otros equipos de manipulación de materiales a granel. El diseño adecuado de los transportadores de tornillo helicoidal depende de conocer y comprender el material a granel que se transporta y la aplicación. [Helix, 2021]

En el caso del tipo de helicoidal, la dirección de transporte se puede variar, la capacidad de esta espiral la determina el diámetro, el paso, el grado de llenado y el número de vueltas de la espiral. Los diferentes tipos de helicoidales con la clasificación de los tipos de granel de acuerdo con el CEMA.

### 2.4.2. Tipos de Helicoidales

- **Transportador helicoidal estándar:** El helicoidal con paso de avance igual al diámetro son considerados estándares y son apropiados para una gran variedad de materiales en la mayoría de las aplicaciones de Tornillo Transportador Helicoidal en su configuración horizontal. Ver Figura 2-18

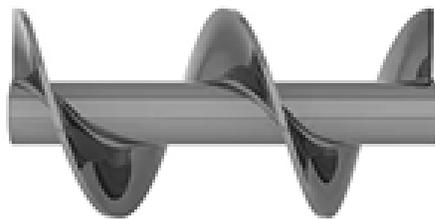


Figura 2-18.: Transportador helicoidal estándar. [Helix, 2021].

- **Transportador Helicoidal cónico:** El helicoidal cónico proporciona un cambio incremental continuo en el volumen de extracción del tornillo helicoidal. Esto promueve una reducción uniforme en una situación de tolva completa. Provocando compactación del material. Ver Figura 2-19

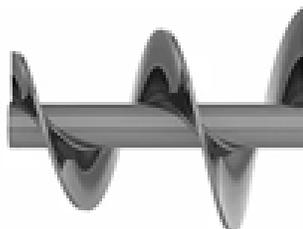


Figura 2-19.: Transportador helicoidal cónico. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal paso reducido.:** El helicoidal de paso corto se utilizan en transportadores sin fin inclinados. Se utilizan para controlar la alimentación en la entrada y para reducir la descarga de materiales que fluyen libremente. Cuanto más corto es paso de avance, más eficiente es el TTH (Tornillo Transportador Helicoidal). Ver Figura 2-20

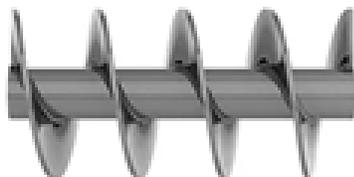


Figura 2-20.: Transportador helicoidal paso reducido. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal de paletas:** Las paletas se colocan en disposición helicoidal alrededor de un tubo central cuadrado o redondo para formar una espiral segmentada. Se usan en mezcladoras de productos secos cuando se agrega líquido durante el proceso. Ver Figura 2-21



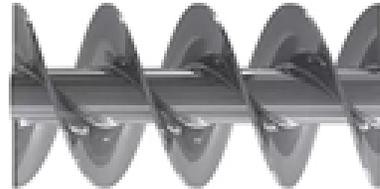
Figura 2-21.: Transportador helicoidal de paletas. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal progresivo:** Los transportadores sin fin de paso variable se utilizan para controlar la cantidad de material arrastrado a lo largo de la tolva. Al aumentar el paso de avance a lo largo de un tornillo helicoidal, puede aumentar gradualmente el volumen de producto que puede ingresar al TTH. Ver Figura 2-22



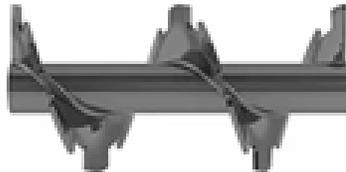
Figura 2-22.: Transportador helicoidal progresivo. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal con doble o triple paso:** Los transportadores de tornillo helicoidal con doble inicio se utilizan para acelerar el proceso de transporte en la entrada del transportador de tornillo e incluso compensar el efecto de pulsación en la salida. También se usan típicamente en barrenas helicoidales de perforación para que al realizar la perforación se igualen las fuerzas de torsión en el TTH. Ver Figura **2-23**



**Figura 2-23.:** Transportador helicoidal con doble o triple paso. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal con corte o muescas:** Los tornillos sinfín con muescas se utilizan para proporcionar una acción de mezcla suave. Son útiles para mezclar diferentes materiales durante el proceso de transporte en el TTH. Ver Figura **2-24** y **2-25**.



**Figura 2-24.:** Transportador helicoidal con corte. [Helix, 2021].



**Figura 2-25.:** Transportador helicoidal con muescas. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal sin eje central (Shaftless):** El transportador de gusano sinfín sin centro (Shaftless) es utilizado para mover materiales extremadamente pegajosos o fibrosos que tienden a enrollarse o acumularse en un tubo central. Ver Figura 2-26



Figura 2-26.: Transportador helicoidal sin eje central (Shaftless). [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal con hélice hueca:** El helicoidal de hélice hueca se utilizan para pasar líquidos de calefacción o refrigeración alrededor de la hélice espiral sinfín. Típicamente, tanto la tubería central hueca como el tramo hueco se usan como intercambiadores de calor para enfriar, calentar o descongelar el material que se TTH. Ver Figura 2-27

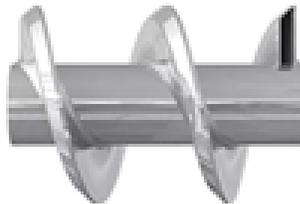


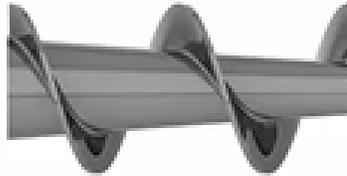
Figura 2-27.: Transportador helicoidal con hélice hueca. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal listón con poste:** El helicoidal de cinta con poste de soporte se utilizan para manejar materiales pegajosos o cohesivos que tienden a acumularse en la interfaz del tubo del TTH. Ver Figura 2-28



Figura 2-28.: Transportador helicoidal listón con poste. [Helix, 2021].

- **Transportador helicoidal con eje cónico:** El centro de los transportadores helicoidales cónicos proporciona un cambio incremental continuo en el volumen transportado por el tornillo helicoidal. Esto promueve un grabado uniforme de tolva. Combinado con paso variable, el tornillo cónico proporciona la mejor solución posible para una extracción uniforme de la tolva. Ver Figura 2-29



**Figura 2-29.:** Transportador helicoidal con eje cónico. [Helix, 2021].

Las construcciones estándares tienen una hélice o galvanizado y un canal del mismo material. Para abrasivos y corrosivos tales como ceniza húmeda, tanto la hélice como el canal pueden ser de fundición cementada. Para abrasivos simples, se puede recubrir el borde exterior de la hélice con una tira renovable de estelita o algún material semejante extremadamente duro. Para productos alimenticios, el aluminio, el bronce, el metal Monel o el acero inoxidable son adecuados, pero costosos [Ramos and Ramos, 2020].

### 2.4.3. Procedimiento de diseño de transportadores helicoidales

Martín Sprockets propone el siguiente método para el diseño de transportadores helicoidales por añadidura de las necesidades y avalado por el CEMA. Ver Figura 2-30. Las tablas del procedimiento completo se encuentran en el Anexo A.

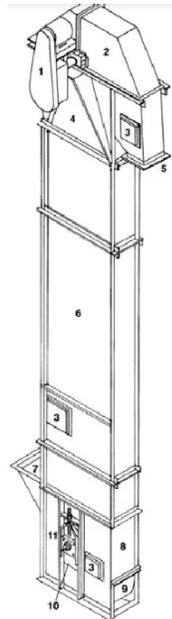
Diseño		
PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA TRANSPORTADORES HELICOIDALES		
PASO 1	Establezca los Factores Conocidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material a Transportar.</li> <li>2. Tamaño máximo de partícula.</li> <li>3. Volumen en porcentaje de tamaños de partícula.</li> <li>4. Capacidad requerida en pies cúbicos por hora.</li> <li>5. Capacidad requerida en libras por hora.</li> <li>6. Distancia a la que se debe transportar el material.</li> <li>7. Cualquier otro factor adicional que pueda afectar el transportador o su operación.</li> </ol>
PASO 2	Clasificación de Material	Clasifique el material de acuerdo al sistema mostrado en la Tabla 1-1. Si el material está incluido en la Tabla 1-2, utilice la clasificación que se muestra en la Tabla 1-2.
PASO 3	Determine la Capacidad de Diseño	Determine la capacidad de diseño de acuerdo a lo descrito en las páginas H-16 a H-18.
PASO 4	Determine el Diámetro y la Velocidad	Utilizando la capacidad requerida en pies cúbicos por hora, la clasificación del material y el porcentaje de carga de artesa indicado en la Tabla 1-2 determine el diámetro y la velocidad en la Tabla 1-6.
PASO 5	Revise el Diámetro Mínimo del Helicoidal por Limitaciones en el Tamaño de Partículas	Utilizando el diámetro conocido del helicoidal y el porcentaje de tamaño de partícula, revise el diámetro mínimo del helicoidal en la Tabla 1-7.
PASO 6	Determine el Tipo de Buje	En la Tabla 1-2 determine el grupo de buje para colgante adecuado para el material a transportar. Localice este grupo en la Tabla 1-11 para conocer el tipo de buje recomendado.
PASO 7	Determine la Potencia	En la Tabla 1-2 determine el Factor del Material, "Fm" del producto a transportar. Para calcular la potencia utilice las fórmulas indicadas en la página H-23.
PASO 8	Revise la Capacidad Torsional y/o de Potencia de los Componentes de los Transportadores	Utilice la Potencia Requerida calculada en el paso 7, consulte las tablas de las páginas H-26 y H-27 para conocer la capacidad de los componentes estándar del transportador, tubo, ejes y pernos de acoplamiento.
PASO 9	Seleccione los Componentes	Seleccione los componentes básicos en las Tablas 1-8, 1-9 y 1-10 de acuerdo con la Serie de Componentes para el material a transportar indicado en la Tabla 1-2. Seleccione el resto de los componentes en la Sección de Componentes de este catálogo.
PASO 10	Arreglo de los Transportadores	Consulte las páginas H-39 y H-40 para ver los arreglos típicos de los transportadores.

H-4

Figura 2-30.: Procedimiento de Selección de Transportador Helicoidal. [Sprocket, 2013]

## 2.5. Elevador de cangilones

Son máquinas de transporte continuo que se emplean para la manipulación de materiales a granel como talcos granulados y en pedazos pequeños por una traza vertical o inclinada (más de 60 grados sobre la horizontal, sin que se produzcan paradas entre la carga y descarga del material transportado, Ver Figura 2-31 y Ver Tabla 2-5.



**Figura 2-31.:** Partes de elevador de cangilones (1-2).[Sprocket, 2013]

**Tabla 2-5.:** Partes de elevador de cangilones (2-2).[Sprocket, 2013]

Numero	Descripción
1	Transmisión montada en eje.
2	Cubierta bi-partida.
3	Puerta de inspección.
4	Sección de cabeza.
5	Descarga.
6	Secciones intermedias.
7	Alimentación.
8	Puerta para limpieza.
9	Fondo curvo.
10	Tensor tipo de tornillo con rodamiento de bolas.
11	Bota.

El Transportador de cangilones se ponen funcionamiento a través del sistema propulsor el cual, por mediación de la tambora motriz o catalina, en dependencias del órgano de tracción que se utilice proporciona movimiento al mismo, en el que van a ir acoplado los cangilones que son los encargados de recoger la carga de la parte inferior y elevar la hasta el punto de descarga. El material se introduce al elevador por un conducto que se encuentra en la parte inferior y se descarga por la parte superior.

### 2.5.1. Componentes de elevador de cangilones.

Los elevadores de cangilones constan de diferentes componentes que permiten el funcionamiento optimo.

- **Estructura:** Es la encargada de encerrar y sostener todo conjunto. Generalmente está hecha de planchas de acero de 2 a 4 mm terminando su borde en angulares para poder unir sus diferentes partes entre sí. Las sesiones se hacen de 2 a 2.5 m. El mencionado de las diferentes partes del armazón estén función del ancho y largo dará sesión transversal y depende del tipo de descarga y de cangilón para lo cual se va diseñar.
- **Tamboras y catalinas:** Son las encargadas de sostener el órgano de tracción y transmitir movimiento al mismo. El diámetro de la tambora motriz esta función del número de capas y generalmente en un rango de 400 a 150 mm. El diámetro de la tambora de atezado es del diámetro de la tambora motriz y suelen construirse de tablillas transversales con el objetivo evitar que material se deposite en la banda y la tambora particularmente si el mismo está húmedo.  
El diámetro dará Catalina esta función del paso de la cadena seleccionada y el número de dientes, que generalmente es de 6 a 20 para los rangos de velocidades angulares de 4.75 a 75.5 r/min. Análogamente el diámetro dará catalina motriz es igual al dará catalina de atezado.
- **Órgano de tracción:** El órgano de tracción puede ser banda o cadena en dependencias de la capacidad, altura del elevador y naturaleza del material transportado. Una banda sostiene los cangilones o menor rigidez y soporta por lo tanto menos esfuerzos que las cadenas. Sin embargo, la banda se comporta muy bien para altas velocidades y se desgasta menor que las cadenas cuando se manipula materiales abrasivos.

Las bandas utilizan para elevadores de alta velocidad y de baja y media capacidad (hasta 80 metros cúbicos/h) elevaciones medias (hasta 30 metros cúbicos/h) en lo que se manipula materiales pulverizados y de trozos pequeños con bajo y medio pesos a granel. En los mismos el material puede ser depositado en el fondo donde es paleado y

elevado por los cangilones. Las velocidades de la banda están en un rango de 0.8 a 2.5 m/s.

Las cadenas emplean preferentemente en elevadores de alta capacidad (hasta 160 metros cúbicos/h), donde se manipulan materiales muy pesados y que se elevan a gran altura. También suelen emplearse para manipular materiales muy calientes u otros materiales que afecten la banda al entrar en contacto con ella. Las velocidades de las cadenas oscilan entre 0.4 y 1.25 m/s.

- **Cangilones:** Esto son los encargados de transportar material, pueden construirse estampados o soldados, de hierro fundido o maleable. Suelen tener en su borde delantero un refuerzo metálico para protegerlos del rápido desgaste. Existen cuatro tipos los cuales son:
  1. Redondeado profundo: tiene un frente a  $65^{\circ}$  y poseen gran volumen. Se emplean para manipular materiales a granel, fluidos y secos.
  2. Redondeado llano: tiene un ángulo frontal del  $45^{\circ}$  que los hacen poco profundos; se emplean para la transportación de materiales a granel, húmedos, en forma de casos bajos y pocos fluidos. El borde bajo permite la salida fácil de este tipo de material.
  3. Ángulo en forma de V: se emplean solamente cuando la descarga es gravitacional, principalmente en el acarreo de materiales a granel pesados en trozos medianos y grandes y que sean abrasivos.
  4. Redondeado con rebordes: se emplean solamente cuando la descarga es gravitacional, de materiales a granel pesados, en trozos medianos y grandes y que sean abrasivos.
- **Sistema propulsor:** Es encargado de dar movimiento a la tambora o catalina motriz en dependencias del sistema de transmisión que se utilice. Suele ocupar muy poco espacio se sitúa la parte superior del equipo. Para prevenir accidentes siempre se coloca un freno que evita la reversión del movimiento de las partes móviles y la caída de la carga nuevamente en el fondo del equipo. Cuando el freno es de trinquete se coloca en el eje de la tambora o catalina y cuando este tipo centrifugó se sitúa entre el motor y el reductor.
- **Sistema de atezado:** El sistema de atezado que se utiliza los elevadores de cangilones es de tornillo o muelle. El sistema se sitúa sobre las chumaceras de la tambora o catalina y fijo a las paredes laterales de la sesión inferior del armazón metálico. La regulación del atezado se halla en un rango de 200 a 500 mm.

## 2.5.2. Tipos de elevadores de cangilones

Se pueden clasificar atendiendo a distintos aspectos.

### Según el tipo de carga:

- Directamente desde tolva: se emplean para el transporte de materiales de pedazos grandes y abrasivos. La velocidad desplazamiento del órgano de tracción es bajo.
- Por degradado: se emplean para el transporte de materiales que no ofrecen resistencia a la extracción, pulvulentos y de granulación fina.

### Según el tipo de descarga

- **Centrifuga:** a) Es el tipo más utilizado. b) Grandes velocidades de desplazamiento (1.2 y 1.4 m/s). c) La carga se efectúa generalmente por dragado del material depositado en la parte inferior del transportado. d) La distancia de separación entre cangilones es de dos a tres veces la altura del cangilón.
- **Gravedad o continúa:** a) Baja velocidades de desplazamiento (0.5 y 1.0 m/s). b) Se aprovecha al propio peso del material para la descarga del mismo.
- **Clasificación:**

*Por gravedad libre:* Es necesario desviar el ramal libre del elevador mediante estrangulamiento o inclinar el propio elevador.

*Por gravedad dirigida:* Los cangilones se sitúa de forma continua sin separación entre ellos. La descarga del material se efectúa por el efecto de la gravedad utilizando la parte inferior del cangilón precedente como tolva de descarga. La carga se realiza directamente desde la tolva de alimentación.

*Positiva:* El elevador es parecido al de tipo centrifuga salvo que los cangilones están montados los extremos por dos cordones o torones de cadenas. La velocidad de los cangilones es lenta y apropiada para materiales livianos, aireados y pegajosos.

## 2.6. Resistencia mecánica a fatiga

La resistencia mecánica de un material se reduce cuando sobre el actúan cargas cilíndricas o variables, la rotura por fatiga es una de las causas más comunes de agotamiento de los materiales. El agotamiento por fatiga, los elementos y componentes mecánicos podrán fallar por rotura prematura bajo la acción de tensiones fluctuantes cuyos valores pueden ser incluso muy inferiores al límite de fluencia de material (Límites de fatiga 2-2) [Galbarro, 2020].

$$S_{f,n} < S_y < S_u \quad (2-2)$$

En donde:

- $S_{f,n}$  = Límites de fatiga.
- $S_y$  = Límite de fluencia.
- $S_u$  = Límite de rotura.

Con el objetivo de estimar el valor de este incremento de tensiones que se produce en las zonas de emplea el llamado Coeficiente de Concentración de Tensiones  $K_t$  2-3.

Representa la relación entre el valor máximo de tensión real alcanzada en la pieza en zonas de acumulación de tensiones y el valor nominal de tensión que se obtendría aplicando las ecuaciones elementales para su sección mínima.

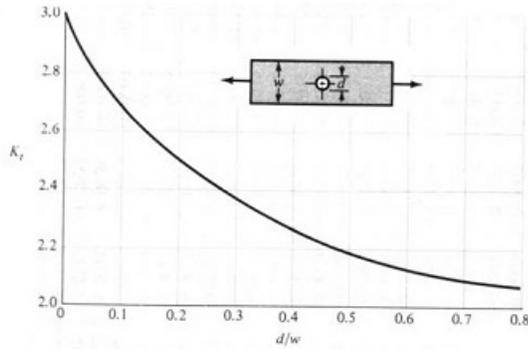
$$K_t = \sigma_{max} \div \sigma_0 \quad (2-3)$$

En donde:

- $\sigma_{max}$  = El valor de la tensión máxima real alcanzado en la zona de discontinuidad o zona acumulada de tensiones.
- $\sigma_0$  = El valor de la tensión máxima real alcanzado en la zona de discontinuidad o zona acumulada de tensiones.
- El valor del coeficiente  $K_t$  va a depender de la geometría de la pieza y el estado de carga a que este sometida.

A continuación, se muestran los distintos diagramas de donde se pueden obtener los valores del Coeficiente de concentración Tensiones para distintas geometría propuesta y situaciones de carga.

D.1.- Barra con agujero transversal sometida a tensión o compresión simple,  $\sigma_o = F/A$ , donde  $A=(w-d) \cdot t$ , siendo  $t$  = espesor



D.2.- Barra rectangular con agujero transversal sometida a flexión,  $\sigma_o = Mc/I$ , donde  $I = (w-d) \cdot h^3 / 12$

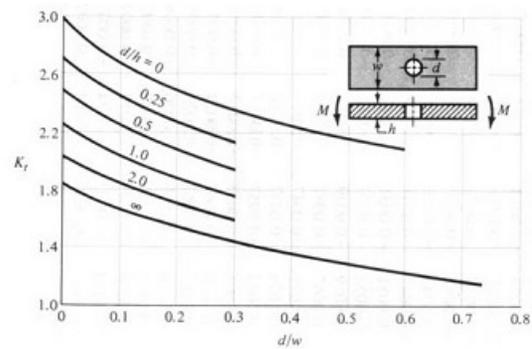
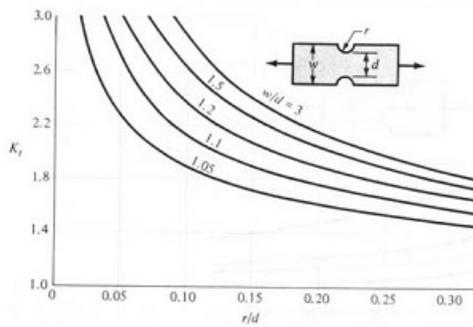


Figura 2-32.: Diagrama de tensiones D1 y D2.[Galbarro, 2020].

D.3.- Barra rectangular con ranuras transversales sometida a tensión o compresión simple,  $\sigma_o = F/A$ , donde  $A = d \cdot t$ , siendo  $t$  = espesor



D.4.- Barra rectangular con ranuras transversales sometida a flexión,  $\sigma_o = Mc/l$ , donde  $c = d/2$ , siendo  $I = t \cdot d^3 / 12$ ,  $t$  = espesor

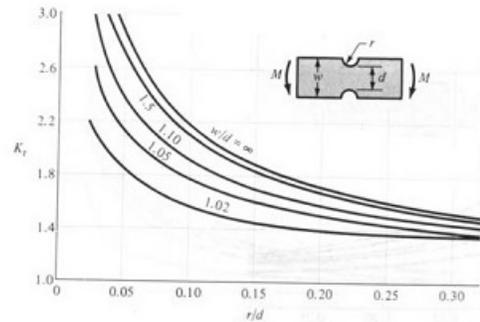
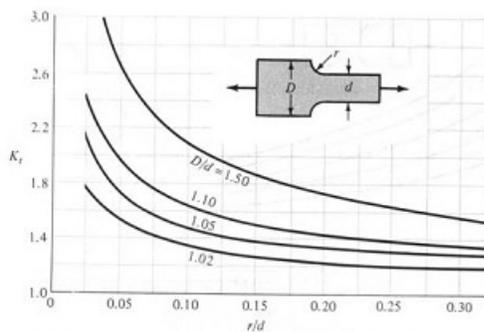


Figura 2-33.: Diagrama de tensiones D3 y D4.[Galbarro, 2020].

D.5.- Barra rectangular con entalles transversales sometida a tensión o compresión simple,  $\sigma_o = F/A$ , donde  $A = d \cdot t$ , siendo  $t$  = espesor



D.6.- Barra rectangular con entalles transversales sometida a flexión,  $\sigma_o = Mc/l$ , donde  $c = d/2$ , siendo  $I = t \cdot d^3 / 12$ ,  $t$  = espesor

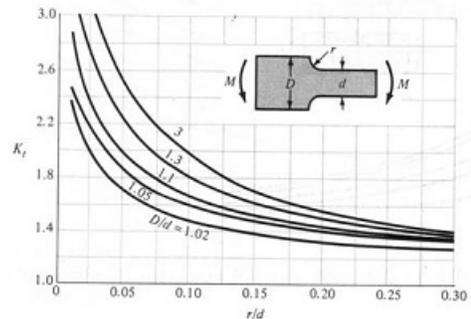
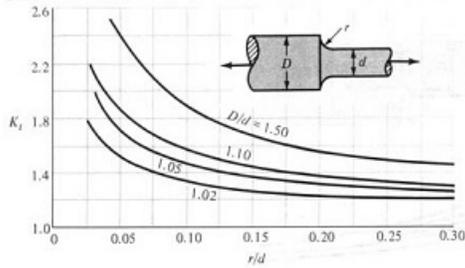


Figura 2-34.: Diagrama de tensiones D5 y D6.[Galbarro, 2020].

D.7.- Barra circular con entalle circunferencial sometida a tensión,  $\sigma_o = F/A$ , donde  $A = \pi \cdot d^2/4$



D.8.- Barra circular con entalle circunferencial sometida a torsión,  $\tau_o = T \cdot c/J$  donde  $c = d/2$ ,  $J = \pi \cdot d^4/32$

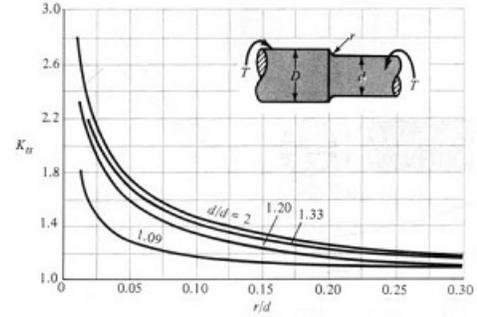
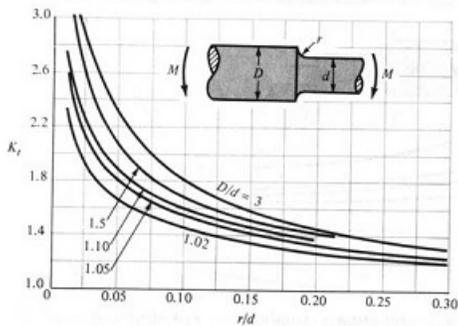


Figura 2-35.: Diagrama de tensiones D7 y D8.[Galbarro, 2020].

D.9.- Barra circular con entalle circunferencial sometida a flexión,  $\sigma_o = M \cdot c/I$  donde  $c = d/2$ , siendo  $I = \pi \cdot d^4/64$



D.10.- Barra circular con agujero transversal sometida a torsión.

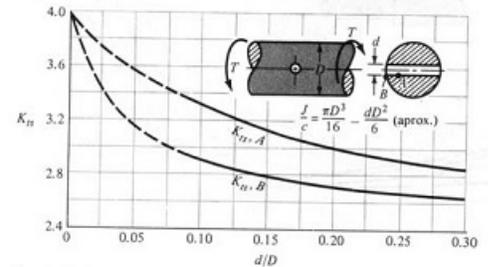
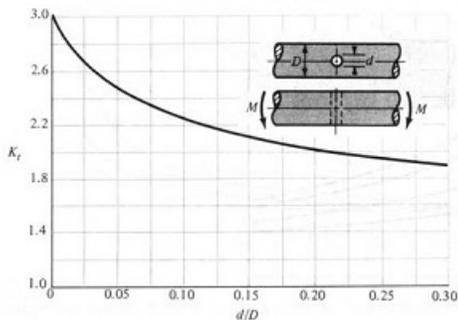


Figura 2-36.: Diagrama de tensiones D9 y D10.[Galbarro, 2020].

D.11.- Barra circular con agujero transversal sometida a flexión,  $\sigma_o = M / [(\pi \cdot D^3/32) - (d \cdot D^2/6)]$



D.12.- Placa con pasador en agujero,  $\sigma_o = F/A$ , donde  $A = (w-d) \cdot t$ . Cuando exista holgura  $Kt$  deberá incrementarse desde 35 hasta un 50%

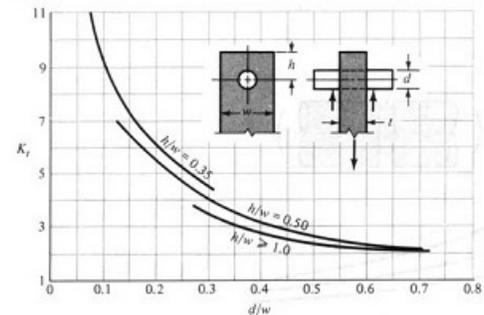
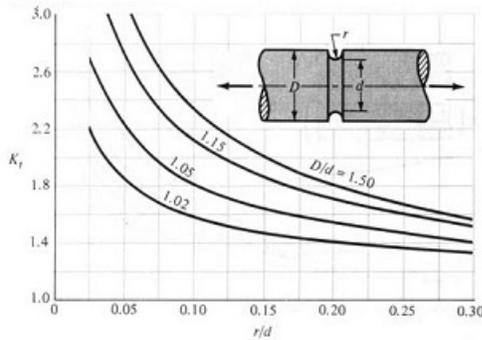


Figura 2-37.: Diagrama de tensiones D11 y D12.[Galbarro, 2020].

D.13.- Barra circular con ranura circular sometida a tensión,  
 $\sigma_o = F/A$ , donde  $A = \pi \cdot d^2/4$



D.14.- Barra circular con ranura circular sometida a flexión,  
 $\sigma_o = M \cdot c/I$ , donde  $c = d/2$ , siendo  $I = \pi \cdot d^4/64$

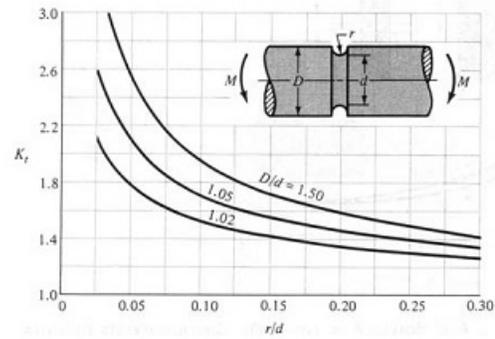


Figura 2-38.: Diagrama de tensiones D13 y D14.[Galbarro, 2020].

D.15.- Barra circular con ranura circular sometida a torsión,  
 $\tau_o = T \cdot c/J$ , donde  $c = d/2$ ,  $J = \pi \cdot d^4/32$

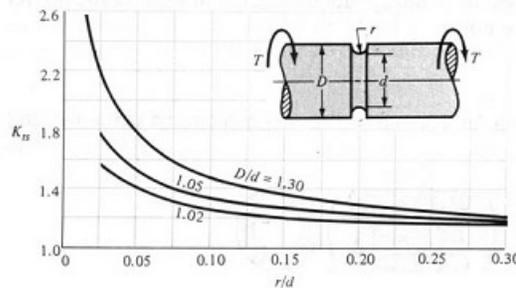
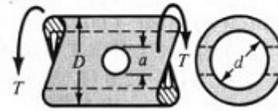


Figura 2-39.: Diagrama de tensiones D15.[Galbarro, 2020].

Para el caso de barras o tubos circulares con agujero transversal, en este caso el esfuerzo máximo ocurre en interior del agujero, ligeramente por debajo de la superficie de la barra. El valor de la tensión nominal cortante  $T_0$  originada por el esfuerzo de torsión vale  $T_0 = T \times D \div 2J_{net}$  donde  $J_{net}$  es un valor reducido del segundo 2-4.

$$J_{net} = \pi \times A \times [D^4 - d^4] \quad (2-4)$$

Ver Figura 2-40 se incluyen los valores de A. Se podrá utilizar  $d=0$  para el caso de una barra maciza.



a/D	d/D									
	0.9		0.8		0.6		0.4		0	
	A	$K_{ts}$								
0.05	0.96	1.78							0.95	1.77
0.075	0.95	1.82							0.93	1.71
0.10	0.94	1.76	0.93	1.74	0.92	1.72	0.92	1.70	0.92	1.68
0.125	0.91	1.76	0.91	1.74	0.90	1.70	0.90	1.67	0.89	1.64
0.15	0.90	1.77	0.89	1.75	0.87	1.69	0.87	1.65	0.87	1.62
0.175	0.89	1.81	0.88	1.76	0.87	1.69	0.86	1.64	0.85	1.60
0.20	0.88	1.96	0.86	1.79	0.85	1.70	0.84	1.63	0.82	1.58
0.25	0.87	2.00	0.82	1.86	0.81	1.72	0.80	1.63	0.79	1.54
0.30	0.80	2.18	0.78	1.97	0.77	1.76	0.75	1.63	0.74	1.51
0.35	0.77	2.41	0.75	2.09	0.72	1.81	0.69	1.63	0.68	1.47
0.40	0.72	2.67	0.71	2.25	0.68	1.89	0.64	1.63	0.63	1.44

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 148, 244.

Figura 2-40.: Diagrama de tensiones D16.[Galbarro, 2020].

## 2.7. Mapa de Flujo de Valor (VSM)

Los mapas de flujo de valor o VSM ( Value Stream Map), son herramientas para analizar los procesos dentro de la organización y la cadena de valor. El objetivo principal del VSM es identificar las actividades que no agregan valor al proceso y conocer el tiempo asociado a dichas actividades, consiste en el modelado de un estado real mejorado por medio de una reducción específica de la duración del proceso. Ver Figura 2-41



Figura 2-41.: Pasos para la elaboración de un VSM.[López, 2019].

En la práctica, el mapeo de valor se ha convertido en una actividad esencial ante la formula-

ción de planes de mejora, de tal manera que forma parte del diagnóstico del proceso (VSM actual) y de la proposición de estrategias de mejoramiento (VSM futuro).

Tiempo TAKT: El tiempo takt es un indicador de la frecuencia de compra del cliente. Para muchos expertos se trata de un tiempo objetivo al cual el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente. Se calcula de la siguiente manera:

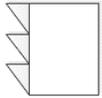
$$Tiempo\ takt = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda} \quad (2-5)$$

Tiempo de ciclo individual: Es el tiempo estándar asociado a cada operación del proceso. Por ejemplo: El tiempo asociado a pintar una pieza, o el tiempo estándar asociado a empacarla.

Tiempo de ciclo total (Lead Time de fabricación): Es el tiempo que duran todas las operaciones, se calcula sumando los tiempos de ciclo individuales.

Tiempo de previsión de las necesidades del cliente (Lead time GAP): En este intervalo de tiempo es cuando se deben realizar las previsiones respecto a los puntos y cantidades de pedido futuras. La magnitud del GAP es directamente proporcional con los errores en las previsiones.

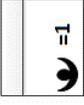
Tabla 2-6.: Simbología básica de un Mapa de Valor (VSM) (1-3). [López, 2019].

Nombre:	Descripción:	Símbolo:
Fuentes externas:	Este símbolo representa clientes y proveedores.	
Flujo de materiales externo:	Este símbolo representa el traslado de materias primas y producto terminado. De proveedor a planta o de planta a cliente.	
Transporte:	Transporte mediante camión de carga.	
	Transporte mediante tren.	
	Transporte mediante avión.	
Proceso:		
Información:	Pronóstico, plan de producción, programación.	
Casillero de datos:	Indicadores del proceso.	

**Tabla 2-7.:** Simbología básica de un Mapa de Valor (VSM) (2-3). [López, 2019].

<b>Nombre:</b>	<b>Descripción:</b>	<b>Símbolo:</b>
Flecha de empuje:	Conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante un sistema push. Significa que el proceso produce algo con independencia de la demanda real.	
Flecha de arrastre:	Este símbolo representa el traslado de materias primas y producto terminado. De proveedor a planta o de planta a cliente.	
Flecha para conectar el flujo de materiales entre operaciones:	Cuándo este se lleva a cabo mediante una secuencia: primeras entradas, primeras salidas.	
Inventario:	De materia prima, producto en proceso, producto terminado. Debe indicarse tanto la cantidad como la duración estimada.	
	Información transmitida de forma manual.	
	Información transmitida de forma electrónica.	
Relámpago Kaizen:	Este símbolo representa los puntos dónde deben realizarse eventos de mejora enfocados en implementar la herramienta de Lean Manufacturing expresada.	
	Kanban de producción.	
	Kanban de transporte.	

**Tabla 2-8.:** Simbología básica de un Mapa de Valor (VSM) (3-3). [López, 2019].

Nombre:	Descripción:	Símbolo:
Línea de tiempo:	Muestra los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor, y los tiempos de las actividades que no agregan valor.	
Personal:	La cifra que aparece junto a este símbolo indica el número de personas necesarias para realizar el proceso. Este símbolo se usa en los cuadros de proceso.	
Supermercado:	Se trata de un inventario supervisado, donde un proceso anterior se encarga de gestionar los niveles de existencias.	
Control:	Se hace referencia a un ajuste no planificado de la producción basado en un recuento de inventario.	

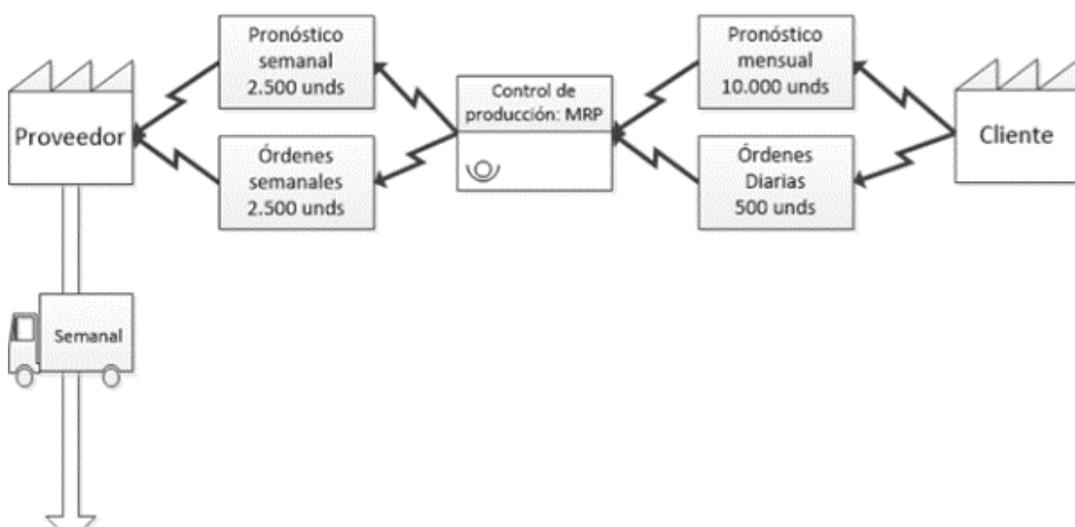
### Pasos para construir un Mapa de Flujo de Valor

1. La construcción del mapa inicia colocando el símbolo del cliente en la esquina superior derecha del plano. Luego conectamos el flujo de información (manual o electrónica) por medio del cual se relaciona la demanda del cliente (pronóstico y pedidos reales) con el control de la producción. Acto seguido, se relaciona el control de la producción con los requerimientos enviados al proveedor con las previsiones del material, conectando el flujo de información por medio del cual se relaciona la necesidad de materiales con los proveedores.



**Figura 2-42.:** 1.- Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019].

2. El siguiente paso consiste en representar el transporte desde los proveedores hacia la empresa.



**Figura 2-43.:** 2.- Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019].

3. Dibujamos la secuencia de las operaciones estableciendo el tiempo de cada operación, el tiempo de cambio de producto, la disponibilidad de los equipos, el tiempo disponible y los inventarios en proceso.

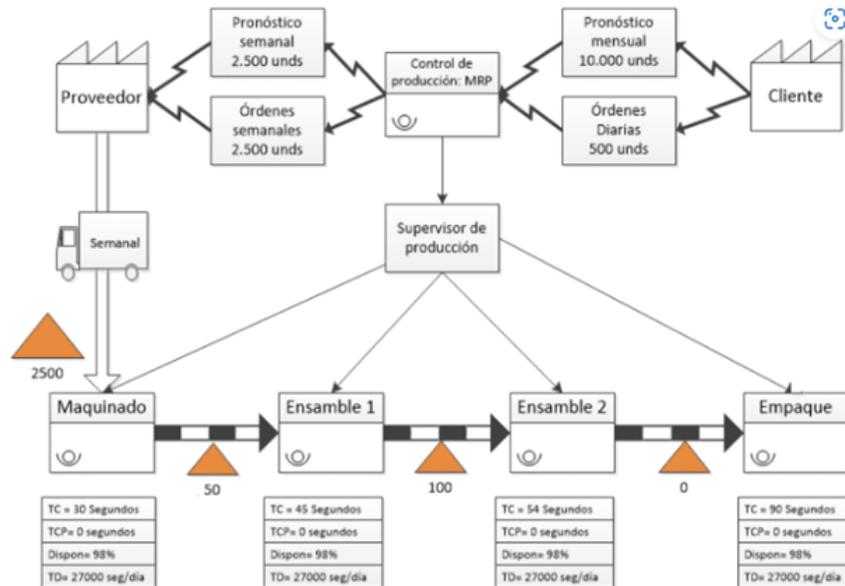


Figura 2-44.: 3.- Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019].

4. Representamos el programa de producción que indica la cantidad que debe procesar cada operación, así como el flujo de información (manual o electrónica) que relaciona estas operaciones. Además representamos el transporte desde la fábrica hacia los clientes.

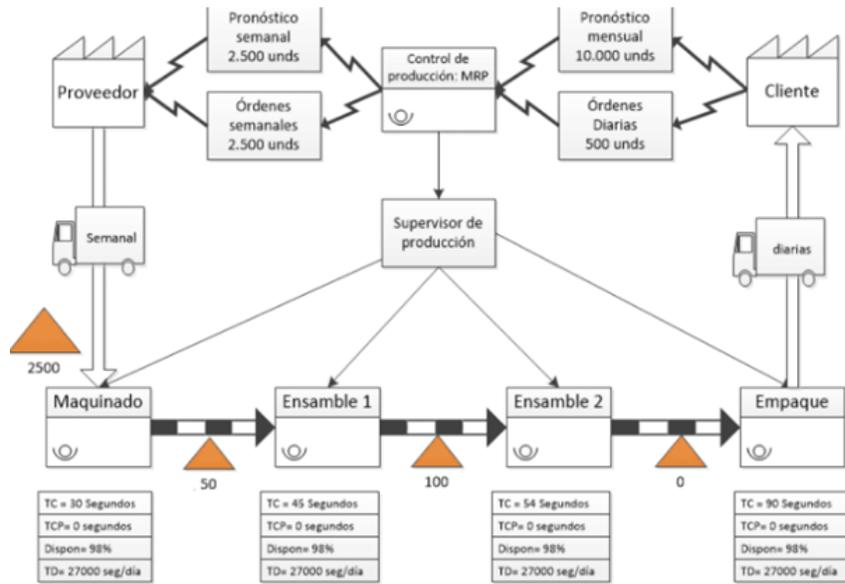
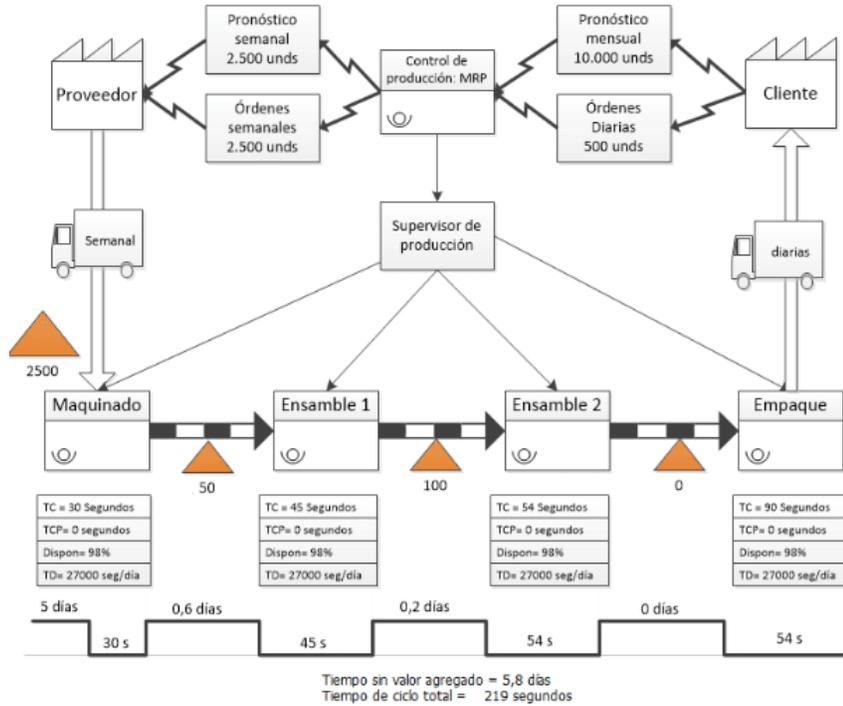


Figura 2-45.: 4.- Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019].

5. Representamos mediante una escalera los tiempos de ciclo de cada operación (valor agregado) en la parte de abajo de los escalones; y el tiempo que no agrega valor en los escalones superiores. Los inventarios deben registrarse en función del tiempo y forman parte de lo que

no agrega valor en el proceso. Para ello podemos dividir la cantidad de cada inventario entre la cantidad diaria requerida por el cliente.



**Figura 2-46:** 5.- Pasos para la la elaboración VSM.[López, 2019].

6. Calculamos el tiempo takt:

Tiempo disponible = 27000 segundos / día

Demanda diaria = 500 unidades / día

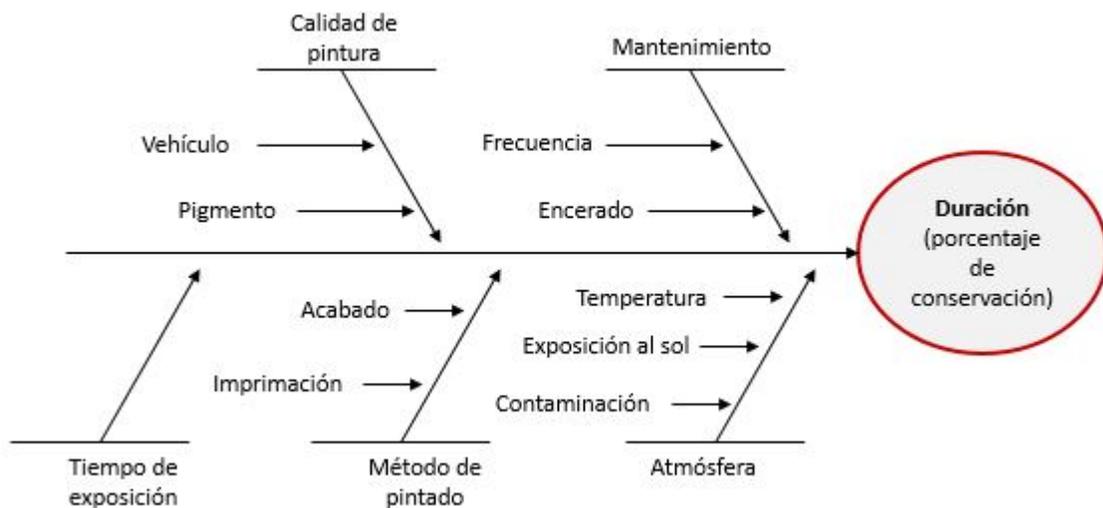
Tiempo takt = 27000 / 500 = 54 segundos / unidad

Esto significa que el cliente compra con una frecuencia promedio de 54 segundos por día, de tal manera que este tiempo debe ser nuestro objetivo de producción. Ya en el Mapa de Valor podemos observar que existen procesos por mejorar e inventarios por reducir. El paso siguiente será entonces, construir el Mapa de Valor futuro en el cual deberán identificarse los eventos Kaizen de mejora.

## 2.8. Diagrama Causa-Efecto

El diagrama de causas-efecto de Ishikawa, así llamado en reconocimiento a Kaouru Ishikawa ingeniero japonés que lo introdujo y popularizó con éxito en el análisis de problemas en 1943 en la Universidad de Tokio durante una de sus sesiones de capacitación a ingenieros de una empresa metalúrgica explicándoles que varios factores pueden agruparse para interrelacionarlos. Este diagrama es también conocido bajo las denominaciones de cadena de causas-consecuencias, diagrama de espina de pescado o “fish-bone”.

El diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables. Ver Figura 2-47.



**Figura 2-47.:** Estructura diagrama causa-efecto.[Tejada, 2018].

Se usa el diagrama de causas-efecto para:

- Analizar las relaciones causas-efecto
- Comunicar las relaciones causas-efecto
- Facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.

Esta herramienta no ofrece respuesta a una pregunta, como el análisis de Pareto, diagramas Scatter o histogramas; en el momento de generar el diagrama causa-efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos. Por otra parte, un diagrama

causa-efecto bien organizado sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido [Zapata et al., 2006].

Este diagrama se debe utilizar cuando se pueda contestar “Sí” a una o a las dos preguntas siguientes:

1. ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
2. ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?[Doria and Haustein, 2019].

En este diagrama se representan los principales factores (causas) que afectan la característica de calidad en estudio como líneas principales y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta que están representados todos los factores factibles de ser identificados.

El diagrama de Ishikawa permite apreciar, fácilmente y en perspectiva, todos los factores que pueden ser controlados usando distintas metodologías. Al mismo tiempo permite ilustrar las causas que afectan una situación dada, clasificando e interrelacionando las mismas.

El diagrama puede ser diseñado por un individuo, pero es aconsejable que el mismo sea el resultado de un esfuerzo del equipo de trabajo quien previamente utilizó el diagrama de afinidades.

## Metodología

Las etapas para hacer un diagrama de causas-efecto son las siguientes:

1. Decidir el efecto (por ejemplo, una característica de la calidad) que se quiere controlar y/o mejorar o un problema (real o potencial) específico.
2. Colocar el efecto en un rectángulo en el extremo de una flecha.
3. Escribir los principales factores vinculados con el efecto sobre el extremo de flechas que se dirigen a la flecha principal (en general se considera aquí los factores de variabilidad más comunes). Cada grupo individual forma una rama.
  - a. Como ejemplo las principales categorías consideradas son 6: medio ambiente, máquinas, material, métodos, mano de obra y administración. Tener presente que no todas las 6 categorías se aplican a todos los problemas. Otras categorías pueden ser: datos y sistemas de información; ambiente; mediciones; etc.

Las categorías definidas en un diagrama de afinidades, derivado de un torbellino de ideas, puede ser utilizadas como contribuciones para estos factores principales.

4. Escribir, sobre cada una de estas ramas, los factores secundarios. Un diagrama bien definido tendrá ramas de al menos dos niveles y varias ramas tendrán tres o más niveles
5. Continuar de la misma forma hasta agotar los factores.
6. Completar el diagrama, verificando que todas las causas han sido identificadas.

Un buen diagrama de causas-efecto es el que se ajusta al propósito para el cual se elabora y que no tiene una forma definida. Un mal diagrama de causas-efecto es aquel que solamente identifica efectos primarios. Las categorías definidas en un diagrama de afinidades, derivado de un torbellino de ideas, puede ser utilizadas como contribuciones para estos factores principales [uruguayo de Normas Técnicas, 2009].

## 3. Capítulo 3. Desarrollo.

En este tercer capítulo se identifica el área de centrifugación de ahí la participación en el proceso de producción de azúcar, así como el reconocimiento de la infraestructura en el área de centrifugación.

A propósito de la identificación del proceso de producción mediante el apoyo de herramientas de ingeniería (Diagrama de flujo, Mapa de Flujo de Valor, Diagrama causa-efecto) enfocadas a la identificación del proceso y solución de problemas.

Por esta razón se hace el estudio de la capacidad de azúcar entregada a la infraestructura (Transportador helicoidal de A) para verificar que los componentes internos sean los adecuados, así mismo el análisis de resistencia mecánica a la fatiga.

A propósito de proponer y elaborar un plan de mejora con herramientas de ingeniería (Diagrama de flujo, Diagrama gant).

### 3.1. Departamento de Centrifugas

El departamento de centrifugas es una parte importante el proceso de producción de azúcar, ya que aquí la masa es separada por medio de la centrifugas para obtener azúcar húmeda y miel.

En principio la masa cocida pasa por las centrífugas, máquinas giratorias en las cuales se hace la separación de los cristales y de licor madre por medio de la fuerza centrífuga aplicada, después se lleva acabo un lavado con agua de condensados puros a una temperatura de 90-95 °C, ya que estos equipos giran a 1200-1800 rpm.

En el área de centrifugación, la infraestructura (centrifugas) se encuentran distribuidas en línea para el desempeño de la alimentación de masa y se beneficia la transportación de azúcar húmeda a la siguiente área de secado.

El ingenio azucarero de Atencingo cuenta actualmente con 21 centrifugas distribuidas en tres baterías A, B y C. Ver Figura 3-1.



**Figura 3-1.:** Departamento centrifugación.

La batería de A esta compuesta de 11 centrifugas de tipo bache para masa de A, dentro del área de producción de masa de A, se encuentra a su vez el Transportador Helicoidal de Azúcar Humedad de A y el Elevador de cangilones de azúcar húmeda de A.

La batería de B y C está compuesta de 10 centrifugas tipo continua, distribuidas 5 centrifugas continuas para masa de B y las ultimas 5 son para masa de C. En la batería de B y C se encuentran sus transportadores helicoidales de masa y los minglers.

A continuación, se muestran los modelos de las centrifugas dentro del Ingenio Azucarero de Atencingo. Ver Tabla **3-1**.

Primeramente, se muestra el departamento de centrifugas y la maquinaria que lo compone. Se observa la batería de la centrifugas de A. Ver Figura **3-2** . Las centrifugas de las cuales esta compuesta la batería de centrifugas de A; Ver Figura **3-3** y **3-4**. Por último, se encuentra el transportador helicoidal de azúcar húmeda; Ver Figura **3-5**.

**Tabla 3-1.:** Tipos de Centrifugas en Ingenio Azucarero Atencingo.

Tipo	Marca	Modelo	Cantidad	C. de A	C. de B	C. de C
Bache	Silver Weibull	SW-2250/S	1	11		
Bache	Western States Machine Company	Bache G8-C	10			
Continua	Silver Weibull	5230	1		5	
Continua	Conversión	CC6 - 30° x 1100	3			
	CC6-Fabredi	mm,				
Continua	BMA	K-3300	1			
Continua	Conversión	CC6 - 30° x 1100	4			
	CC6-Fabredi	mm,				
Continua	BMA	K-3300	1			5

**Figura 3-2.:** Batería de centrifugas de A.



**Figura 3-3.:** Centrifuga: Silver weibull SW-2250/S, Tipo Bache, Batería de centrifugas de A.



**Figura 3-4.:** Centrifuga: Western states machine company, Bache G8-C, Tipo Bache, Batería de centrifugas de A.



Figura 3-5.: Transportador helicoidal de azúcar húmeda de A.

### 3.2. Batería de centrifugas de A.

El estudio propuesto se centra en la batería de centrifugas de A. A continuación se muestra la distribución de las centrifugas de A del Ingenio Azucarero de Atencingo. Ver Figura 3-6.

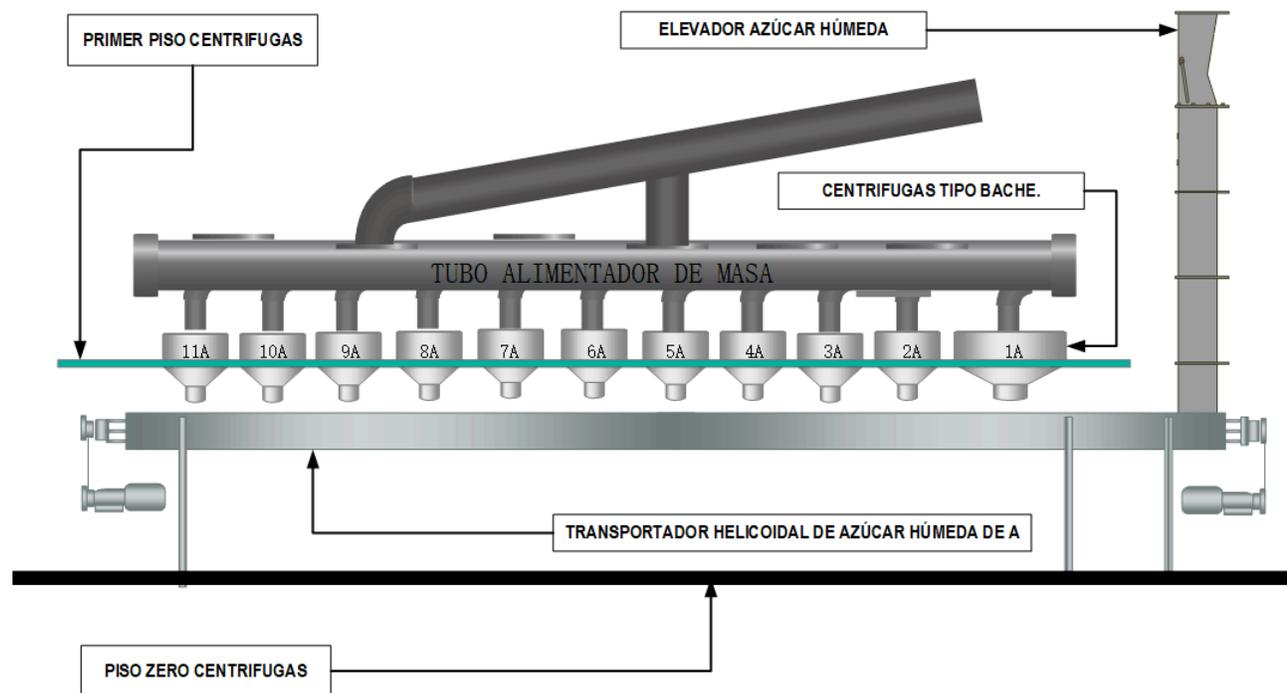


Figura 3-6.: Batería de centrifugas A: Tipo Bache en el Ingenio Azucarero de Atencingo.

El siguiente diagrama de producción se enfoca en el área de centrifugas parte importante del proceso de producción del azúcar, nos enfocaremos únicamente proceso en la batería de centrifugas de A. Ver Figura 3-7.

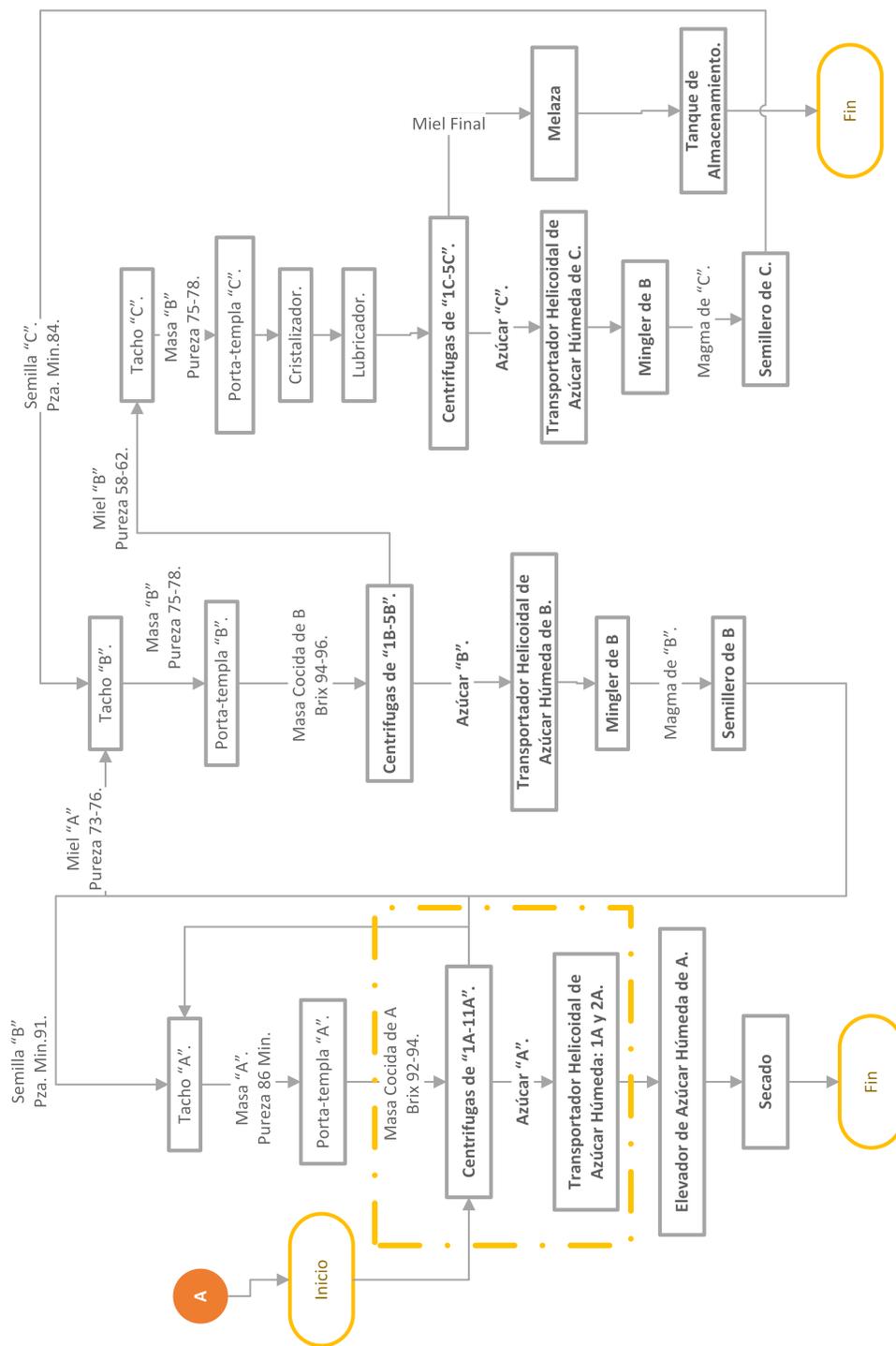


Figura 3-7.: Diagrama de producción de azúcar enfocado en el área de centrifugación.

El diagrama de producción de centrifugas (Ver Figura 3-7) es explicado continuación con ayuda de los siguientes conceptos:

1. **Centrífuga “A”:** Maquina que por medio de un movimiento centrífugo a 1200 R.P.M. separa el grano de azúcar de la miel que contiene la masa cocida de “A”. Elementos principales de la maquina: Motor eléctrico de 75 H.P., Cabezal de transmisión, Flecha principal y canasta perforada para purgado.
2. **Masa cocida “A”:** Templa elaborada en los tachos de “A” el cual contiene cristales de sacarosa con una cantidad y tamaño determinado rodeados de miel.
3. **Miel “A”:** Miel que sale de la centrífuga al purgar la masa cocida de “A”
4. **Azúcar “A”:** Grano cristalino de tamaño determinado que separa la centrífuga en su ciclo de purgado.
5. **Ciclo de purgado:** Tiempo que tarda una centrífuga de “A” (de bache) al purgar una carga, separando la miel y el azúcar, los tiempos por cada carga son los siguientes:
  - **Tiempo cargado de masa.**
  - 1er. Purgado: 15 a 20 seg.
  - 1er. Lavado: 3 a 5 seg.
  - 2do. Purgado: 20 a 30 seg.
  - 2do. Lavado: 10 a 15 seg.
  - Secado: 45 a 60 seg.
  - Frenado regenerativo: 5 seg.
  - Frenado mecánico: 15 seg.
  - Descarga: 10 seg.
  - Lavado de canasta: 5 seg.
6. **Transportador Helicoidal de Azúcar 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup>:** Equipo que transporta azúcar de las centrifugas de A al elevador de azúcar por medio de listones helicoidales de acero inoxidable.
7. **Elevadores de Azúcar:** Equipo que transporta el azúcar de un lugar a otro por medio de una cadena plana el cual lleva unos cangilones de acero inoxidable.
8. **Centrífuga de “B”:** Equipo que trabaja a 1800 R.P.M. movido por un motor de 75 H.P. transmitido este movimiento por medio de poleas y bandas a una canasta cónica, la cual está diseñada para separar el azúcar y la miel. Dicha canasta debe estar perforada y cubierta por una entretela y tela para el purgado de la masa.

9. **Masa de “B”:** Templa elaborada en los tachos de “B” con un tamaño y cantidad determinada de cristales de sacarosa los cuales están rodeados de miel.
10. **Magma de “B”:** Azúcar que separa de la masa de “B” la centrifuga de “B”, que al ser mezclada ésta con agua o meladura produce un material que se nombra magma de “B” con pureza de 90 a 93.
11. **Miel “B”:** Miel que separa la centrifuga de “B” de la masa de “B” con pureza de 55 a 58.
12. **Centrífuga de “C”:** Equipo que trabaja a 2000 R.P.M. movido por un motor de 75 H.P. transmitido este movimiento por medio de poleas y bandas a una canasta cónica la cual está diseñada para separar el azúcar y la miel. Dicha canasta debe estar perforada y cubierta por una entretela y tela para el purgado de la masa.
13. **Masa de “C”:** Templa elaborada en los tachos de “C” con un tamaño y cantidad determinada de cristales de sacarosa los cuales están rodeados de miel.
14. **Magma de “C”:** Azúcar que separa de la masa de “C” la centrifuga de “C”, que al ser mezclada esta con agua produce un material que se le da el nombre de magma de “C”, con una pureza de 84 a 86.
15. **Miel Final:** Miel que separa la centrifuga de “C” de la masa de “C”, el cual sufrió su ultimo agotamiento con una pureza promedio de 37.0 a 40.0 y brix de 84.0 a 88.0.

### 3.3. Mapeo flujo de valor (VSM).

#### 3.3.1. Análisis de azúcar máxima producida por la batería A.

Cálculo de azúcar húmeda producida por la batería A (centrifugas, tipo: bache) y entregada al transportador de azúcar húmeda. El siguiente calculo es teórico de acuerdo las propiedades físicas de la materia prima, se busca obtener el volumen mínimo y el máximo.

De las cuales se analizaran los dos modelos centrifugas que componen la batería A: Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7 y Centrifuga Tipo Bache Silver 2250/s de 72x47-10, los cuales entregan azúcar húmeda al transportador helicoidal.

#### Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7

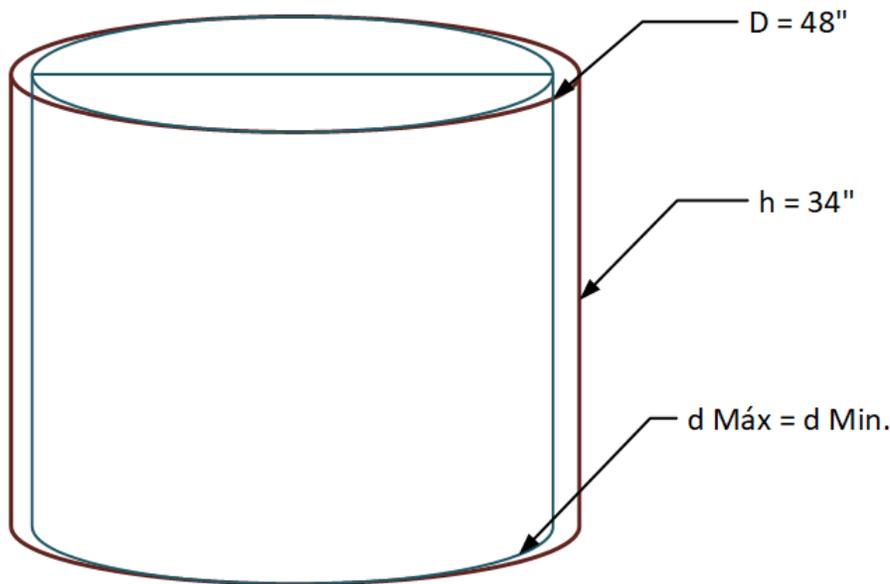


Figura 3-8.: Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7.

Datos=

- $D = 48_{in}$ .
- $d_{Máx} = 34_{in}$ .
- $d_{Min} = 36_{in}$ .
- $h = 36_{in}$

$$\text{Área } \dot{1} = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 48^2}{4} = 1,809,557368_{in^2}. \quad (3-6)$$

- $\text{Área } \dot{1} = 1,809,557368_{in^2}$
- $\text{Área } \ddot{1} = 1,809,557368_{in^2}$

$$\text{Área } \dot{2} = \frac{\pi * d_{máx}^2}{4} = \frac{\pi * 34^2}{4} = 907,9203_{in^2}. \quad (3-7)$$

- $\text{Área } \dot{2} = 907,9203_{in^2}$ .

$$\text{Área } \ddot{2} = \frac{\pi * d_{máx}^2}{4} = \frac{\pi * 36^2}{4} = 1,017,8760_{in^2}. \quad (3-8)$$

- $\text{Área } \ddot{2} = 1,017,8760_{in^2}$ .

#### Área Máxima Total de Masa.

$$[\text{Área } \dot{1} - \text{Área } \dot{2}] = [1,809,557368_{in^2} - 907,9203_{in^2}] = 901,63713_{in^2}. \quad (3-9)$$

- $\text{Área } \text{Máx} = 901,63713_{in^2}$ .

#### Área Mínima Total de Masa.

$$[\text{Área } \ddot{1} - \text{Área } \ddot{2}] = [1,809,557368_{in^2} - 1,017,8760_{in^2}] = 791,6813_{in^2}. \quad (3-10)$$

- $\text{Área } \text{Min} = 791,6813_{in^2}$ .

#### Volumen Máximo.

$$[\text{Volumen } \text{Máx} * h] = [901,63713_{in^2} * 36_{in.}] = 32,458,9353_{in^3}. \quad (3-11)$$

- $\text{Volumen } \text{Máx} = 32,458,9353_{in^3} = 18,7841_{ft^3} = 0,5319_{in^3}$ .

#### Volumen Mínimo.

$$[\text{Volumen } \text{Min} * h] = [791,6813_{in^2} * 36_{in.}] = 28,500,5286_{in^3}. \quad (3-12)$$

- $\text{Volumen } \text{Min} = 28,500,5286_{in^3} = 16,4934_{ft^3} = 0,4670_{in^3}$ .

Con °Brix de Masa de A y una Temperatura, su densidad:

- °Brix Masa de A= 93,5 @ 68 C° ∴ 93,5 = 1,50738.
- La densidad del Agua es= 68 C° ∴  $h = 978,78_{kg/m^3}$ .

Por lo tanto la Densidad de la Masa de A es =

$$Densidad M.A = [1,50738 * 978,78_{kg/m^3}] = 1,475,3934_{kg/m^3} = 92,1058_{lb/ft^3}. \quad (3-13)$$

Determinando la cantidad de Masa que carga por ciclo una Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7,tenemos lo siguiente=

- Cantidad de Masa Carga por Ciclo= [*Densidad de Masa A \* Volumen Máx*].

$$[Densidad de Masa A * Volumen Máx] = [1,475,3934_{kg/m^3} * 0,5319_{m^3}] = 784,7717_{kg_{masaA}}. \quad (3-14)$$

Como Máxima Carga=

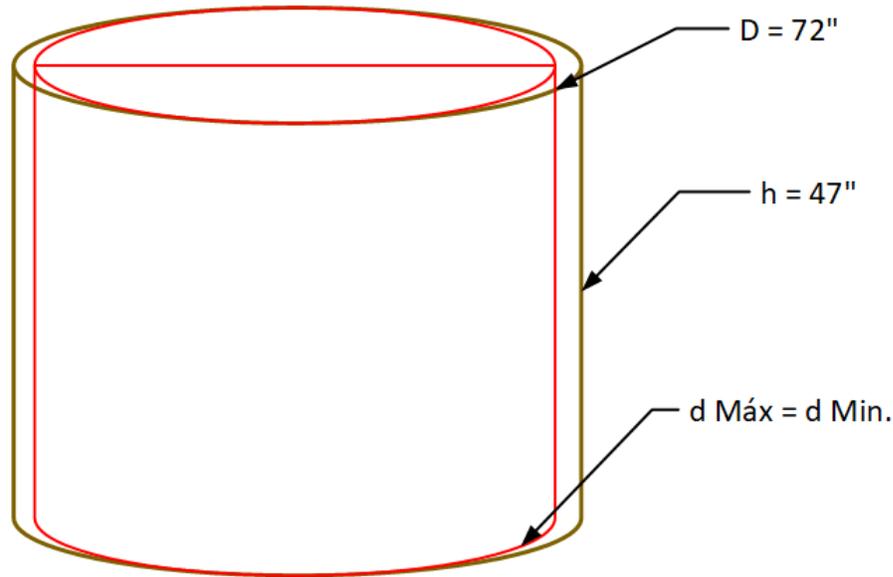
$$Densidad de Masa cargada por ciclo = 784,7717_{kg_{masaA}} = 1,730,1251_{lb_{masaA}} \quad (3-15)$$

- Cantidad de Masa Carga por Ciclo= [*Densidad de Masa A \* Volumen Min*].

$$[Densidad de Masa A * Volumen Min] = [1,475,3934_{kg/m^3} * 0,4670_{m^3}] = 689,0678_{kg_{masaA}}. \quad (3-16)$$

Como Minima Carga=

$$Densidad de Masa cargada por ciclo = 689,0678_{kg_{masaA}} = 1,507,38_{lb_{masaA}} \quad (3-17)$$

**Centrifuga Tipo Bache Silver 2250/s de 72x47-10****Figura 3-9.:** Centrifuga Tipo Bache Silver 2250/s de 72x47-10.**Datos=**

- $D = 72_{in}$ .
- $d_{Máx} = 52_{in}$ .
- $d_{Min} = 56_{in}$ .
- $h = 47_{in}$

$$\text{Área } \dot{1} = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 52^2}{4} = 4,071,5041_{in^2}. \quad (3-18)$$

- $\text{Área } \dot{1} = 4,071,5041_{in^2}$
- $\text{Área } \ddot{1} = 4,071,5041_{in^2}$

$$\text{Área } \dot{2} = \frac{\pi * d_{máx}^2}{4} = \frac{\pi * 52^2}{4} = 2,123,7160_{in^2}. \quad (3-19)$$

$$\text{Área } \ddot{2} = \frac{\pi * d_{máx}^2}{4} = \frac{\pi * 56^2}{4} = 2,463,0086_{in^2}. \quad (3-20)$$

- $\dot{Área} = 2,123,7160_{in^2}$ .

- $\ddot{Área} = 2,463,0086_{in^2}$ .

### Área Máxima Total de Masa.

$$[\dot{Área} \dot{1} - \dot{Área} \dot{2}] = [4,071,5041_{in^2} - 2,123,7160_{in^2}] = 1,957,7874_{in^2}. \quad (3-21)$$

- $\dot{Área} \dot{Máx} = 1,957,7874_{in^2}$ .

### Área Mínima Total de Masa.

$$[\ddot{Área} \dot{1} - \ddot{Área} \dot{2}] = [4,071,5041_{in^2} - 2,463,0086_{in^2}] = 1,608,4954_{in^2}. \quad (3-22)$$

- $\ddot{Área} \dot{Min} = 1,608,4954_{in^2}$ .

### Volumen Máximo.

$$[Volumen \dot{Máx} * h] = [1,957,7874_{in^2} * 47_{in}] = 91,546,0099_{in^3}. \quad (3-23)$$

- $Volumen \dot{Máx} = 91,546,0099_{in^3} = 52,9780_{ft^3} = 1,3002_{in^3}$ .

### Volumen Mínimo.

$$[Volumen \dot{Min} * h] = [1,608,4954_{in^2} * 47_{in}] = 75,599,2856_{in^3}. \quad (3-24)$$

- $Volumen \dot{Min} = 75,599,2856_{in^3} = 43,7996_{ft^3} = 1,2389_{in^3}$ .

Con °Brix de Masa de A y una Temperatura, su densidad:

- °Brix Masa de A = 93,5 @ 68 C° ∴ 93,5 = 1,50738.

- La densidad del Agua es = 68 C° ∴  $h = 978,78_{kg/m^3}$ .

Por lo tanto la Densidad de la Masa de A es =

$$Densidad \dot{M.A} = [1,50738 * 978,78_{kg/m^3}] = 1,475,3934_{kg/m^3} = 92,1058_{lb/ft^3}. \quad (3-25)$$

Determinando la cantidad de Masa que carga por ciclo una Centrifuga Tipo Bache W.S.M.Co de 48x36-7, tenemos lo siguiente =

- Cantidad de Masa Carga por Ciclo =  $[Densidad \dot{de} \dot{Masa} \dot{A} * Volumen \dot{Máx}]$ .

$$[Densidad \dot{de} \dot{Masa} \dot{A} * Volumen \dot{Máx}] = [1,475,3934_{kg/m^3} * 1,3002_{m^3}] = 2,213,34_{kg_{masaA}}. \quad (3-26)$$

Como Máxima Carga =

$$Densidad \dot{de} \dot{Masa} \dot{cargada} \dot{por} \dot{ciclo} = 2,213,34_{kg_{masaA}} = 4,879,5825_{lb_{masaA}} \quad (3-27)$$

- Cantidad de Masa Carga por Ciclo= [*Densidad de Masa A \* Volumen Min*].

$$[Densidad de Masa A * Volumen Min] = [1,475,3934_{kg/m^3} * 1,2389_{m^3}] = 1,827,79_{kgmasaA}. \quad (3-28)$$

**Como Minima Carga=**

$$Densidad de Masa cargada por ciclo = 1,827,79_{kgmasaA} = 4,029,5907_{lbmasaA} \quad (3-29)$$

Merece la pena subrayar la azúcar entregada por las centrifugas de A al Transportador Helicoidal de acuerdo con el análisis es el siguiente:

- Centrifugas W.S.M. Co de 48 X 36 – 7 (10 Centrifugas), cabe señalar que la entrega por cada centrifuga W.S.M. Co por ciclo, cuenta con un peso: 326 Kgazúcar /ciclo.
- Centrifuga Silver (1 Centrifuga), conviene especificar que la Azúcar entregada por dicha centrifuga da un peso: 919 Kgazúcar/ciclo.

### 3.3.2. **Peso específico de azúcar A: azúcar entregada al transportador helicoidal.**

**Datos Principales:**

- Brix de Templa A: 92 a 93.5 = 93,5 @ 68 C°.
- Pureza de Templa A: 86 a 88 = 85.
- Pureza de Miel A: 72 a 74 = 73.5.
- Pureza de Azúcar: 99.4 a 99.6 = 99.4.

$$Rendimiento de Templa = [Brix de Templa A * \frac{[Pureza de Templa A - Pureza de Miel A]}{[Pureza de Azúcar - Pureza de Miel A]}] \quad (3-30)$$

$$Rendimiento de Templa = [93,5 * \frac{[85 - 73,5]}{[99,4 - 73,5]}] = 41,53\% \text{ de Azúcar en A.} \quad (3-31)$$

41,515% – 100% = 58,48% de Miel.

**R. Templa** = 41,515 % de Azúcar en A y 58,48 % de Miel.

**Peso Especifico del Azúcar A** =  $64,1892_{lb/ft^3} = 1,028,212169_{kg/m^3}$ .

Humedad entre: 65 % a 75 % y Temperatura: 53 a 58 C°.

Contamos en la batería de A con 11 Centrífugas, de las cuales son:

1. Centrífuga Tipo Bache Silver 2250/S (1 Centrífuga), la cual procesa en teoría un total por una sola centrífuga:
  - $1,827,79_{kg/ciclo}$  de Masa A a  $2,213,34_{kg/ciclo}$  de Masa A.
2. Centrífugas Tipo Bache W. S. M.Co. modelo 48 X 36 – 7 (10 Centrífugas), la cual procesa en teoría un total por una sola centrífuga:
  - $689,0678_{kg/ciclo}$  de Masa A a  $784,7717_{kg/ciclo}$  de Masa A.

Cabe hacer mencionar que, al procesar la Masa de A, el 58.48 % es Miel A y el 41.515 % es **Azúcar Húmeda de A "Teóricamente"**, realizando cada una de las centrífugas  $17_{ciclos/hr}$  tomamos la mayor carga.

1. En el Primer caso para la **Centrífuga Silver**:
  - **Carga por Ciclo** =  $2,213,34_{kg/ciclo} = 4,879,5773_{lb/ciclo}$ .
  - **Carga por Hr** =  $2,213,34_{kg/ciclo} * 17_{ciclos/hr} = 37,627_{kg/hr}$ .
  - **Carga por Hr** =  $37,627_{kg/hr} = 82,952,8138_{lb/hr}$ .

**Peso de Azúcar que debe manejar el Transportador Helicoidal por la Centrífuga Silver 2250/s:**

$$Peso\ a\ Manejar\ Transportador\ Helicoidal\ por\ Ciclo = [[C.Ciclo * R.Templa] * [1 Cent]]. \quad (3-32)$$

**Datos=**

- **C.Ciclo** = Carga por Ciclo.
- **R.Templa** = Rendimiennto de Templa.
- **Cent** = Centrífuga.

$$P.M \text{ Transportador Hel por } C = [[4,879,5773_{lb/ciclo} * 41,514\%] * [1 \text{ Cent}]] = 2,025,7782_{lb/ciclo} = 918,8726_{kg/ciclo}.$$

$$\text{Peso a Manejar Transportador Helicoidal por Hora} = [[C.Ciclo.Hr * R.Templa] * [1 \text{ Cent}]]. \quad (3-33)$$

**Datos=**

- **C.Ciclo. Hr** = Carga por Hora.
- **R.Templa** = Rendimiennto de Templa.
- **Cent** = Centrifuga.

$$P.M \text{ Transportador Hel por Hr} = [[82,952,8138_{lb/hr} * 41,514\%] * [1 \text{ Cent}]] = 34,438,2290_{lb/hr} = 15,620,9365_{kg/hr}.$$

$$P.M \text{ Transportador Hel por Turno} = [34,438,2290_{lb/hr} * 8_{hr/turno}] = 275,505,8317_{lb/turno} = 124,967,4917_{kg/turno}.$$

$$P.M \text{ Transportador Hel por Día} = [275,505,8317_{lb/turno} * 3_{turno/día}] = 826,517,49_{lb/día} = 374,902,4752_{kg/día}.$$

**Capacidad que debe manejar el Transportador Helicoidal por la Centrifuga Silver 2250/s:**

$$\text{Capacidad a Manejar Transpotador Helicoidal} = \left[ \frac{[P.M.T.H]}{P.E.AzúcarA} \right] * 1 \text{ Centrifuga} \quad (3-34)$$

$$C.M \text{ Transportador Hel} = \left[ \frac{34,438,2290_{lb/hr}}{64,1892_{lb/ft^3}} * [1 \text{ Cent}] \right] = 536,5113_{ft^3/hr} = 15,1923_{m^3/hr}.$$

2. En el Segundo caso para la **Centrífuga W.S.M. Co 48X36-7:**

- **Carga por Ciclo=**  $784,7717_{kg/ciclo} = 1,730,1251_{lb/ciclo}.$
- **Carga por Hr=**  $784,7717_{kg/ciclo} * 17_{ciclos/hr} = 13,341,12_{kg/hr}.$
- **Carga por Hr=**  $13,341,12_{kg/hr} = 29,412,0958_{lb/hr}.$

Por el total de las 10 Centrifugas W.S.M. Co 48X36-7:

$$P.M \text{ Transportador Hel por Hr} = [13,341,12_{kg/hr} * 10 \text{ Centrifugas}] = 133,411,1811_{kg/hr} = 2984,120,9581_{lb/hr}.$$

$$\text{Peso a Manejar Transportador Helicoidal por Ciclo} = [[C.Ciclo * R.Templa] * [10 Cent]]. \quad (3-35)$$

**Datos=**

- **C.Ciclo** = Carga por Ciclo.
- **R.Templa** = Rendimiennto de Templa.
- **Cent** = Centrifuga.

$$P.M \text{ Transportador Hel por C} = [[784,7717_{kg/ciclo} * 41,514\%] * [10 Cent]] = 7,182,6836_{lb/ciclo} = 3,258,0144_{kg/ciclo}.$$

$$P.M \text{ Transportador Hel por Hr} = [[718,26284_{lb/hr} * 41,514\%] * [10 Cent]] = 112,105,6217_{lb/hr} = 55,386,24_{kg/hr}.$$

$$P.M \text{ Transportador Hel por Turno} = [112,105,6217_{lb/hr} * 8_{hr/turno}] = 976,844,973_{lb/turno} = 443,089,9536_{kg/turno}.$$

$$P.M \text{ Transportador Hel por Día} = [976,844,973_{lb/turno} * 3_{turno/día}] = 2,930,534,92_{lb/día} = 1,329,269,86_{kg/día}.$$

**Capacidad que debe manejar el Transportador Helicoidal por la Centrifuga Silver 2250/s:**

$$\text{Capacidad a Manejar Transpotador Helicoidal} = \left[ \frac{[P.M.T.H]}{P.E.AzúcarA} \right] * 1 \text{ Centrifuga} \quad (3-36)$$

$$C.M \text{ Transportador Hel} = \left[ \frac{112,105,6217_{lb/hr}}{64,1892_{lb/ft^3}} \right] = 1,902,2770_{ft^3/hr} = 53,8665_{m^3/hr}.$$

**Sumatoria Total de flujo másico por todas las máquinas en manejo de azúcar estándar:**

$$\sum_{kg/ciclo} = 918,8726_{kg/ciclo} + 3,258,0144_{kg/ciclo} = 4,176,8930_{kg/ciclo}.$$

$$\sum_{kg/hr} = 15,620,9365_{kg/hr} + 55,386,24_{kg/hr} = 71,007,1807_{kg/hr}.$$

$$\sum_{kg/turno} = 124,967,4917_{kg/turno} + 443,089,9536_{kg/turno} = 568,057,4453_{kg/turno}.$$

$$\sum_{kg/dia} = 374,902,4752_{hr/dia} + 1,329,269,861_{kg/dia} = 1,704,172,336_{kg/dia}.$$

Para terminar dicha información será de apoyo para el análisis del mapa de valor propuesto de Martin Sprockect: selección de transportador helicoidal, el siguiente se centra únicamente en la primera sección del transportador helicoidal donde se encuentra presentes problemáticas de atascamiento y fracturas del transportador. A su vez servirá de apoyo para el análisis de resistencia mecánica al fatiga de los componentes del transportador helicoidal.

### 3.3.3. Recolección de la información:

Para la elaboración del VSM fue necesaria la toma de tiempos de cada uno de los subprocesos, así como las esperas que se pueden presentar en cada uno de ellos.

Tabla 3-2.: Tiempos de proceso centrifugas: batería A.

Proceso:	Centrifugas de A:										
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
Lavado de telas (seg):	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Velocidad primer lavado (RPM):	700	900	900	650	900	900	900	900	900	900	900
Primer lavado (seg):	7	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Espera segundo lavado (seg):	9	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Segundo lavado (seg):	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Secado (seg):	28	30	30	28	30	30	34	30	30	30	30
Clasificador a lavados (seg):	6	31	31	7	31	31	31	31	31	31	31
Regreso clasificador a mieles (seg):	20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tiempo de ciclo (seg):	207	204	214	171	209	203	215	200	217	203	206
Ciclos/hora:	17	18	17	21	17	18	17	18	17	18	17
Porcentaje de recarga (%):	75	80	80	80	85	85	80	80	90	85	90

### 3.3.4. Análisis de azúcar real producida por la batería A:

Para la elaboración del VSM fue necesaria la toma de azúcar producida real por medio de las centrifugas en la batería A, ya que las mismas trabajan a diferentes capacidades de carga de material y el azúcar entregada al elevador. Ver Tabla

**Tabla 3-3.:** Cantidad de azúcar real entrega por la batería de centrifugas de A al elevador de azúcar.

Batería de centrifugas de A:											
Descripción	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
Volumen %	75 %	80 %	80 %	80 %	85 %	85 %	80 %	80 %	90 %	85 %	90 %
Vol x Carga	39.73	15.02	15.02	15.02	15.96	15.96	15.02	15.02	16.90	15.96	16.90
Azúcar, Máx x ciclo	3,659.69	1,384.10	1,384.10	1,384.10	1,470.61	1,470.61	1,384.10	1,384.10	1,557.11	1,470.61	1,557.11
Azúcar, Rea x ciclo	5,828.699	1,768.46	9,768.46	9,768.46	10,378.99	10,378.999	9,768.46	9,768.46	10,989.51	10,378.99	10,989.51
Azúcar húmeda x día	193,715.193	73,263.43	73,263.43	73,263.43	77,842.39	77,842.397	73,263.43	73,263.43	82,421.36	77,842.39	82,421.36
Vol x ciclo	23.67	8.95	8.95	8.95	9.51	9.51	8.95	8.95	10.07	9.51	10.07
Vol x día	402.38	152.18	152.18	152.18	161.69	161.69	152.18	152.18	171.21	161.69	171.21
<b>Transportador de azucara húmeda 2A y 1A:</b>											
	4,510.13	lb * ciclo									
	1,725,123.97	lb * dia									
	70.26	$\frac{lb}{ft^3}$ * ciclo									
	28,667.32	$\frac{lb}{ft^3}$ * dia									

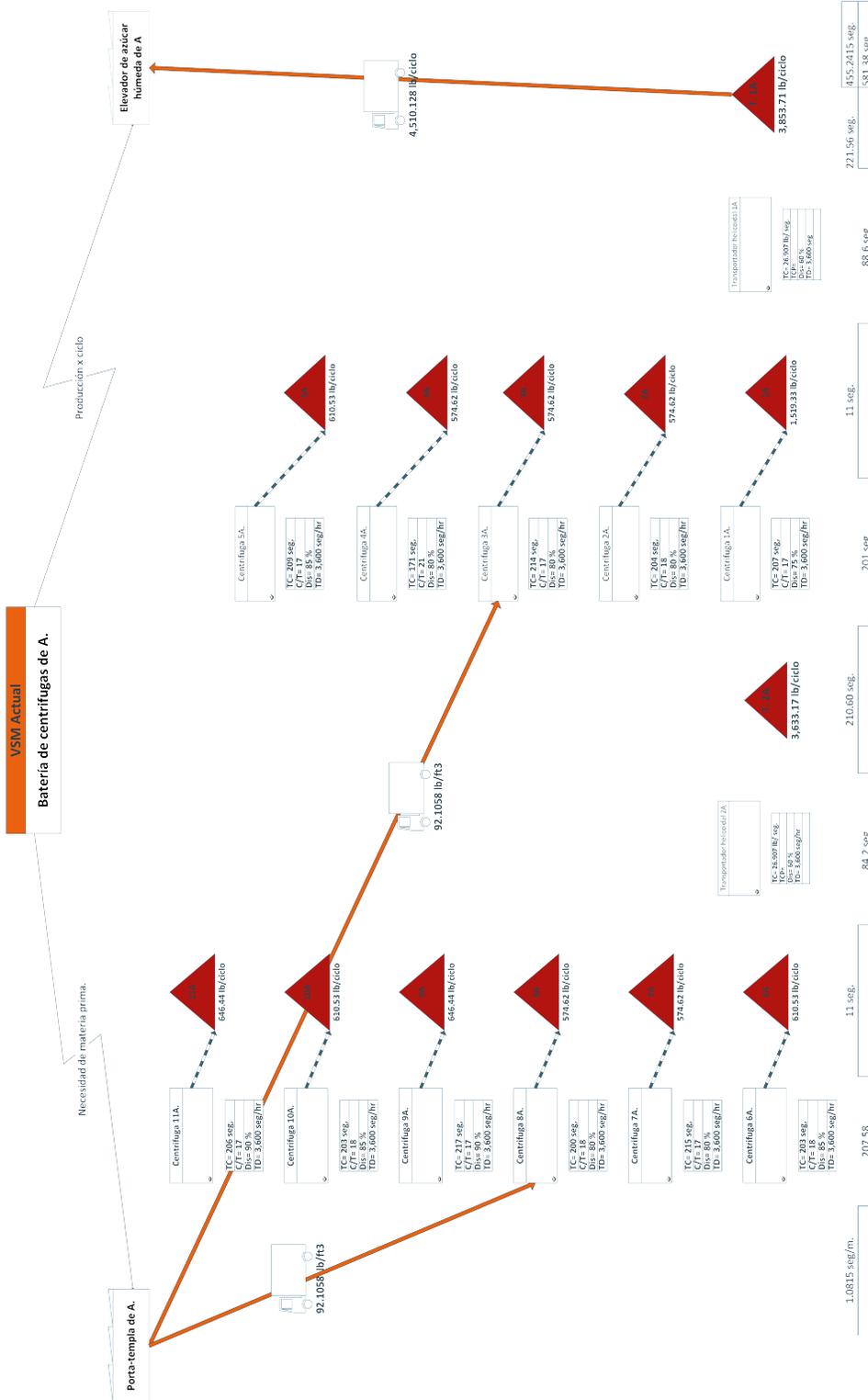


Figura 3-10: VSM Actual

### 3.3.5. Diagnóstico del Mapa de flujo de valor: Actual.

Como se puede observar en el mapeo de flujo de valor se observa el transportador helicoidal el cual se encuentra trabajando al 60 %, de acuerdo con la teoría dicho equipo debe trabajar al 30 % por propiedades físicas del material a transportar, en este caso azúcar húmeda que tiende a compactarse. Al compactarse dicho material genera esfuerzos que pueden fracturar los componentes del transportador de azúcar.

Para comprender la situación actual del equipo, se analizan los antecedentes del transportador de azúcar desde la zafra: 2017-2018 al 2019-2020, las pérdidas monetarias que causa un el paro o daño parcial del equipo.

### 3.3.6. Antecedentes del transportador de azúcar húmeda de A



**Figura 3-11.:** Transportador helicoidal de azúcar húmeda de A.

El Transportador helicoidal de azúcar húmeda de A: 1<sup>a</sup> de azúcar húmeda, se recibe en la fecha 2017/2018 con el reductor 1<sup>a</sup> Dodge modelo TA6307H15 modelo 906002-GV16 2952342 102 1854 15.45 con relación de velocidad 15.451:1 de 60 HP, montado en flecha y con el motor eléctrico a un costado de la descarga del transportador, (mismo, que daño la espiga por estar montado directo sin un soporte). Con un juego de poleas lado motor de 10 plg de diámetro y lado reductor de 8.25 plg, con 5 bandas Banda Gates Hi Power II C-124, que originalmente tenía unas 94.7754 RPM el transportador. Como antecedente se tiene que el

proceso de fractura del listón helicoidal de la primera sección tuvo una frecuencia de 4 veces.

Se optó por montar el reductor Falk 2090 Y2 con relación de velocidad 42:1 HP de trabajo 75, de ejes paralelos con juego de poleas MPC Sprockets 14MX112S125-6050 y Banda dentada Gates 14MGT4326 con 309 dientes, mismo que dio buen resultado en la transmisión, pero no en los elementos giratorios ( flecha,/espiga, tubo principal) ya que se fracturaron en diferentes ocasiones la espiga, y el tubo derivado de la posiblemente de la desincronización en las descargas de las centrifugas, sobre cargando el conductor, independientemente que entro en operación continua la centrífuga 1A Silver Weibull modelo SW-2250/S.

Lo anterior aunado al inconveniente de la escasa inclinación en la garganta de descarga, al elevador (39°) y con un área reducida ya que obstruía el desalojo del azúcar provocando atornes de azúcar de consideración, estos a su vez provocan sobre esfuerzos en el listón helicoidal de A, la placa soporte de la chumacera no estaba fijada correctamente sobre su bastidor, estaba separando 1.2 metros, lo cual generaba un inconveniente para el desalojo de esfuerzos.

A continuación, se muestra el listado de los problemas presentados en Zafras anteriores, se resaltan las fechas de fractura en el Transportador Helicoidal de Azúcar Húmeda de A. Ver Tablas: 3-4 y 3-5.

**Tabla 3-4:** Antecedentes de problemas en zafras: 2017 - 2018.

<b>Inicio de Zafra:</b>	15 de noviembre de 2017			
<b>Fin de Zafra:</b>	25 de mayo de 2018			
<b>Días de Zafra:</b>	192	100.00 %		
<b>Z 17-18</b>	Causa	Hrs Perdidas P.	Dia de Zafra:	Avance Zafra (%)
04/01/2018	Atascamiento	1	51	27 %
29/01/2018	Atascamiento	1	76	40 %
22/03/2018	Atascamiento	1	128	67 %
26/03/2018	Atascamiento	1	132	69 %
26/04/2018	Daño	3	163	85 %
08/05/2018	Atascamiento	2	175	91 %

**Tabla 3-5.:** Antecedentes de problemas en zafra: 2018 - 2019, 2019-2020.

<b>Inicio de Zafra:</b>	07 de noviembre de 2018	<b>Fin de Zafra:</b>	20 de mayo de 2019	<b>Días de Zafra:</b>	195	<b>Z 18-19</b>	Causa	Hrs Perdidas P.	100.00 %	Día de Zafra:	Zafra	Avance (%)	Zafra
<b>Z 18-19</b>	Causa	Hrs Perdidas P.	Día de Zafra:	Avance (%)	Zafra								
10/12/2018	Revisión	0.25	34	17 %									
12/12/2018	Flexión Espiga Punta Gusano	3	36	18 %									
13/12/2018	Flexión Espiga Punta Gusano	3	37	19 %									
14/12/2018	Flexión Espiga Punta Gusano	3	38	19 %									
15/12/2018	Flexión Espiga Punta Gusano	3	39	20 %									
16/12/2018	Flexión Espiga Punta Gusano	3	40	21 %									
17/12/2018	Cambio de Espiga	8	41	21 %									
19/12/2018	Atascamiento	2	43	22 %									
21/12/2019	Atascamiento	6	76	39 %									
<b>Inicio de Zafra:</b>	06 de noviembre de 2019	<b>Fin de Zafra:</b>	13 de mayo de 2020	<b>Días de Zafra:</b>	190	<b>Z 19-20</b>	Causa	Hrs Perdidas P.	100.00 %	Día de Zafra:	Zafra	Avance (%)	Zafra
<b>Z 19-20</b>	Causa	Hrs Perdidas P.	Día de Zafra:	Avance (%)	Zafra								
10/11/2019	Atascamiento	1	5	3 %									
23/11/2019	Atascamiento	1	18	9 %									
05/12/2019	Atascamiento	1	30	16 %									
11/12/2019	Fractura de Eje Motriz	3	36	19 %									
14/12/2019	Reparación	2	39	21 %									
15/12/2019	Reparación	2	40	21 %									
24/12/2019	Fractura Cinta Helicoidal	15	49	26 %									
29/12/2019	Reparación	8	43	28 %									
21/03/2020	Reparación	8	137	72 %									
22/03/2020	Reparación	2	138	73 %									

A continuación, también se muestran las pérdidas monetarias en la Zafra: 2019-2020 cuando el Transportador Helicoidal presenta algún problema y se detiene la línea de producción. Ver Tabla 3-6.

**Tabla 3-6.:** Pérdidas Monetarias de problemas en zafra: 2019 - 2020.

Precio Azúcar (50 <sub>kg</sub> ):	\$822.97					
Azúcar Producida x Hr:	71,007,18 <sub>kg/hr</sub>					
Tipo de IVA:	16 %					
Causa	Hrs Perdidas P.	Día Zafra.	Azúcar <sub>kg/hr</sub>	Precio Azúcar.	Precio Azúcar (IVA).	
Atascamiento	1	5	71,007,18 <sub>kg/hr</sub>	\$ 1,068,735.59	\$ 1,355,733.28	
Atascamiento	1	18	71,007,18 <sub>kg/hr</sub>	\$ 1,068,735.59	\$ 1,355,733.28	
Atascamiento	1	30	71,007,18 <sub>kg/hr</sub>	\$ 1,068,735.59	\$ 1,355,733.28	
Fractura de Eje Motriz	3	36	213,021,54 <sub>kg/hr</sub>	\$ 3,506,206.77	\$ 4,067,199.85	
Reparación	2	39	142,014,36 <sub>kg/hr</sub>	\$ 2,337,471.18	\$ 2,711,466.57	
Reparación	2	40	142,014,36 <sub>kg/hr</sub>	\$ 2,337,471.18	\$ 2,711,466.57	
Fractura Cinta Helicoidal	15	49	1065,107,71 <sub>kg/hr</sub>	\$17,531,033.84	\$ 20,335,999.26	
Reparación	8	54	568,057,45 <sub>kg/hr</sub>	\$ 9,349,884.72	\$ 10,845,866.27	
Reparación	8	137	568,057,45 <sub>kg/hr</sub>	\$ 9,349,884.72	\$ 10,845,866.27	
Reparación	2	138	142,014,36 <sub>kg/hr</sub>	\$ 2,337,471.18	\$ 2,711,466.57	
				<b>Total:</b>	<b>\$ 58,296,531.20</b>	

Partiendo de los antecedentes planteados con anterioridad y recopilando información que influye en el área del transportador helicoidal y elevador de azúcar húmeda, se elaboró los diagramas de causa y efecto de los equipos mencionados. Se muestran a detalle los diagramas de causa-efecto: Transportador helicoidal de azúcar húmeda (3-12) y Elevador de azúcar húmeda (Ver Figura 3-15).

### 3.3.7. Diagrama de Ishikawa: Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A.

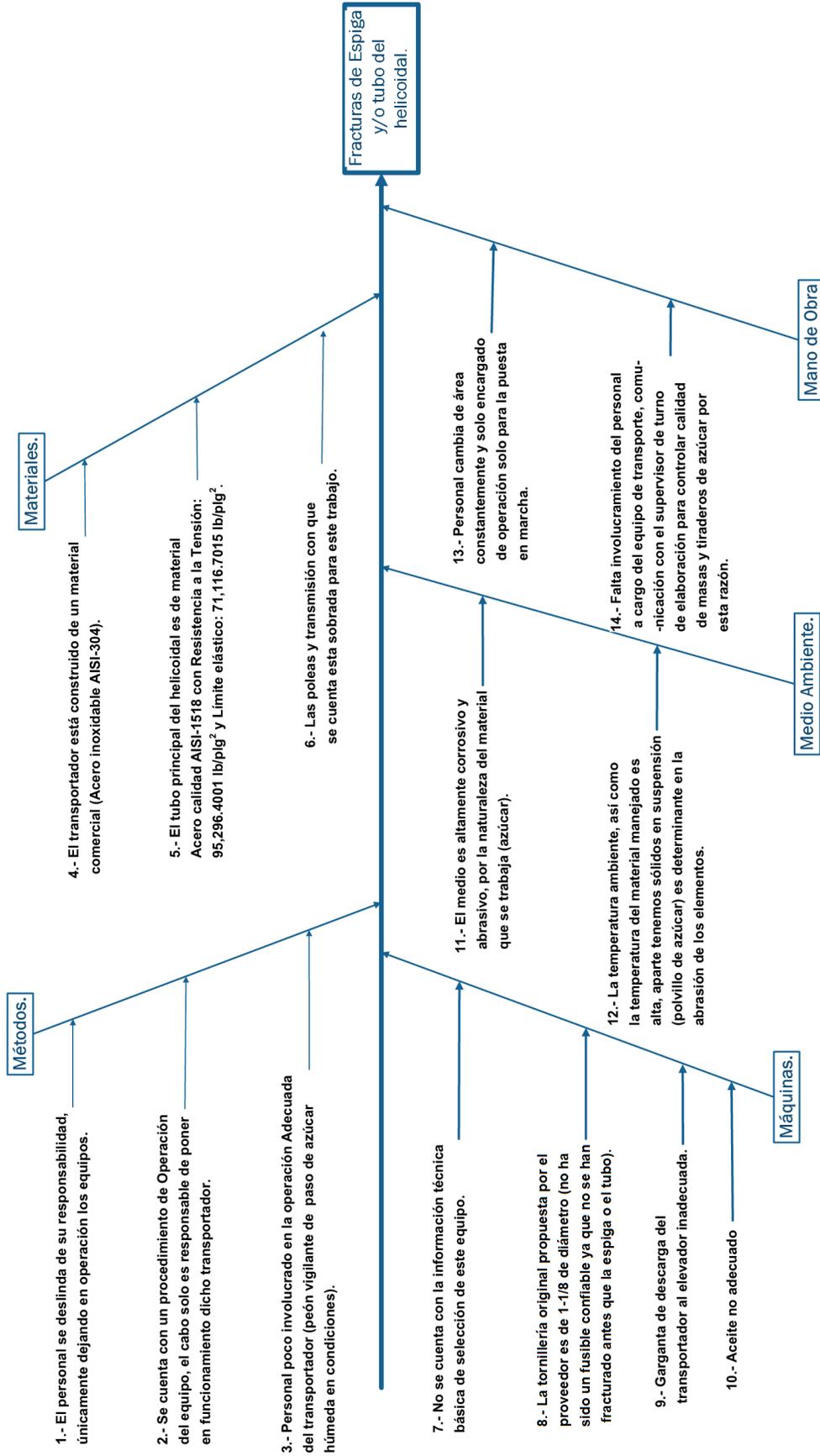


Figura 3-12.: Diagrama de Ishikawa: Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A.

**Tabla 3-7.:** Diagrama de Ishikawa: Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A.

Categoría	Causa
<b>Métodos de trabajo</b>	
1.- El personal se deslinda de su responsabilidad, únicamente dejando en operación los equipos.	El desempeño del transporte de Azúcar húmeda al elevador de azúcar es independiente de la responsabilidad del personal operativo.
2.- Se cuenta con un procedimiento de operación del equipo, el cabo solo es responsable de poner en funcionamiento dicho transportador.	El procedimiento con el que se cuenta en la operación del gusano de azúcar de A, solo indica la puesta en marcha y/o paro del equipo.
3.- Personal poco involucrado en la operación adecuada del transportador (peón vigilante de paso de azúcar húmeda en condiciones).	El peón que vigila el paso de azúcar únicamente se encarga de eliminar/separar el azúcar contaminada con masa, amarilla, demasiado húmeda y cuando se lava con agua el gusano, lo cual no es de su competencia o involucramiento el transporte de azúcar húmeda.
<b>Materiales</b>	
4.- El transportador está construido de un material comercial (Acero inoxidable AISI-304).	El material de construcción del gusano de acuerdo a CEMA es el indicado, pero no tenemos la certeza que lo que indica el proveedor sea de calidad en dicho material, ya que cuando se fracturo el tubo principal presentaba porosidad en dichas fracturas independientemente que el círculo de barrenación donde se sujeta con la espiga estaba vencido (ovalado).
5.- El tubo principal del helicoidal es de material Acero Calidad AISI-1518 con Resistencia a la Tensión $95,296,400 \text{ lb/in}^2$ y Límite elástico de $71,116,701 \text{ lb/in}^2$	El material que se encuentra en este momento es de calidad ANSI 1518 con una resistencia muy elevada, derivado de las siguientes fracturas de los tubos de inoxidable con un total de "11" ocasiones.
<i>Continúa en la siguiente página.</i>	

<i>Continuación de la tabla.</i>	
Categoría	Causa
6.- Las poleas y transmisión con que se cuenta esta sobrada para este trabajo.	El juego de poleas tanto sincronicas como de tipo 5VX, son las adecuada ya que estan sobradas en adsorver potencia, asi mismo los reductores con los que se cuenta Dodge TA6307H15 (Opción 1) y Falk 2090 Y2 (Opción 2) de la primera sección de los gusanos de A y Dodge TA6307H15 de la segunda sección de los gusanos de A.
<b>Máquinas y Equipo.</b>	
7.- No se cuenta con la información técnica básica de selección de este equipo.	La selección del equipo, se supone fue criterio del proveedor en base a los datos proporcionados por el ingenio mismo que el proveedor se reservó tanto como procedimiento como datos de ingeniería (resistencia de material, cargas axiales y radiales, etc.)
8.- La tornillería original propuesta por el proveedor es de 1-1/8 de diámetro (no ha sido un fusible confiable ya que no se han fracturado antes que la espiga o el tubo).	La tornillería proporcionada por el proveedor Norma Mecánica: ASTM F593 y resistencia a tensión: 45,000 psi, se supone que el primer fusible cuando se sobrepasa de esfuerzo el equipo, mismo que no ha sido así; ya que primero se rompe la espiga y el tubo principal del helicoidal.
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>	

<i>Continuación de la tabla.</i>	
Categoría	Causa
9.- Garganta de descarga del transportador al elevador inadecuada.	Desde el montaje del transportador en su operación continua se observó que la garganta de descarga de azúcar húmeda del elevador presento insuficiencia y pocos grados de inclinación (39 °), de acuerdo a comentarios de apoyo de la empresa Martin (especializados en este tipo de transportadores), recomiendan que los grados mínimos de descarga al elevador deben ser arriba de 50° y de preferencia que la descarga del elevador no sea en la parte frontal.
10.- Aceite no adecuado del reductor.	Se remplaza el aceite XP-150 con el que contaban los reductores de A y se rellenan con el aceite correcto ISO 220.
<b>Medio Ambiente.</b>	
11.- El medio es altamente corrosivo y abrasivo, por la naturaleza del material que se trabaja (azúcar).	El azúcar húmedo tiene un alto grado de abrasividad debilitando con el tiempo las zonas en contacto produciendo fatiga por debilitamiento. Asimismo, como la azúcar húmeda presenta también vaporización se mete entre las hendiduras (espigas con esfuerzo de torsión máximo de 11,185.79 lb/plg <sup>2</sup> , tornillo resistencia a la tensión de 45,000 psi y tubo con un esfuerzo a torsión máximo de 3,172.66 lb/plg <sup>2</sup> ) dicho acumulación de condensado también provoca ataque químico y debilitamiento de material.
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>	

<i>Continuación de la tabla.</i>	
Categoría	Causa
12.- La temperatura ambiente, así como la temperatura del material manejado es alta, aparte tenemos sólidos en suspensión (polvillo de azúcar) es determinante en la abrasión de los elementos.	El medio ambiente natural (38 °C a 42 °C) en temporada normal de calor aunándole la temperatura promedio del azúcar (60 °C) nos da un total de 102 °C Máximo esto también influye en las condiciones físico químicas de los materiales (espigas con esfuerzo de torsión máximo de 11,185.79 lb/plg <sup>2</sup> , tornillo resistencia a la tensión de 45,000 psi y tubo con un esfuerzo a torsión máximo de 3,172.66 lb/plg <sup>2</sup> ) provocando dicha deformación una suma a la fatiga.
<b>Mano de Obra.</b>	
13.- Personal cambia de área constantemente y solo encargado de operación solo para la puesta en marcha.	El personal se deslinda de su responsabilidad, únicamente dejando en operación los equipos.
14.- Falta involucramiento del personal a cargo del equipo de transporte, comunicación con el supervisor de turno de elaboración para controlar calidad de masas y tiraderos de azúcar por esta razón.	El personal se deslinda de su responsabilidad, únicamente dejando en operación los equipos.

### Conclusión.

1. No se cuenta con la información técnica básica de selección de este equipo (para tener conciencia de las revoluciones y potencia que propuso el proveedor) así como inclinación adecuada de descarga.
2. No contamos con la certeza de las secuencias de descargas de azúcar debidamente uniformes al transportador.
3. Garganta de descarga de azúcar del transportador al elevador en mala posición (frontal e inclinación deficiente).

4. Calidad de materiales baja (tubo principal, tornillería de inoxidable y espigas de inoxidable).
5. Transmisión arriba de potencia requerida.

De acuerdo con el análisis realizado se presentan las siguientes ventajas al contemplar dicha modificación se aportará lo siguiente y a su vez se presentan las desventajas.

*Ventajas:*

- .- Con este tipo de transmisión se regresa al diseño original que fue desde un inicio planteado por el fabricante.
- Con la descarga a un costado y con mayor área de desalojo de azúcar, se tiene la certeza que ya no presentara taponamientos (lo cual generaban sobre esfuerzos en espiga, tubo y tornillos).
- El tensor de la transmisión por reductor montado en flecha (Dodge TA6307H15) soportado en el bastidor, la espiga estará mejor apoyada tanto en el reductor como en la chumacera lo cual operacionalmente es muy confiable, las fuerzas generadas serán liberadas en la estructura y no en la espiga.
- Igualmente con la transmisión por poleas y bandas Gates Hi Power II 5-5VX-1400 se cubre muy bien la potencia demandada y absorción por la carga generada.
- .- El costo de mano de obra y materiales se reduce, ya que las Bandas Gates Hi Power II 5-5VX-1400 son relativamente de bajo costo en comparación de la Banda dentada Gates 14MGT4326 con 309 dientes, así como las poleas se continua con las de tipo MPC aprovechamiento no se colocan en un tensor.
- En la descarga de azúcar al elevador, será ya sin pausas y muy constante, a pesar de las sobrecargas que se presentaron.
- La caída lateral y con inclinación de  $52^\circ$  favorece al desarrollo total de azúcar húmeda al elevador.

*Desventajas:*

- Aunque no de consideración, al recorrer el transportador helicoidal hacia el frente, los soportes de los colgantes quedaron tres en las partes de la descarga de azúcar.
- Al presentarse reparado en diversas ocasiones el personal el primer tramo de listón helicoidal de la primera sección de los gusanos de A, ya que perdió el paso, alineación y resistencia.

- Al reductor Dodge TA6307H15 tiene que ser enfriado por aire, ya que presenta hasta 82 °C de tiempo de operación.

La conclusión es que la falla principal es la fractura del transportador helicoidal por exceder los límites de esfuerzos dentro del mismo en repetidas ocasiones, con el estudio realizado se encontró que los materiales del transportador helicoidal son los correctos, el problema radica de las sobrecargas entregadas al transportador debido a que el desalojo del material no es constante por la inclinación del transportador al elevador con la que se cuenta. Con el resultado obtenido se planea la reubicación del elevador de azúcar húmeda para un funcionamiento óptimo y aprovechamiento de los equipos. Partiendo de los antecedentes del área del transportador de azúcar humedad de A, se muestra la fractura ubicada en el tubo principal del helicoidal. Ver Figura 3-13 y 3-14.



**Figura 3-13.:** Fractura de listón helicoidal de azúcar húmeda de A.



**Figura 3-14.:** Boca de descarga de transportador de azúcar húmeda al elevador de azúcar húmeda.

### 3.3.8. Diagrama de Ishikawa: Elevador de azúcar húmeda.

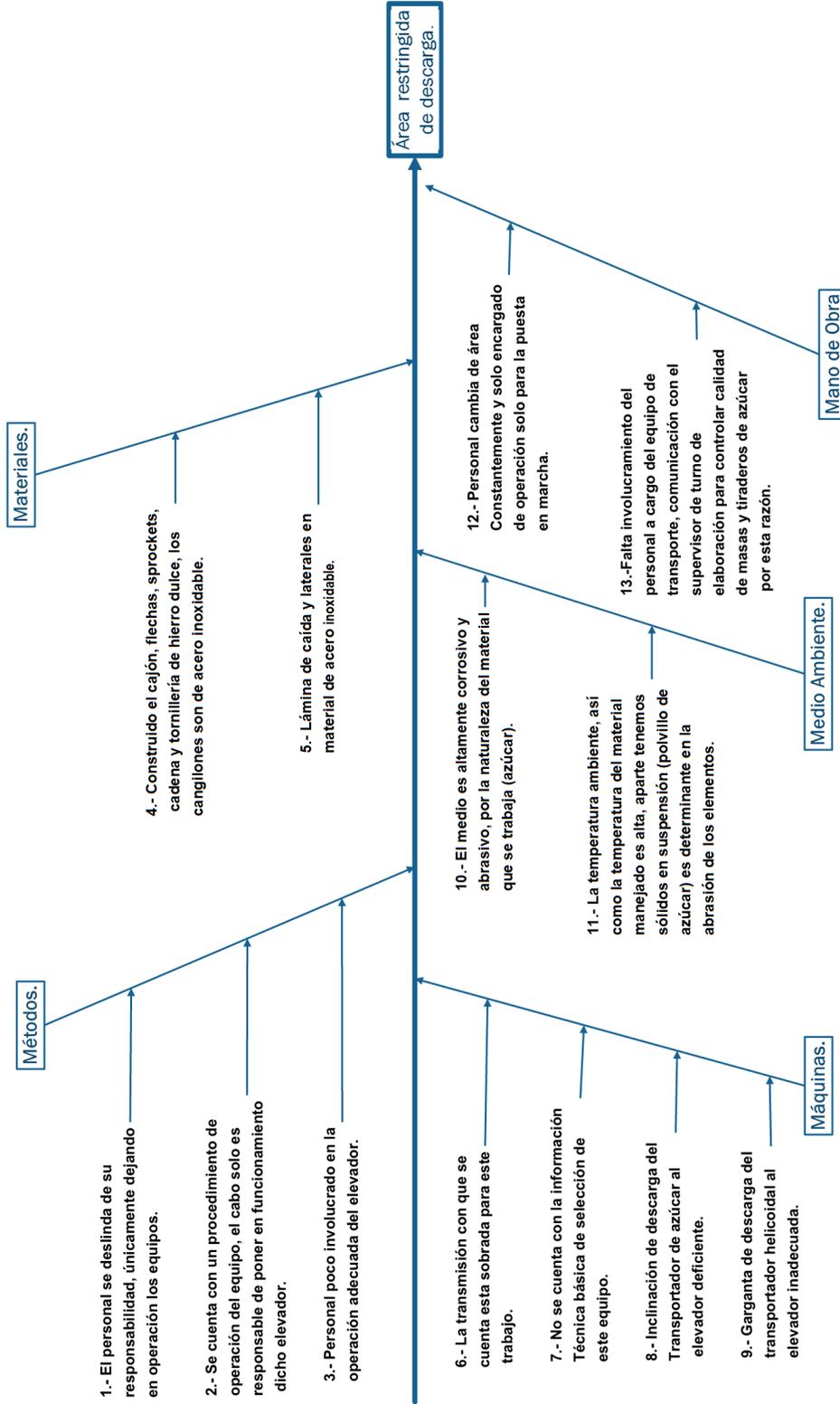


Figura 3-15.: Diagrama de Ishikawa: Elevador de azúcar húmeda

Con el fin de explicar más a fondo las situaciones encontradas en el Transportador de azúcar húmeda y el Elevador de azúcar húmeda de A, se hace uso de una de las siete herramientas de la calidad en este caso la herramienta propuesta es un diagrama de causa – efecto. Por consiguiente, este análisis se apoya en la herramienta Diagrama Causa – Efecto dando como resultado dos diagramas: Transportador de azúcar húmeda y Elevador de azúcar húmeda.

**Tabla 3-8.:** Diagrama de Ishikawa: Elevador de azúcar húmeda

Categoría	Causa
<b>Métodos de trabajo</b>	
1.- El personal se deslinda de su responsabilidad, únicamente dejando en operación los equipos.	El desempeño del elevador de Azúcar húmeda al secador de azúcar es independiente de la responsabilidad del personal operativo.
2.- Se cuenta con un procedimiento de operación del equipo, el cabo solo es responsable de poner en funcionamiento dicho elevador.	El procedimiento con el que se cuenta en la operación del elevador de azúcar húmeda, solo indica la puesta en marcha y/o paro del equipo.
3.- Personal poco involucrado en la operación adecuada del elevador.	El cabo unicamente es responsable de la puesta en marcha del equipo, no tiene ingerencia de la supervisión mecánica ni mucho menos el mantenimiento mecánico.
<b>Materiales</b>	
4.- Construido el cajón, flechas, sprockets, cadena y tornillería de hierro dulce, los cangilones son de acero inoxidable.	De acuerdo a soporte técnico de la empresa Martín (a un que no es el fabricante del equipo) concuerdan los materiales básicos con los que contamos en este equipo, lo cual tenemos la seguridad que, aunque el cangilón no sea el modelo recomendado para desalojar la capacidad total requerida es suficiente para el trabajo requerido. 92,563,5469 <sub>kg/hr</sub> .
<i>Continúa en la siguiente página.</i>	

<i>Continuación de la tabla.</i>	
Categoría	Causa
5.- Lámina de caída y laterales en material de acero inoxidable.	Este material es el idoneo para el manejo de material ya que es inocuo.
<b>Máquinas y Equipo.</b>	
6.- La transmisión con que se cuenta es la adecuada para este trabajo.	De acuerdo al motor eléctrico 20 HP con 1750 RPM, con un reductor de velocidad con el que se cuenta Falk modelo 5C2-02 con relación de velocidad 17.09:1, con juego de Sprockets de transmisión RC140B21 y RC140B56.
7.- No se cuenta con la información técnica básica de selección de este equipo.	No se cuenta con datos técnicos específicos de selección, que den referencia tanto de la capacidad tipo y modelo de elementos que lo componen.
8.- Inclinación de descarga del transportador de azúcar al elevador deficiente.	De acuerdo a recomendación de la empresa Martín Sprockets se debe contar con un ángulo de inclinación para la admisión de material de por lo menos 50°, esto significa que estamos por debajo de lo requerido 11°.
9.- Garganta de descarga del transportador helicoidal al elevador inadecuada.	Desde el montaje del elevador de azúcar húmeda en su operación continua se observó que la garganta de descarga de azúcar húmeda del elevador presento insuficiencia y pocos grados de inclinación (39 °), de acuerdo a comentarios de apoyo de la empresa Martin (especializados en este tipo de elevador de azúcar humedades), recomiendan que los grados mínimos de descarga al elevador deben ser arriba de 50° y de preferencia que la descarga del elevador no sea en la parte frontal.
<b>Medio Ambiente.</b>	
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>	

<i>Continuación de la tabla.</i>	
Categoría	Causa
10.- El medio es altamente corrosivo y abrasivo, por la naturaleza del material que se trabaja (azúcar).	El azúcar húmedo tiene un alto grado de abrasividad debilitando con el tiempo las zonas en contacto produciendo fatiga por debilitamiento.
11.- La temperatura ambiente, así como la temperatura del material manejado es alta, aparte tenemos sólidos en suspensión (polvillo de azúcar) es determinante en la abrasión de los elementos.	El medio ambiente natural (38 °C a 42 °C) en temporada normal de calor aunándole la temperatura promedio del azúcar (60 °C) nos da un total de 102 °C Máximo esto también influye en las condiciones físico químicas de los materiales.
<b>Mano de Obra.</b>	
12.- Personal cambia de área constantemente y solo encargado de operación solo para la puesta en marcha.	El personal se deslinda de su responsabilidad, únicamente dejando en operación los equipos.
13.- Falta involucramiento del personal a cargo del equipo de transporte, comunicación con el supervisor de turno de elaboración para controlar calidad de masas y tiraderos de azúcar por esta razón.	El personal se deslinda de su responsabilidad, únicamente dejando en operación los equipos.

### Conclusión.

1. No se tiene base documentada del diseño original por el cual fue montado así.
2. Modificar preferentemente la inclinación con los grados mínimos que operacionalmente hace confiable el desempeño del transporte del elevador.
3. Modificar el área de descarga del transportador helicoidal al elevador, a un 150 % de la anterior.
4. Modificar flecha principal de transmisión para ocupar en caso de emergencia lado contrario.
5. Reducir altura del elevador y eliminar tolvas de azúcar, y gusanitos a secadores (equipos sobrantes).

De acuerdo con el análisis realizado se presentan las siguientes ventajas al contemplar dicha modificación se aportará lo siguiente y a su vez se presentan las desventajas.

*Ventajas:*

- Con este tipo de equipo se tiene la seguridad por experiencia que cubre las demandas requeridas para manejo de azúcar húmeda.
- Con la descarga a un costado y con mayor área de desalojo de azúcar, se tiene la certeza que auxiliara a evitar taponamientos en el transportador helicoidal.
- Al eliminar un cajón el cuerpo total del elevador, se disminuye también la longitud de la cadena (lo cual significa menor peso a manejar de los elementos mecánicos), esto nos va a asegurar una operación confiable para la próxima zafra 20/21.
- Con la adaptación de la flecha nueva de la punta del elevador, nos dará la certeza que en caso de algún inconveniente que se presente en la transmisión actual sea montada otra trasmisión del lado contrario.
- Con la adaptación de la garganta de descarga del elevador a los secadores, también se tiene la confianza que no se obstaculizará el flujo de material, ya que se plantea una garganta mayor a la actual.
- Con la adquisición propuesta de una válvula diversora también se tiene la confianza que no se obstaculizará el flujo de material.

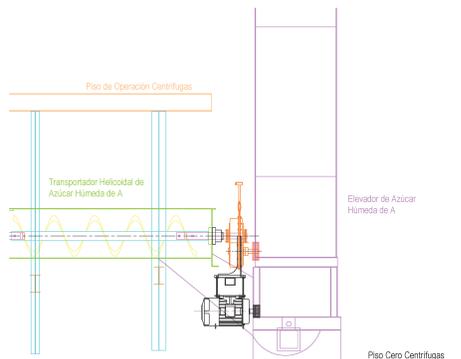
*Desventajas:*

- En la tubería de descarga de material del elevador a los secadores no se cuenta con una desviación de producto no conforme, lo cual originara que se afecte el producto bueno.

Primeramente, partiendo de los antecedentes del área de centrifugas enfocándose en el área del elevador de azúcar húmeda y la descarga del transportador hacia el elevador se muestra la evidencia de la poca inclinación de caída de Azúcar, Ver Figura **3-16**. También se muestra el plano del Elevador Azúcar Humeda de A. Ver Figura **3-17**.



**Figura 3-16.:** Ubicación de elevador de azúcar húmeda de A, *Antes de la modificación.*



**Figura 3-17.:** Plano del transportador de azúcar húmeda y elevador azúcar húmeda, Vista lateral.

### 3.3.9. Análisis de Selección de Transportador Helicoidal

Con el análisis de azúcar producida por la batería A se llevara a cabo el análisis propuesto de Martin Sprocket: selección de transportador helicoidal, el siguiente se centra únicamente en la primera sección del transportador helicoidal donde se encuentra presentes problemáticas de atascamiento y fracturas del transportador anteriormente mencionadas en los antecedentes. A su vez servirá de apoyo para el análisis de resistencia mecánica al fatiga de los componentes del transportador helicoidal.

Esto con el fin de verificar que la selección de infraestructura sea la correcta de acuerdo a la materia prima transportar, en este caso azúcar húmeda A.

A continuación se realiza la propuesta del análisis de selección de transportador helicoidal por Martin Sprocket. Ver Anexo A.

**Martin** **Tabla 1-1**  
**Código de Clasificación del Material**

Clase	Características de Material	Código
Densidad	Densidad a Granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor	A <sub>200</sub> A <sub>100</sub> A <sub>40</sub>
	Fino Malla No. 6 (.132) y menor	B <sub>6</sub>
	Granular 1/2" y menor (malla 6" a 1/2") 3" y menor (1/2" a 3") 7" y menor (3" a 7")	C <sub>1/2</sub> D <sub>3</sub> D <sub>7</sub>
	Terrones 16" y por debajo (0" a 16") Arriba de 16" a ser especificado X=Tamaño Máximo	D <sub>16</sub> D <sub>X</sub>
	Irregular Fibroso, Cilíndrico, etc.	E
Fluidez	Fluido Muy Libre	1
	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F
	Genera Eléctrica Estática	G
	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M
	Explosividad	N
	Pegajoso — Adhesión	O
	Contaminable — Afecta Uso	P
	Degradable — Afecta Uso	Q
	Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos	R
	Altamente Corrosivo	S
	Medianamente Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
	Presencia de Aceites	W
Se Comprime Bajo Presión	X	
Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y	
Temperatura Elevada	Z	

H-5

**Figura 3-18.:** Tabla 1-1: Código de Clasificación del Material.  
Ver Anexo A: Ver Figura A-1

**Tabla 1-1: Código de Clasificación del Material.** Ver Figura 3-18.**Azúcar: Granulada Humeda.**

- Peso: 50 - 65  $lb/pe^3$ , **Real:** 64.2  $lb/pe^3$ .
- Código de material:  $C_{1/2}$ , **3, 5, X.**

**Donde:**

- $C_{1/2}$  = Granular 1/2 y menor malla: 6 a 1/2.
- 3 = Fluido Promedio.
- 5 = Abrasividad Media.
- X = Se comprime bajo presión.

**Tabla 1-2: Características de los Materiales.** Ver Figura 3-19.

1. Selección de rodamiento intermedio: **S.**
2. Serie de componentes : **1.**
3. Factor de material  $F_m$ : 1,40 – 2,00.
4. Carga de artesa: **30A.**
5. Capacidad en volumen a transportar: **2,438.79  $pe^3/hr$ , 69.0588  $mt^3/hr$  Teórico.**
6. Capacidad en peso a transportar: **156,543.85  $lb/hr$ , 71,007.18  $kg/hr$ , 1,704.1723  $Tn/dia$ .**
7. Distancia a transportar el material: **560.625 plg, 14.2399 m.**

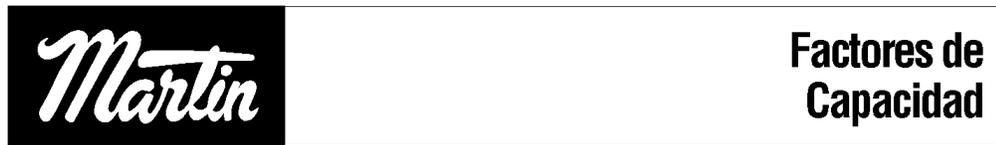
Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>r</sub>	Carga de Artesa
Arsénico Pulverizado	30	A100-25R	H	2	0.8	45
Arsenita de Plomo	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A
Asbesto desfibrado	20-40	E-46XY	H	2	1	30B
Aserrín, Seco	10-13	B6-43UX	L-S-B	1	1.4	15
Asfalto (de Utah)	37	C1/2-35	H	3	1.5	30A
Asfalto, Triturado - 1/2"	45	C1/2-45	H	2	2	30A
Avena	26	C1/2-25MN	L-S-B	1	0.4	45
Avena, cáscarilla	8-12	B6-35NY	L-S-B	1	0.5	30A
Avena, harina	35	A100-35	L-S-B	1	0.5	30A
Avena, procesada	19-24	C1/2-35NY	L-S-B	1	0.6	30A
Avena, rizada	19-26	C1/2-35	L-S-B	1	0.5	30A
Avena, triturada	22	B6-43NY	L-S-B	1	0.6	30A
Azafrán (ver Cártamo)	-	-	-	-	-	-
Azúcar de leche	32	A100-35PX	S	1	0.6	30A
Azúcar de Ramotacha, Pulpa Húmeda	25-45	C1/2-35X	L-S-B	1	1.2	30A
Azúcar de Ramotacha, Pulpa Seca	12-15	C1/2-26	H	2	0.9	30B
Azúcar, cruda, mascabado	55-65	B6-35PX	S	1	1.5	30A
Azúcar, en polvo	50-60	A100-35PX	S	1	0.8	30A
Azúcar, refinada, granulada húmeda	55-65	C1/2-35X	S	1	1.4-2.0	30A
Azúcar, refinada, granulada seca	30-35	B6-35PU	S	1	1.0-1.2	30A
Azufre, en polvo	50-60	A40-35MN	L-S	1	0.6	30A
Azufre, en trozos - 3"	80-85	D3-35N	L-S	2	0.8	30A
Azufre, triturado - 1/2"	50-60	C1/2-35N	L-S	1	0.8	30A
Bagazo de caña	7-10	E-45RVXY	L-S-B	2	1.5	30A
Baquilla, polvo fino	30-45	B6-25	L-S-B	1	1.4	45
Barita (Sulfato de Bario) + 1/2" - 3"	120-180	D3-36	H	3	2.6	30B
Barita en polvo	120-180	A100-35X	H	2	2	30A
Basalto	80-105	B6-27	H	3	1.8	15
Bauxita seca, molida	68	B6-25	H	2	1.8	45
Bauxita, triturada - 3"	75-85	D3-36	H	3	2.5	30B
Bentonita cruda	34-40	D3-45X	H	2	1.2	30A
Bentonita de Sodio (ver Bentonita)	-	-	-	-	-	-
Bentonita, malla 100	50-60	A100-25MX	H	2	0.7	45
Bicarbonato de Sodio	40-55	A100-25	S	1	0.6	45
Borato de Calcio	60	A100-35	L-S-B	1	0.6	30A
Borato de Sodio (ver Bórax)	-	-	-	-	-	-
Borax, cribado 1/2"	55-60	C1/2-35	H	2	1.5	30A
Borax, en trozo 1 1/2" a 2"	55-60	D3-35	H	2	1.8	30A
Borax, en trozo 2" a 3"	60-70	D3-35	H	2	2	30A
Bórax, polvo fino	45-55	B6-25T	H	3	0.7	30B
Boro	75	A100-37	H	2	1	30B
Cacahuete crudo, sin limpiar	15-20	D3-36Q	H	3	0.7	30B
Cacahuete sin cáscara	35-45	C1/2-35Q	S	1	0.4	30A
Cacahuete, harina	30	B6-35P	S	1	0.6	30A
Cacahuete, limpio, con cáscara	15-20	D3-35Q	L-S	2	0.6	30A
Cacao en escamas	35	C1/2-25	H	2	0.5	45
Cacao en polvo	30-35	A100-45XY	S	1	0.9	30A
Cacao en semilla	30-45	C1/2-25Q	L-S	1	0.5	45
Café en polvo, soluble	19	A40-35PUY	S	1	0.4	45
Café molido, húmedo	35-45	A40-45X	L-S	1	0.6	30A
Café molido, seco	25	A40-35P	L-S	1	0.6	30A
Café tostado en grano	20-30	C1/2-25PO	S	1	0.4	45
Café, cáscarilla	20	B6-25MY	L-S	1	1	45
Café, grano verde	25-32	C1/2-25PO	L-S	1	0.5	45
Cal hidratada	40	B6-35LM	H	2	0.8	30A
Cal viva, molida	60-65	B6-35U	L-S-B	1	0.6	30A

H-8

Figura 3-19.: Tabla 1-2: Características de los materiales.

Ver Anexo A: Ver Figura A-4.

Para calcular la velocidad de un transportador helicoidal que utilice helicoidales especiales, como es el helicoidal tipo listón, debe utilizarse una capacidad requerida equivalente calculada con los factores CF1, CF y CF3. Ver Anexo A: Ver Figura A-4.



**Tabla 1-3**

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial $CF_1$		
Paso	Descripción	$CF_1$
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{2}{3}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $\frac{1}{4}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

**Figura 3-20.:** Tabla 1-3: Factores de carga  $CF_1$ .  
Ver Anexo A: Ver Figura A-12.

Adoptamos el paso estándar  $CF_1 = 1,00$ . Ver Figura 3-20.

**Tabla 1-4**

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial $CF_2$			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

\*No se recomienda.  
Si no se utilizan ninguno de los tipos anteriores de helicoidal:  $CF_2 = 1.0$ .

**Figura 3-21.:** Tabla 1-4: Factores de carga  $CF_2$ .  
Ver Anexo A: Ver Figura A-12.

Se tomará : Helicoidal de listón, Con carga del transportador de : **30 %**,  $CF_2 = 1.37$ . Ver Figura 3-21.

**Tabla 1-5**

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras $CF_3$					
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor $CF_3$	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

**Figura 3-22.:** Tabla 1-4: Factores de carga  $CF_2$ .  
Ver Anexo A: Ver Figura A-12.

Se tomará: Sin paletas por paso,  $CF_3 = 1.00$ . Ver Figura 3-22.

Predisponiendo que la primera sección transportará la carga de (10) Centrífugas **WSMCo**: 122, 105,6217<sub>lb/hr</sub> , 55, 386,2442<sub>kg/hr</sub> más la carga (1) Centrífuga **Silver 5230**: 34, 438,2290<sub>lb/hr</sub>, 15, 620,9365<sub>kg/hr</sub>.

Haciendo un total en peso a transportar:

- 156, 543,8506<sub>lb/hr</sub> = 2, 609,0642<sub>lb/min</sub>.
- 71, 007,1807<sub>kg/hr</sub> = 1, 183,4530<sub>kg/min</sub>.

$$\frac{2, 609,0642_{lb/min}}{64,1891922_{lb/pie^3}} = 40,64647159_{pie^3/min} = 2, 438,7883_{pie^3/hr} \quad (3-37)$$

Por lo tanto la capacidad equivalente será:

$$Capacidad * CF_1 * CF_2 * CF_3 = 2, 438,7883_{pie^3/hr} * 1 * 1,37 * 1 = 3, 341,1400_{pie^3/hr} \quad (3-38)$$

De acuerdo a la carga de artesa :

- **30A** en está tabla a máximas RPM tendremos. Ver Anexo A; Ver Figura **A-13**.
- 4, 370,00<sub>pie<sup>3</sup>/hr</sub> > **3, 341,14<sub>pie<sup>3</sup>/hr</sub>**, Ver Figura **3-23**.
- Cap. a 1 *RPM* = 109<sub>pie<sup>3</sup>/hr</sub>.
- Arroja un diámetro de helicoidal del orden de: **20 plg** mismas que tendríamos que estar manejando a **70 RPM**.

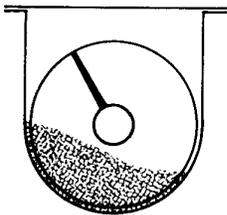
<b>30% A</b>		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60

Figura 3-23.: Tabla 1-6: Tabla de capacidad de transportadores helicoidales.

Ver Anexo A: Ver Figura **A-13**.

Actualmente contamos con una cinta transportadora helicoidal de **24 plg** de diámetro con **22 ½ plg** de paso girando a **78.89 RPM** a **60 HP**.

Calculando la potencia del transportador. Ver Anexo A: Ver Figura A-14.

- Longitud del transportador **1A**: 14.2399 m = 46.7186 pié.
  - Longitud del transportador **2A**: 15.7893 m = 51.8019 pié.
1. N = Velocidad de operación en RPM: **70 RPM** para **20 plg** y **78.89 RPM** para **24 plg**.
  2.  $F_d$  = Factor de diámetro de transportador. Ver Anexo A; Ver Figura A-15: **165** para **20 plg** y **235** para **24 plg**.
  3.  $F_b$  = Factor de buje para colgante. Ver Anexo A; Ver Figura A-15: **2**.
  4. C = Capacidad en pies cúbicos por hora: **4370<sub>pie<sup>3</sup>/hr</sub>** para **20 plg** y **7100<sub>pie<sup>3</sup>/hr</sub>** para **24 plg**.
  5. W = Peso del material, libras x pie cúbico: 64,1891922<sub>pie<sup>3</sup>/hr</sub>
  6.  $F_f$  = Factor de helice. Ver Anexo A; Ver Figura A-16: **1.14**.
  7.  $F_m$  = Factor del material. Ver Anexo A; Ver Figura A-4: **2**.
  8.  $F_p$  = Factor de paleta, cuando se requiera. Ver Anexo A; Ver Figura A-16: **1**.
  9.  $F_0$  = Factor de sobrecarga. Ver Anexo A; Ver Figura A-16: **1**.
  10.  $F_e$  = Eficacia de transmision. Ver Anexo A; Ver Figura A-16: **0.88**.

**Potencia para mover transportador vacío 20 plg:**

$$HP_f = \frac{L * N * F_d * F_b}{1,000,000} = \frac{46,7186 * 70 * 165 * 2}{1,000,000} = 1,0792. \quad (3-39)$$

**Potencia para mover transportador vacío 24 plg:**

$$HP_f = \frac{L * N * F_d * F_b}{1,000,000} = \frac{46,7186 * 78,89 * 235 * 2}{,000,000} = 1,7322. \quad (3-40)$$

**Potencia para mover transportador lleno 20 plg:**

$$HP_m = \frac{C * L * W * F_f * F_m * F_p}{1,000,000} = \frac{4370 * 46,7186 * 64,1891922 * 1,14 * 2 * 1}{1,000,000} = 29,8791. \quad (3-41)$$

**Potencia para mover transportador lleno 24 plg:**

$$HP_m = \frac{C * L * W * F_f * F_m * F_p}{1,000,000} = \frac{7100 * 46,7186 * 64,1891922 * 1,14 * 2 * 1}{1,000,000} = 48,5451. \quad (3-42)$$

$$1.0792 - 29.8791 = 30,95834025 \Rightarrow \text{entonces } F_0 = 1. \quad (3-43)$$

Como por el momento contaremos con bandas  $V : F_0 = 0,88$ .

**Hp total para 20 plg:**

$$HP_{total} = \frac{[HP_f + HP_M] * F_0}{F_e} = \frac{[1,0792 + 29,8791] * 1}{0,88} = 35,1799. \quad (3-44)$$

**Hp total para 24 plg:**

$$HP_{total} = \frac{[HP_f + HP_M] * F_0}{F_e} = \frac{[1,7322 + 48,5451] * 1}{0,88} = 57,1333. \quad (3-45)$$

- Por lo tanto, el modelo del transportador con la siguiente designación:
- Por cálculo martín arroja para 20 plg : 20  $\phi$  @ 70 RPM @ 30A % @ 40 HP.
- Por cálculo martín arroja para 24 plg : 24  $\phi$  @ 79 RPM @ 30A % @ 60 HP.

Partiendo del resultado del análisis sugerido por Martin Sprockets para selección de transportador helicoidal, arroja un resultado adecuado al transportador actual indicado por último el mismo excede un poco las dimensiones propuestas, por otro lado no se ve afectado en el funcionamiento.

### 3.3.10. Análisis de resistencia mecánica a la fatiga

Con apoyo del cálculo de azúcar húmeda entregada al Transportador de Azúcar Húmeda de A, se lleva a cabo el análisis de resistencia por tensión, flexión y fuerza, aplicadas a los componentes del Transportador Helicoidal: **Espiga (con barrenos y sin barrenos)**, **Tubo (con barrenos)**, al contar con los pesos específicos aportados al Transportador se aplica el análisis de resistencia a fatigas.

#### Cálculo de resistencia a Espiga.

Cálculo de la resistencia por tensión, flexión y fuerza en la espiga del transportador de azúcar húmeda solo de la primera sección del transportador helicoidal contemplado ambos casos con barrenos en la espiga y sin barrenos en la espiga.

1. Barra hueca de  $5_{in}$  de diámetro interior  $6\frac{1}{8}_{in}$  de diámetro exterior  $116_{in}$  de longitud tiene un peso teórico de  $320_{lb}$  igual a  $145,149731_{kg}$ .
2. Solera de acero inoxidable calidad AISI-304 de  $\frac{3}{8}_{in}$  X  $3_{in}$  tiene un peso de  $6,6_{kg/m}$  tenemos que el diámetro exterior de la cinta transportadora es de  $24_{in}$ , su desarrollo longitudinal  $75,39822369_{in}$ , pero esta primera sección de listón contiene 5 anillos longitudinales, por lo tanto nos dará una longitud desarrollada de  $376,9911184_{in}$  lineales igual a  $9,575574408_m$ , mismos que arrojan un peso de  $63,19879109_{kg}$  totales de listón o  $139,3293188_{lb}$ , le agregamos un 10 % por los soportes y tornillos  $153,2622507_{kg}$  o  $337,8850231_{lb}$ .
3. Carga aproximada de 4 centrífugas W.S.M. Co de 48 X 36 - 7, mismas que nos dan por ciclo  $325,8014365_{kg_{azúcar/ciclo}}$  arrojando una acumulación  $1303,205746_{kg_{azúcar/ciclo}}$  en el transportador, incluyendo a la Centrifuga Silver nos da por ciclo  $918,8786158_{kg_{azúcar/ciclo}}$ , Haciendo un total en peso del orden  $2222,084362_{kg_{azúcar/ciclo}}$ ,  $4898,851625_{lb}$  acumulados en el gusano.
4. Sumando todos los pesos que afectan al gusano en la descarga solamente nos dan a  $2,520,4963_{kg}$  igual a  $5,556,7366_{lb}$ .

Tomamos la distancia primero únicamente de la espiga que es de  $22\frac{1}{2}_{in}$ .

### Caso 1: Espiga Sin Barrenos.

Barra circular con detalle circunferencial sometida a flexión. Ver Figura 3-24:

$$\sigma_0 = M_c/l \text{ donde } c = \frac{d}{2}, \text{ siendo } l = \left[\frac{\pi d^4}{64}\right]. \quad (3-46)$$

Momento:

- Datos:
- $F = 5,556,7366 \text{ lb}$ ,  $d = 22\frac{1}{2} \text{ in}$ .
- $M = F * d = 5,556,7366 \text{ lb} * 22\frac{1}{2} \text{ in} = 125,026,57 \text{ lb/in}$

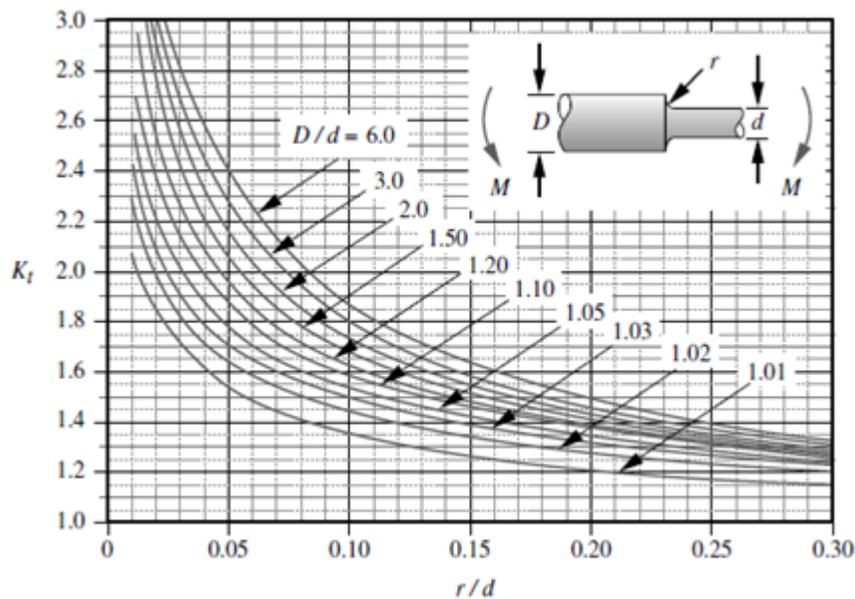


Figura 3-24.: Barra circular con detalle circunferencial sometida a flexión.[Norton, 2011]

Datos:

- $D = 3\frac{15}{16} \text{ in}$ ,  $d = 3\frac{7}{16} \text{ in}$ ,  $r = \frac{1}{8} \text{ in}$ .
- $\frac{D}{d} = \frac{3\frac{15}{16} \text{ in}}{3\frac{7}{16} \text{ in}} = 1,1455$ .
- $\frac{r}{d} = \frac{\frac{1}{8} \text{ in}}{3\frac{7}{16} \text{ in}} = 0,0364$ .
- $K_t = 2$

$$\sigma_{nom} = \sigma_{EsfuerzoNominal} = M * \left[ \frac{\frac{d}{2}}{\pi * d^4} \right] = 125,026 \text{ lb/in}^2 * \left[ \frac{\frac{3 \frac{7}{16}}{2}}{\pi * \left[ \frac{3 \frac{7}{16}}{16} \right]^4} \right] = 31,352,5105 \text{ lb/in}^2. \quad (3-47)$$

$$\sigma_{nom} = 31,352,5105 \text{ lb/in}^2.$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 31,352,5105 \text{ lb/in}^2 * 2. = 62,705,31 \text{ lb/in}^2. \quad (3-48)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 62,705,31 \text{ lb/in}^2.$$

El acero en el que se encuentra fabricada la espiga es ANSI 1045, con las siguientes características. Ver Figura 3-32.

ACERO AISI / SEA 1045	
Dureza	163 HBRINELL
Esfuerzo de Fluencia	310 Mpa
Esfuerzo Máximo	565 Mpa
Elongación	16% en 50 mm
Reducción de rea	40%
Densidad	7,85 g/ cm^3

Figura 3-25.: Propiedades mecánicas del acero 1045.

$$565 \text{ Mpa} = 81,900 \text{ lb/in}^2.$$

**Flexión:**  $62,705,31 \text{ lb/in}^2 < 81,900,00 \text{ lb/in}^2$

De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta la espiga sin barrenos fabricada en Acero ANSI 104 el estudio arroja que el esfuerzo máximo flexión en uso es de  $62,705,31 \text{ lb/in}^2$  que es menor que  $81,900,00 \text{ lb/in}^2$  al esfuerzo máximo que puede soportar el Acero ANSI 1045. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

Barra circular con detalle circunferencial sometida a torsión. Ver Figura 3-26.

$$\sigma_0 = T_c/J \text{ donde } T = \text{Torque, siendo } c = \left[\frac{d}{2}\right] \text{ y } J = \left[\frac{\pi * d^4}{32}\right]. \quad (3-49)$$

Torque:

- Datos:
- $F = 63,000$ ,  $HP = 60$ ,  $RPM = 78.88$ ,  $d = 3.4375$ .
- $T = \left[\frac{F*HP}{RPM}\right] = \left[\frac{63,000*60}{78.88}\right] = 47,920,89 \text{ lb/in.}$

$$T = 47,920,89 \text{ lb/in.}$$

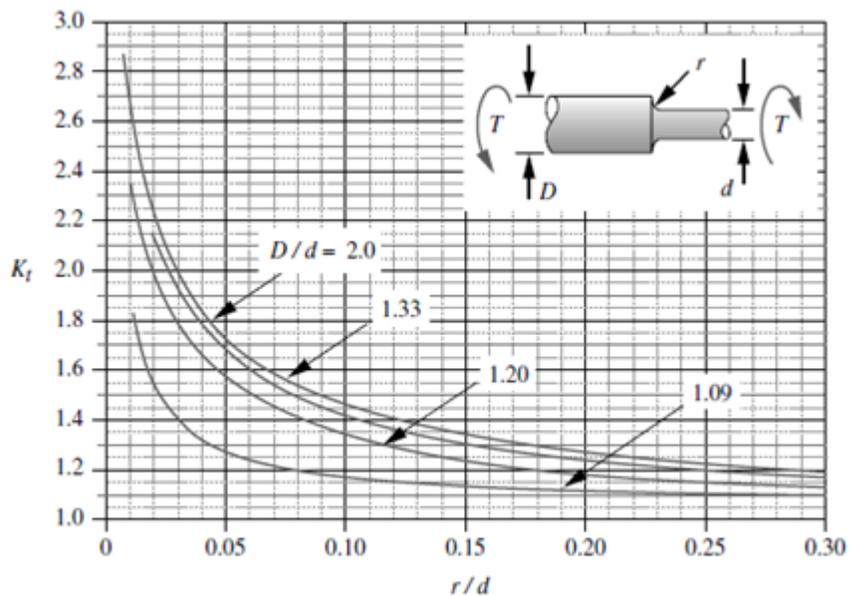


Figura 3-26.: Barra circular con detalle circunferencial sometida a torsión.[Norton, 2011].

Datos:

- $D = 3\frac{15}{16} \text{ in.}, d = 3\frac{7}{16} \text{ in.}, r = \frac{1}{8} \text{ in.}$
- $\frac{D}{d} = \frac{3\frac{15}{16} \text{ in.}}{3\frac{7}{16} \text{ in.}} = 1,1455.$
- $\frac{r}{d} = \frac{\frac{1}{8} \text{ in.}}{3\frac{7}{16} \text{ in.}} = 0,0364.$
- $K_t = 1,55$

$$\sigma_{nom} = \sigma_{EsfuerzoNominal} = T * \left[ \frac{C}{J} \right] = \frac{[47,920,89 \text{ lb/in} * [\frac{3.7}{2}]]}{\pi} * \left[ \frac{[3.7]}{16} \right]^4 = 6,008,51 \text{ lb/in}^2. \quad (3-50)$$

$$\sigma_{nom} = 6,008,51105 \text{ lb/in}^2.$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 6,008,51105 \text{ lb/in}^2 * 1,55 = 9,313,19 \text{ lb/in}^2. \quad (3-51)$$

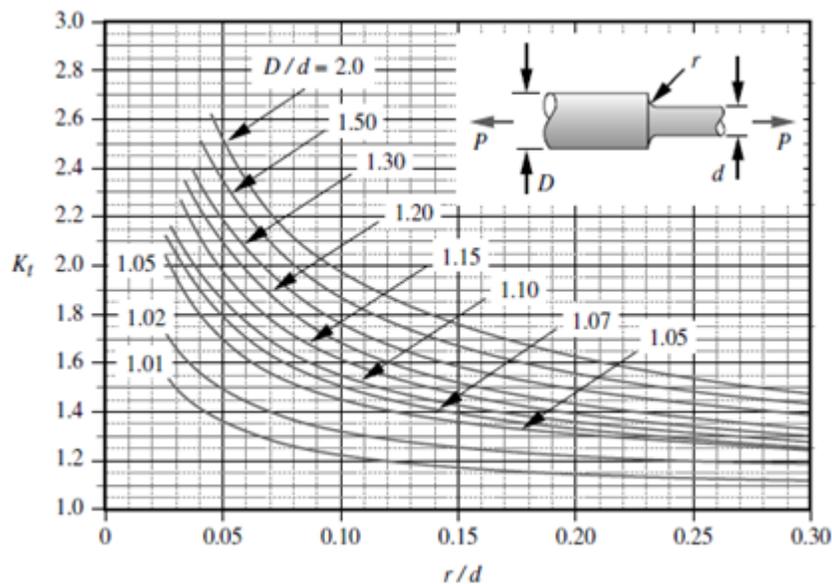
$$\sigma_{m\acute{a}x} = 9,313,19 \text{ lb/in}^2.$$

**Torsi3n:**  $9,313,19 \text{ lb/in}^2 < 81,900 \text{ lb/in}^2$

De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta la espiga sin barrenos fabricada en Acero ANSI 1045 en el cual se encuentra fabricada la espiga porque el estudio arroja que el esfuerzo m\acute{a}ximo en torsi3n uso es de  $9,313,19 \text{ lb/in}^2$  es menor que  $81,900 \text{ lb/in}^2$  al esfuerzo m\acute{a}ximo que puede soportar el Acero ANSI 1045. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

**Barra circular con detalle circunferencial sometida a tensi3n. Ver Figura 3-27.**

$$\sigma_0 = \frac{F}{A} \text{ donde } F = \text{Fuerza, siendo } A = \left[ \pi * \frac{d^2}{4} \right]. \quad (3-52)$$



**Figura 3-27.:** Barra circular con detalle circunferencial sometida a tensi3n.[Norton, 2011].

Datos:

- $D = 3\frac{15}{16}in, d = 3\frac{7}{16}in, r = \frac{1}{8}in.$
- $\frac{D}{d} = \frac{3\frac{15}{16}in}{3\frac{7}{16}in} = 1,1455.$
- $\frac{r}{d} = \frac{\frac{1}{8}in}{3\frac{7}{16}in} = 0,0364.$
- $K_t = 2,20$

$$\sigma_{nom} = \sigma_{EsfuerzoNominal} = \left[ \frac{F}{A} \right] = \frac{5,556,7366_{lb/in}}{\pi * \frac{3,4375^2}{2}} = 598,75_{lb/in^2}. \quad (3-53)$$

$$\sigma_{nom} = 598,75_{lb/in^2}.$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 598,7486067_{lb/in^2} * 2,20 = 1,317,25_{lb/in^2}. \quad (3-54)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 1,317,25_{lb/in^2}.$$

**Tensi3n:**  $1,317,25_{lb/in^2} < 81,900_{lb/in^2}.$

De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta la espiga sin barrenos fabricada en Acero ANSI 1045 en el cual se encuentra fabricada la espiga porque el estudio arroja que el esfuerzo m\acute{a}ximo en torsi3n uso es de  $1,317,25_{lb/in^2}$  es menor que  $81,900_{lb/in^2}$  al esfuerzo m\acute{a}ximo que puede soportar el Acero ANSI 1045. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

**Caso 2: Espiga Con Barrenos.**

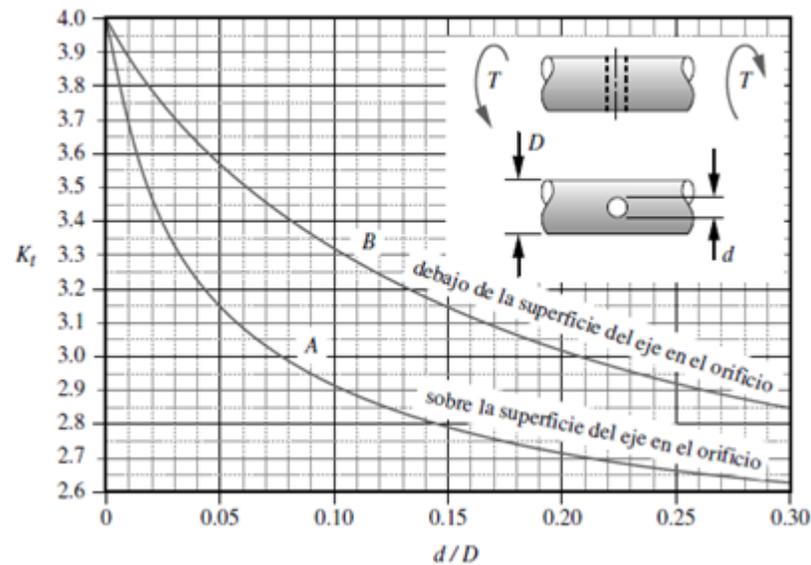
Barra circular con agujero transversal sometido a torsión. Ver Figura 3-28 .

$$\frac{M}{c} = \frac{M}{\frac{\pi * D^3}{16} - \frac{d * D^2}{6}} \quad (3-55)$$

Torque:

- *Datos:*
- $F = 63,000$ ,  $HP = 60$ ,  $RPM = 78.88$ ,  $d = 3.4375$ .
- $T = \left[ \frac{F * HP}{RPM} \right] = \left[ \frac{63,000 * 60}{78.88} \right] = 47,920,89 \text{ lb/in.}$

$$T = 47,920,89 \text{ lb/in.}$$



**Figura 3-28.:** Barra circular con agujero transversal sometido a torsión.[Norton, 2011].

*Datos:*

- $D = 3 \frac{15}{16} \text{ in.}$ ,  $d = 1 \frac{5}{32} \text{ in.}$
- $\frac{D}{d} = \frac{3 \frac{15}{16} \text{ in.}}{1 \frac{5}{32} \text{ in.}} = 0,2937$ .
- $K_t = 2,80$

$$\begin{aligned}\sigma_{nom} = \sigma_{EsfuerzoNominal} &= \frac{M}{c} = \frac{M}{\frac{\pi * D^3}{16} - \frac{d * D^2}{6}} \\ &= \frac{47,920,89}{\frac{\pi * [3\frac{15}{16}]^3}{16} - \frac{[1\frac{5}{32}] * [3\frac{15}{16}]^2}{6}} = 3,994,92_{lb/in^2}.\end{aligned}\quad (3-56)$$

$$\sigma_{nom} = 3,994,92_{lb/in^2}.$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 3,994,92_{lb/in^2} * 2,80 = 11,185,79_{lb/in^2}.\quad (3-57)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 11,185,79_{lb/in^2}.$$

**Torsi3n:**  $11,185,79_{lb/in^2} < 81,900_{lb/in^2}$ .

De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta la espiga con barrenos fabricada en Acero ANSI 1045 de modo que el estudio arroja que el esfuerzo m\acute{a}ximo en torsi3n en uso es de  $\sigma_{m\acute{a}x} = 11,185,79_{lb/in^2}$ . es menor que  $81,900_{lb/in^2}$  el esfuerzo m\acute{a}ximo que puede soportar el Acero ANSI 1045. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

**Barra circular con agujero transversal sometido a flexi3n. Ver Figura 3-29.**

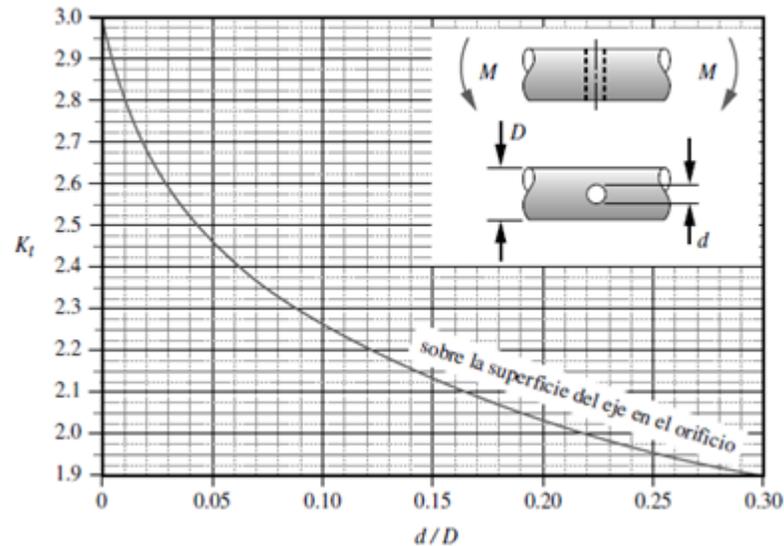
$$\frac{M}{c} = \frac{M}{\frac{\pi * D^3}{32} - \frac{d * D^2}{6}}.\quad (3-58)$$

*Datos:*

- $D = 3\frac{15}{16}_{in}, d = 1\frac{5}{32}_{in}$ .
- $\frac{D}{d} = \frac{3\frac{15}{16}_{in}}{1\frac{5}{32}_{in}} = 0,2937$ .
- $K_t = 1,9$

*Momento:*

- *Datos:*
- $F = 5,556,7366_{lb}, d = 22\frac{1}{2}_{in}$ .
- $M = F * d = 5,556,7366_{lb} * 22\frac{1}{2}_{in} = 125,026,57_{lb/in}$



**Figura 3-29.:** Barra circular con agujero transversal sometido a flexión.[Norton, 2011].

$$\begin{aligned}\sigma_{nom} &= \sigma_{EsfuerzoNominal} = \frac{M}{c} = \frac{M}{\frac{\pi * D^3}{16} - \frac{d * D^2}{6}} \\ &= \frac{125,026,57}{\frac{\pi * [3 \frac{15}{16}]^3}{16} - \frac{[1 \frac{5}{32}] * [3 \frac{15}{16}]^2}{6}} = 20,858,28 \text{ lb/in}^2.\end{aligned}\quad (3-59)$$

$$\sigma_{nom} = 20,858,28 \text{ lb/in}^2.$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m\acute{a}x} &= \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 20,858,28 \text{ lb/in}^2 * 1,90 = \\ &39,630,74 \text{ lb/in}^2.\end{aligned}\quad (3-60)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 39,630,74 \text{ lb/in}^2.$$

De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta la espiga con barrenos fabricada en Acero ANSI 1045 de modo que el estudio arroja que el esfuerzo maximo en flexi3n en uso es de 39,630,74 lb/in<sup>2</sup>. es menor que 81,900 lb/in<sup>2</sup> el esfuerzo maximo que puede soportar el Acero ANSI 1045. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

### Cálculo de resistencia a tubo central helicoidal.

Cálculo de la resistencia por tensión, flexión y fuerza en el tubo central del transportador de azúcar húmeda solo de la primera sección del transportador helicoidal.

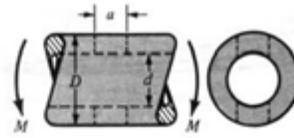
1. Barra hueca de  $5_{in}$  de diámetro interior  $6\frac{1}{8}_{in}$  de diámetro exterior  $116_{in}$  de longitud tiene un peso teórico de  $320_{lb}$  igual a  $145,149731_{kg}$ .
2. Solera de acero inoxidable calidad AISI-304 de  $\frac{3}{8}_{in}$  X  $3_{in}$  tiene un peso de  $6,6_{kg/m}$  tenemos que el diámetro exterior de la cinta transportadora es de  $24_{in}$ , su desarrollo longitudinal  $75,39822369_{in}$ , pero esta primera sección de listón contiene 5 anillos longitudinales, por lo tanto nos dará una longitud desarrollada de  $376,9911184_{in}$  lineales igual a  $9,575574408_m$ , mismos que arrojan un peso de  $63,19879109_{kg}$  totales de listón o  $139,3293188_{lb}$ , le agregamos un 10% por los soportes y tornillos  $153,2622507_{kg}$  o  $337,8850231_{lb}$ .
3. Carga aproximada de 4 centrífugas W.S.M. Co de 48 X 36 - 7, mismas que nos dan por ciclo  $325,8014365_{kg_{azúcar/ciclo}}$  arrojando una acumulación  $1303,205746_{kg_{azúcar/ciclo}}$  en el transportador, incluyendo a la Centrifuga Silver nos da por ciclo  $918,8786158_{kg_{azúcar/ciclo}}$ , Haciendo un total en peso del orden  $2222,084362_{kg_{azúcar/ciclo}}$ ,  $4898,851625_{lb}$  acumulados en el gusano.
4. Sumando todos los pesos que afectan al gusano en la descarga solamente nos dan a  $2,520,4963_{kg}$  igual a  $5,556,7366_{lb}$ .

### Tubo circular con agujero transversal, sometidos a flexión.

$$\sigma_0 = \frac{M}{Z} \text{ donde } Z_{net} \text{ es un valor reducido del módulo de sección} \quad (3-61)$$

$$\text{que se define por } Z_{net} = \frac{\pi * A}{32 * D} [D^4 - d^4].$$

Los valores de A, Ver Figura 3-30. Utilícese  $d = 0$  en el caso de una barra maciza.



a/D	d/D					
	0.9		0.6		0	
	A	$K_t$	A	$K_t$	A	$K_t$
0.050	0.92	2.63	0.91	2.55	0.88	2.42
0.075	0.89	2.55	0.88	2.43	0.86	2.35
0.10	0.86	2.49	0.85	2.36	0.83	2.27
0.125	0.82	2.41	0.82	2.32	0.80	2.20
0.15	0.79	2.39	0.79	2.29	0.76	2.15
0.175	0.76	2.38	0.75	2.26	0.72	2.10
0.20	0.73	2.39	0.72	2.23	0.68	2.07
0.225	0.69	2.40	0.68	2.21	0.65	2.04
0.25	0.67	2.42	0.64	2.18	0.61	2.00
0.275	0.66	2.48	0.61	2.16	0.58	1.97
0.30	0.64	2.52	0.58	2.14	0.54	1.94

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 146, 235.

**Figura 3-30.:** Tubo circular con agujero transversal, sometidos a flexión.[Norton, 2011].

Datos:

- $D = 5_{in}, d = 3\frac{15}{16}_{in}, a = 1\frac{5}{32}_{in}$ .
- $\frac{d}{D} = \frac{3,9375_{in}}{5_{in}} = 0,7875$ .
- $\frac{a}{D} = \frac{1,15625_{in}}{5_{in}} = 0,2313$ .
- $A = 0,67 + \left[ \left[ \frac{0,2313-0,225}{0,25-0,225} \right] * [2,42 - 2,4] \right] = 0,68$ .
- $A = 0.68$ .
- $K_t = 2,21 + \left[ \left[ \frac{0,68-0,6}{0,9-0,65} \right] * [2,41 - 2,21] \right] = 2,27$
- $K_t = 2,27$

$$Z_{net} = \frac{\pi * A}{32 * D} [D^4 - d^4] = \frac{\pi * 0,68}{32 * 5} \left[ [5]^4 - \left[ 3\frac{15}{16} \right]^4 \right] = 5,1 \quad (3-62)$$

$$\sigma_{nom} = \sigma_{EsfuerzoNominal} = \left[ \frac{F}{Z_{net}} \right] = \frac{5,556,7366_{lb/in} * \frac{116}{2}}{5,1} = 63,222,58_{lb/in^2}. \quad (3-63)$$

$$\sigma_{nom} = 63,222,58_{lb/in^2}.$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 63,222,58_{lb/in^2} * 0,68 = 42,675,24_{lb/in^2}. \quad (3-64)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 42,675,24_{lb/in^2}.$$

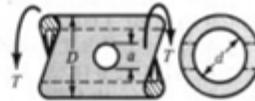
De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta el tubo central del helicoidal fabricada en Acero ANSI 1045 de modo que el estudio arroja que el esfuerzo máximo en flexión en uso es de  $42,675,24_{lb/in^2}$  es menor que  $81,900_{lb/in^2}$  el esfuerzo máximo que puede soportar el Acero AISI 304. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

### Tubo circular con agujero transversal, sometidos a torsión.

$$\sigma_0 = \frac{TD}{2 J_{net}} \text{ donde } J_{net} \text{ es un valor reducido del módulo de sección} \quad (3-65)$$

que se define por  $J_{net} = \frac{\pi * A[D^4 - d^4]}{32}$ .

Los valores de A se dan en la siguiente tabla, Utilícese  $d = 0$  en el caso de una barra maciza.



a/D	d/D									
	0.9		0.8		0.6		0.4		0	
	A	K <sub>ts</sub>								
0.05	0.96	1.78							0.95	1.77
0.075	0.95	1.82							0.93	1.71
0.10	0.94	1.76	0.93	1.74	0.92	1.72	0.92	1.70	0.92	1.68
0.125	0.91	1.76	0.91	1.74	0.90	1.70	0.90	1.67	0.89	1.64
0.15	0.90	1.77	0.89	1.75	0.87	1.69	0.87	1.65	0.87	1.62
0.175	0.89	1.81	0.88	1.76	0.87	1.69	0.86	1.64	0.85	1.60
0.20	0.88	1.96	0.86	1.79	0.85	1.70	0.84	1.63	0.82	1.58
0.25	0.87	2.00	0.82	1.86	0.81	1.72	0.80	1.63	0.79	1.54
0.30	0.80	2.18	0.78	1.97	0.77	1.76	0.75	1.63	0.74	1.51
0.35	0.77	2.41	0.75	2.09	0.72	1.81	0.69	1.63	0.68	1.47
0.40	0.72	2.67	0.71	2.25	0.68	1.89	0.64	1.63	0.63	1.44

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 148, 244.

Figura 3-31.: Tubo circular con agujero transversal, sometidos a torsión.[Norton, 2011].

*Datos:*

- $D = 5_{in}, d = 3\frac{15}{16}_{in}, a = 1\frac{5}{32}_{in}$ .
- $\frac{d}{D} = \frac{3\frac{15}{16}_{in}}{5_{in}} = 0,7875$ .
- $\frac{a}{D} = \frac{1\frac{5}{32}_{in}}{5_{in}} = 0,2313$ .
- $A = 0,88 + \left[ \left[ \frac{0,2313-0,25}{0,2-0,225} \right] * [0,87 - 0,881] \right] = 0,873$ .
- $A = 0.873$
- $K_t = 2,21 + \left[ \left[ \frac{0,873-0,6}{0,9-0,65} \right] * [2,41 - 2,21] \right] = 2,43$
- $K_t = 2,43$

$$J_{net} = \frac{\pi * A[D^4 - d^4]}{32} = J_{net} = \frac{\pi * 0,873[5^4 - 3,9375^4]}{32} = 32,9673 \quad (3-66)$$

$$\sigma_{nom} = \sigma_{EsfuerzoNominal} = \left[ \frac{M}{J_{net}} \right] = \frac{[63,000*60]}{32,9673} = 3,633,97_{lb/in^2}. \quad (3-67)$$

$$\sigma_{nom} = 3,633,97_{lb/in^2}.$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{EsfuerzoM\acute{a}ximo} = \sigma_{nom} * K_t = 3,633,97_{lb/in^2} * 0,873 = 3,172,66_{lb/in^2}. \quad (3-68)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 3,172,66_{lb/in^2}.$$

*El acero en el que se encuentra fabricada la espiga es AISI 304, con las siguientes características. Ver Figura .*

<b>ACERO AISI / SEA 1045</b>	
Dureza	163 HBRINELL
Esfuerzo de Fluencia	310 Mpa
Esfuerzo Máximo	565 Mpa
Elongaci3n	16% en 50 mm
Reducci3n de rea	40%
Densidad	7,85 g/ cm^3

**Figura 3-32.:** Propiedades mecánicas del acero 304.

$$565_{Mpa} = 81,900_{lb/in^2}.$$

De acuerdo con el estudio nos encontramos dentro de lo que soporta el tubo central del helicoidal fabricada en Acero ANSI 1045 de modo que el estudio arroja que el esfuerzo máximo en flexión en uso es de  $3,172,66_{lb/in^2}$  es menor que  $81,900_{lb/in^2}$  el esfuerzo máximo que puede soportar el Acero AISI 304. Por tanto, el estudio arroja que el material es favorable para el uso efectivo en el transportador helicoidal.

### **Conclusión análisis de fatiga a componentes internos del transportador helicoidal.**

El análisis realizado mostro resultados favorables, se demostró que los componentes de fabricación son los adecuados, el problema del sobre esfuerzo radica de la obstrucción de materia prima en la boca de descarga del transportador al elevador, al generar un cuello de botella, la materia prima genera acumulamientos los cuales no puede soportar el transportador helicoidal, derivado de esto se excede su capacidad de trabajo.

De manera puntea se extienden los antecedentes del área de centrifugación específicamente en la batería de centrifugas de A, que influye en la alimentación del Transportador de azúcar húmeda de A y a su vez en la descarga al Elevador de azúcar húmeda de A

### 3.4. Mejora en la reubicación de elevador de azúcar húmeda de A y transportador helicoidal de A.

Con base en el estudio propuesto por Martin Sprocket el transportador de azúcar es el adecuado por las características del material a transportar y el análisis de esfuerzos indico que los materiales cumplen las características de resistencia para su trabajo continuo, unicamente cuando el equipo trabaje al 30 % de su capacidad.

Al analizar el trabajo real del transportador de azúcar se observo que el mismo trabaja al 60 %, lo cual excede la características recomendadas por Martin sprocket debido a que el trabajo máximo debe de ser al 30 %, esto conlleva a que el transportador de azúcar trabaje al 200 % de su capacidad y se comprometan los componentes del mismo. Esto se debe a los grados de descarga actuales son 39° no son los adecuados y la deficiente ubicación de la descarga del transportador genera acumulamientos de material por restringir el flujo de material, ya que Martin sprocket en El gran catalogo [Sprocket, 2013], sugiere que las bocas de descarga se encuentre ubicadas antes de la flecha principal.

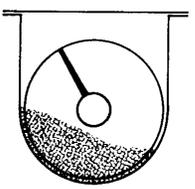
<b>30% A</b>		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60

Figura 3-33.: Tabla 1-6: Tabla de capacidad de transportadores helicoidales. Ver Anexo A: Ver Figura A-13.

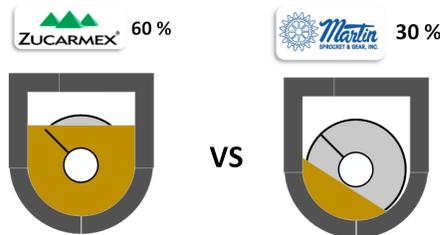


Figura 3-34.: Comparativa de trabajo por parte de ZUCARMEX Y propuesto por Martín sprocket.

La propuesta se enfoca en ampliar los grados de descarga de Azúcar Húmeda para evitar atascamiento que provocan sobre esfuerzos a listón helicoidal y espigas, derivado de esto la

mejor opción es el movimiento del Transportador y Elevador para la ampliación de dicha caída de Azúcar Húmeda. Se llevo a cabo el levantamiento del plano del área de centrifugas en el piso cero donde se centra dicha modificación y el piso de secadores, en el cual se encuentra la propuesta de mejora mostrando el antes (Ver Figura **3-35**) y el después de dicha modificación (Ver Figura **3-36**).

La propuesta de mejora; continua con reducir un cajón del Elevador de Azúcar (número 8 de abajo hacia arriba) al reducir el cajón se reduce el peso de elementos (Cadena C-11, Cangilones, Tornillería, etc.), así se aprovecha la altura al nivel del piso de Rotoclones y la descarga directo a los secadores teniendo una inclinación favorable de ( 53° y 64°) lo cual garantiza el desalajo de azúcar húmeda sin contratiempos, independientemente de la eliminación de la tolva receptora, así como de los gusanitos que canalizaban el azúcar a los Secadores, bajar el nivel cero del Elevador de Azúcar Húmeda con respecto al Transportador de Azúcar Húmeda de A favorece a 53° de inclinación en la descarga del Transportador Helicoidal de Azúcar Húmeda de A aprovechando la poca área con la que se cuenta en el sitio de ubicación y el Transportador Helicoidal de Azúcar Húmeda se recorrerá (1.82 m) a la nueva posición.

Dicha mejora se debe realizar para evitar problemas durante el periodo de zafra 20-21. Para comprender las actividades a realizar se llevó a cabo los diagramas de flujo: **Movimiento y desplazamiento de transportador helicoidal de azúcar húmeda** (Ver Figuras **3-37** - **3-38**) en ambos casos **Retiro y reubicación de elevador de azúcar húmeda** (Ver Figuras **3-39** - **3-40**). Para complementar dicha información se describe paso a paso las acciones a realizar, incluyendo a su vez las unidades a manejar y el número de piezas a mover.

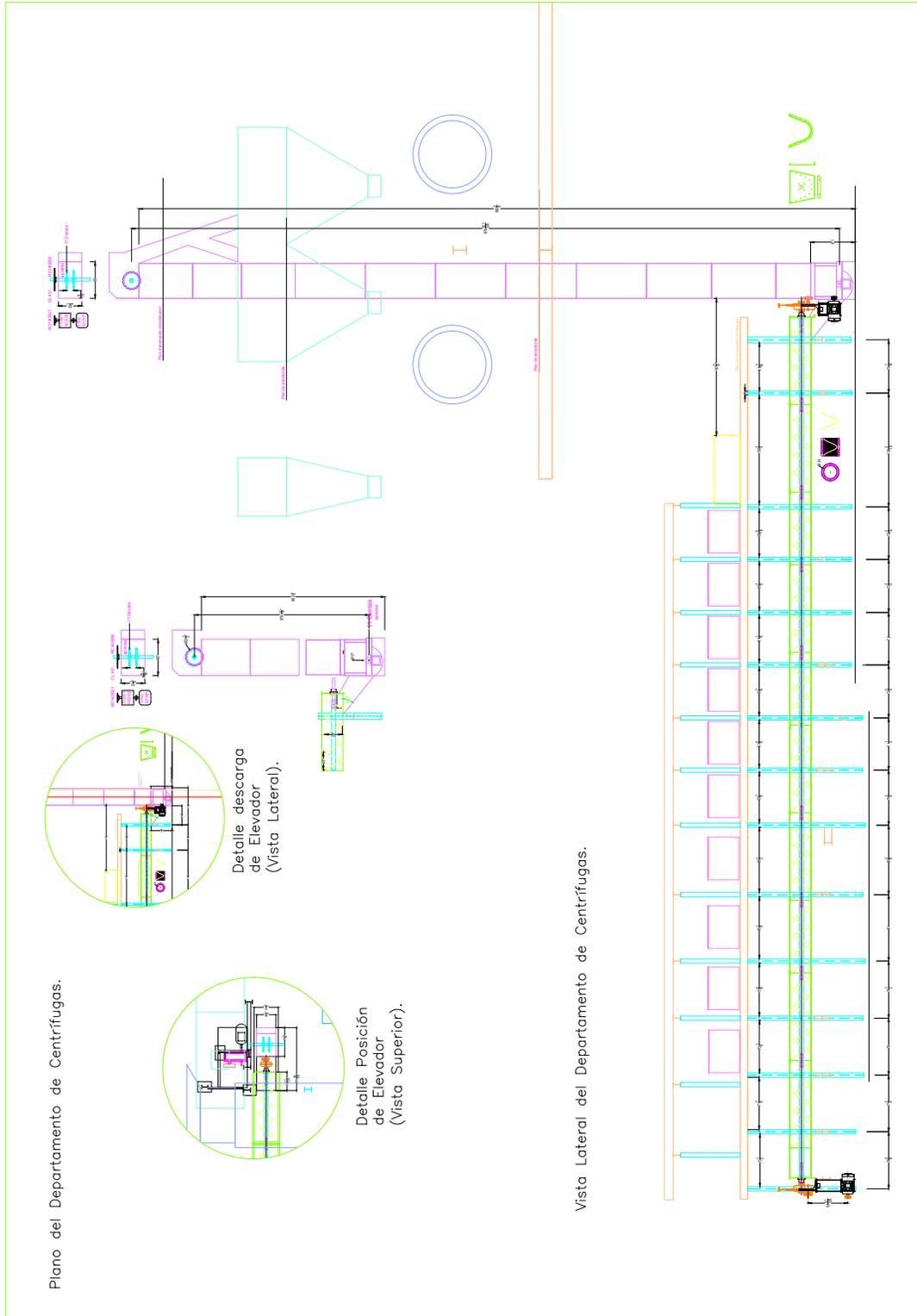


Figura 3-35.: Plano del departamento de centrifugas antes de la modificación.



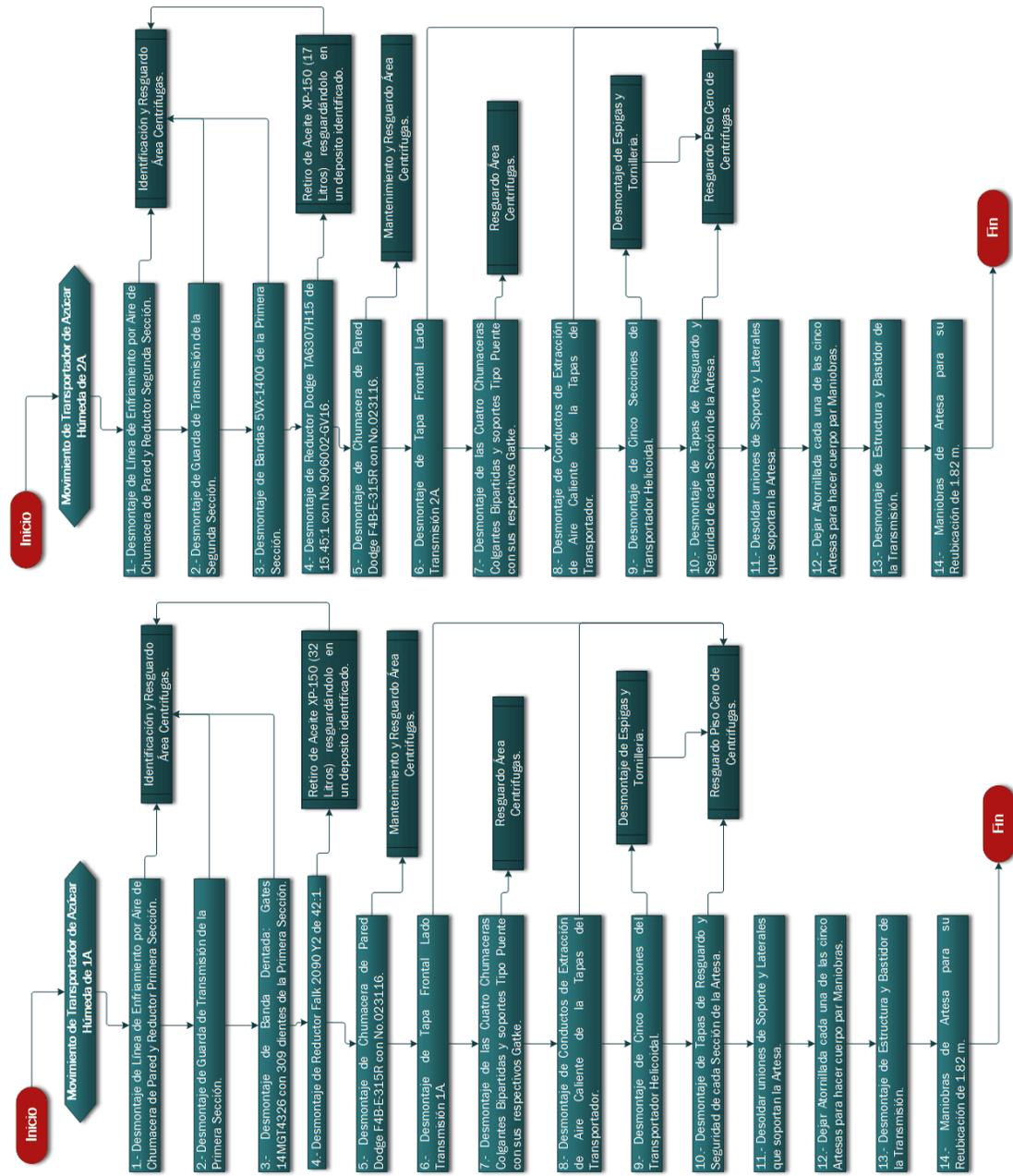


Figura 3-37.: Diagrama de flujo: Movimiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A.

Complementado la información del **Diagrama de flujo: Desplazamiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A** se profundiza los servicios, piezas y metraje que se necesitan la Reubicación del Elevador de Azúcar Húmeda; las cantidades son pasadas a kilogramos por cuestiones de entrega por parte de almacén. Ver Tabla **3-9**.

**Tabla 3-9.:** Diagrama de flujo: Desplazamiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
<b>Desplazamiento de Transportador de Azúcar Húmeda de 2A.</b>					
1.-	Soportar de manera correcta la artesa del conductor de cinta sobre las estructuras que la componen, en caso de requerirlo se habilitarán las necesarias de acuerdo a cada una de las uniones para que estén bien soportadas.	Jgo.	5	Servicio	1.00
2.-	Dejar atornillada cada una de las 5 artesas para hacer cuerpo ya jalado el transportador 1.82 mt al frente.	Secciones	5	Servicio	1.00
3.-	Soldar cada una de las uniones de soporte y laterales que la componen.	Secciones	5	Servicio	1.00
4.-	Maniobras y movimientos de la artesa completa o en secciones (las 5 secciones) para su reubicación de acuerdo a indicaciones a 1.82 mt.	Secciones	5	Kg	1,574.19
5.-	Maniobras y movimientos para montaje de las cinco secciones del transportador colocándolas en su respectiva posición, con cada una de las espigas, así como de la tornillería que la compone.	Pieza	5	Kg	1,070.09
<i>Continúa en la siguiente página.</i>					

3.4 Mejora en la reubicación de elevador de azúcar húmeda de A y transportador helicoidal de A.

127

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
6.-	Montaje de las tapas de resguardo y seguridad de cada una de las secciones de la artesa.	Pieza	5	Kg	455.30
7.-	Montaje de los conductos de extracción de aire caliente de las tapas del transportador.	Pieza	5	Kg	56.10
8.-	Montaje de las cuatro chumace- ras colgantes bipartidas, así como de cada uno de sus soportes tipo puente con sus respectivos Gatke, bien identificados, resguardándo- los en la oficina de centrífugas.	Pieza	5	Kg	151.95
9.-	Maniobras y movimientos para montaje de la tapa frontal lado transmisión.	Pieza	1	Kg	102.57
10.-	Maniobras y movimientos para montaje de la chumacera de pa- red marca Dodge modelo F4B- E-315R con No. parte 023116 ya limpia, lubricándola después del montaje.	Pieza	1	Kg	34.02
11.-	Maniobras para Montaje del reductor Dodge modelo TA6307H15 de relación 15.45:1 con número de serie 906002- GV16 2952342 102 1854 15.45, aplicándole el aceite XP-150 después de montarlo (17 litros).	Pieza	1	Kg	191.05
12.-	Montaje de las bandas 5VX-1400 verificando la tensión requerida.	Pieza	5	Kg	4.58
13.-	Montaje de la guarda de transmi- sión.	Pieza	1	Kg	44.49
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
14.-	Montaje de la línea de enfriamiento por aire de la chumacera de pared y del reductor de la segunda sección.	Mts	4.75	Kg	3.99
15.-	Colocación de las tuberías de extracción de aire caliente de la artesa.	Pieza	5	Kg	56.10
<b>Desplazamiento de Transportador de Azúcar Húmeda de 1A.</b>					
1.-	Soportar de manera correcta la artesa del conductor de cinta sobre las estructuras que la componen, en caso de requerirlo se habilitarán las necesarias de acuerdo a cada una de las uniones para que estén bien soportadas.	Jgo.	5	Servicio	1.00
2.-	Dejar atornillada cada una de las 5 artesas para hacer cuerpo ya jalado el transportador 1.82 mt al frente.	Pieza	1	Servicio	1.00
3.-	Soldar cada una de las uniones de soporte y laterales que la componen.	Pieza	5	Servicio	1.00
4.-	Maniobras y movimientos de la artesa completa o en secciones (las 5 secciones) para su reubicación de acuerdo a indicaciones a 1.82 mt.	Secciones	5	Kg	1,425.38
5.-	Maniobras y movimientos para montaje de las cinco secciones del transportador colocándolas en su respectiva posición, con cada una de las espigas, así como de la tornillería que la compone.	Pieza	5	Kg	985.17
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
6.-	Montaje de las tapas de resguardo y seguridad de cada una de las secciones de la artesa.	Pieza	5	Kg	406.25
7.-	Montaje de las cuatro chumace- ras colgantes bipartidas, así como de cada uno de sus soportes tipo puente con sus respectivos Gatke, bien identificados, resguardándo- los en la oficina de centrífugas.	Pieza	5	Kg	151.95
8.-	Maniobras y movimientos para montaje de la tapa frontal lado transmisión.	Pieza	1	Kg	102.57
9.-	Maniobras y movimientos para montaje de la chumacera de pa- red marca Dodge modelo F4B- E-315R con No. parte 023116 ya limpia, lubricándola después del montaje.	Pieza	1	Kg	34.02
10.-	Maniobras para Montaje del reductor Dodge modelo TA6307H15 de relación 15.45:1 con número de serie 906002- GV16 2952342 102 1854 15.45, aplicándole el aceite XP-150 después de montarlo (17 litros).	Pieza	1	Kg	191.05
11.-	Montaje de las bandas 5VX-1000 verificando la tensión requerida.	Pieza	5	Kg	3.20
12.-	Montaje de la guarda de transmi- sión.	Pieza	1	Kg	44.49
13.-	Montaje de la línea de enfriamien- to por aire de la chumacera de pa- red y del reductor de la segunda sección.	Pieza	1	Kg	3.99
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
14.-	Colocación de las tuberías de extracción de aire caliente de la artesa.	Pieza	3	Kg	56.10

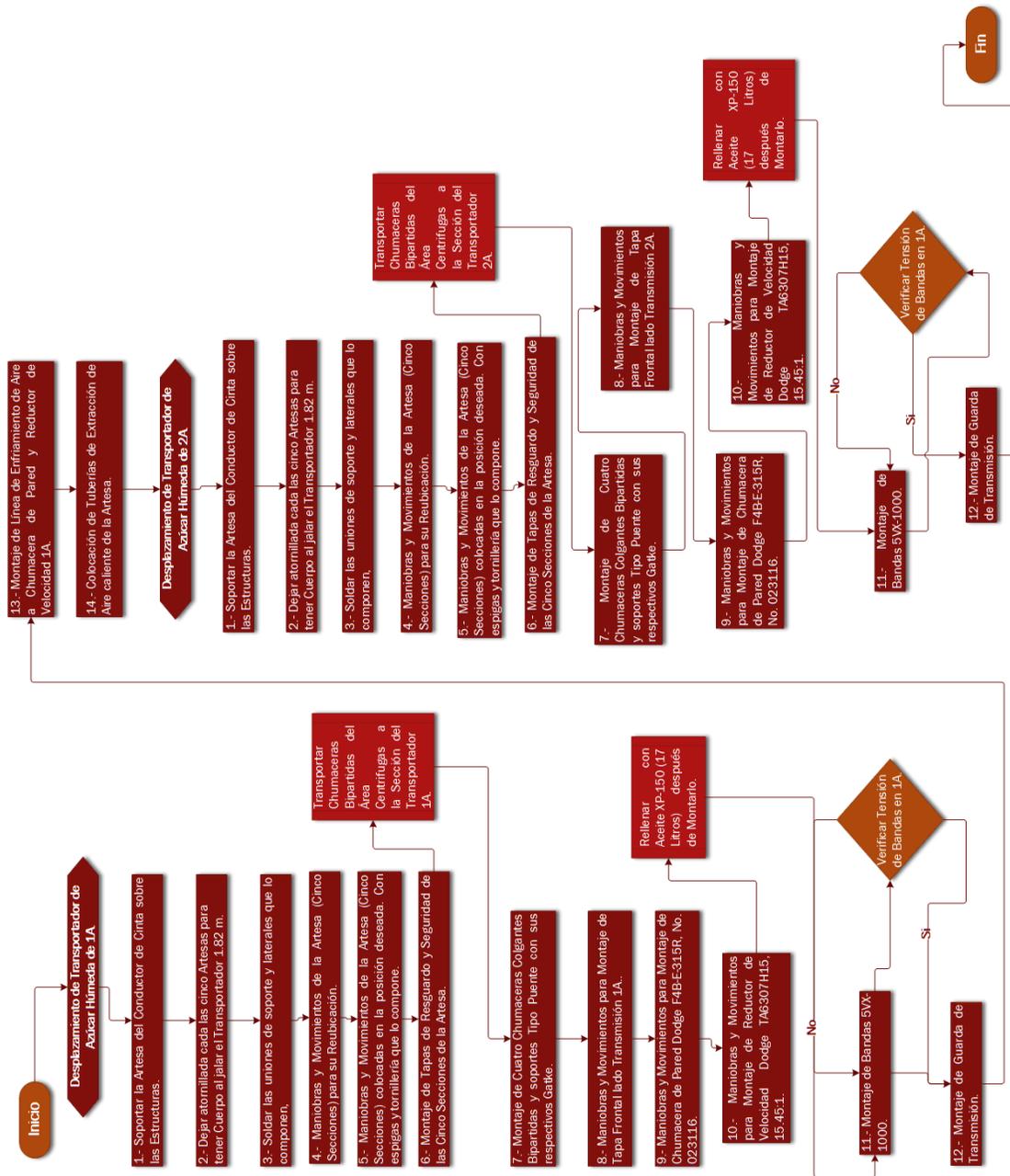


Figura 3-38.: Diagrama de flujo: Desplazamiento de transportador de azúcar húmeda de 1A y 2A.



Con apoyo del **Diagrama de flujo: Retiro de elevador de azúcar húmeda** se profundiza los servicios, piezas y metraje que se necesitan para retirar el Elevador de Azúcar Húmeda; las cantidades son pasadas a kilogramos por cuestiones de entrega por parte de almacén. Ver Tabla **3-10**.

**Tabla 3-10.:** Diagrama de flujo: Retiro de elevador de azúcar húmeda.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
1.-	Desmontaje de la tapa de registro e inspección del cajón No. 1 (lado cola del elevador de azúcar húmeda), identificándola y resguardándola en un lugar seguro.	Servicio	1	Kg	11
2.-	Desmontaje de cada uno de los cangilones del elevador, resguardándolas en un lugar propicio para su restauración.	Pieza	105	Kg	892.5
3.-	Desmontaje de la cadena de ingeniería C-111-B (de preferencia completa), ubicándola provisionalmente en el Batey, bien identificada y etiquetada. "2 tramos de 50 mt c/u".	Metros	100	Kg	1,730.0
4.-	Desmontaje completo de la cadena de transmisión RC-140 identificándola, y colocándola en el piso de los roto clones.	Metros	4.85	Kg	35.8
5.-	Desmontaje de su base del motor eléctrico de 1750 RPM con 40 HP, colocándolo en el piso de los roto clones.	Pieza	1	Kg	246
	<i>Contiúa en la siguiente página.</i>				

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
6.-	Desmontaje del reductor Falk modelo 5C2-02 de 17.09:1 de flechas colineales con el sprocket montado en flecha de salida RC140B21, también se colocará en el piso de los rotoclones bien identificado.	Pieza	1.00	Kg	235.90
7.-	Desmontaje del sprocket de la flecha de punta del elevador de azúcar húmeda RC140B56, identificándolo y colocándolo en piso de rotoclones.	Pieza	1.00	Kg	202.00
8.-	Desmontaje del cajón número 13, colocándolo en piso de rotoclones.	Pieza	1.00	Kg	321.53
9.-	Desmontaje de la flecha principal de transmisión del elevador de azúcar húmeda completa con los dos sprockets de 16 dientes cada uno para cadena C-111-B, colocándola en piso de rotoclones.	Pieza	1.00	Kg	462.85
10.-	Desmontaje del conducto de descarga de azúcar húmeda a las tolvas, resguardando la válvula desviadora (en caso de ocuparse nuevamente).	Pieza	1.00	Kg	268.00
11.-	Desmontaje de los cajones 12 y 11 respectivamente, verificar si es factible bajarlos unidos, colocándolos en piso rotoclones.	Pieza	2.00	Kg	1,120.88
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

3.4 Mejora en la reubicación de elevador de azúcar húmeda de A y transportador helicoidal de A.

135

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
12.-	Desmantelamiento o desmontaje completo de las tolvas de azúcar húmeda 1 y 2 respectivamente, (verificar de ser factible bajarlas en dos secciones cada una, transportándolas al cuarto de maquinaria pesada.	Pieza	2.00	Kg	11,690.06
13.-	Desmontaje de los motores eléctricos de los dos gusanitos distribuidores de azúcar húmeda a los secadores 1 y 2 (1750 RPM a 5 HP).	Pieza	2.00	Kg	64.00
14.-	Desmontaje de los reductores de velocidad Falk Planetarios de 3 reducciones 17.1:1 con 10 HP de los dos gusanitos distribuidores de azúcar húmeda a los secadores 1 y 2, llevándolos al cuarto de maquinaria pesada.	Pieza	2.00	Kg	267.36
15.-	Desmontaje de los dos gusanitos distribuidores de azúcar húmeda a los secadores 1 y 2, llevándolos al cuarto de maquinaria pesada.	Pieza	2.00	Kg	1,744.00
16.-	Desmontaje de las caídas de azúcar de los gusanitos a los secadores de azúcar húmeda 1 y 2.	Pieza	2.00	Kg	120.00
17.-	Desmontaje de la tubería de descarga de material contaminado de los gusanitos al tanque fundidor.	Pieza	2.00	Kg	738.10
18.-	Desmontaje del piso del área de los gusanitos de azúcar a los secadores 1 y 2. (de preferencia solo el área que ocupará el cajón del elevador “lado molinos”).	Pieza	1.00	Kg	104.66
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
19.-	De ser factible y seguro, desmontar en conjunto los cajones del 7 al 10, girándolos y colocándolos en la posición que ocupará a futuro dicho elevador, asegurándolos firmemente. En caso de no ser segura está maniobra, desarmar cada uno de los cajones de manera individual, colocándolos en el piso de los secadores.	Pieza	4.00	Kg	2,884.82
20.-	Reubicar la tubería de vapor que alimenta al secador lado Batey, ya que coincide con el cajón del elevador que se colocará en este nivel.	Pieza	1.00	Kg	101.26
21.-	Desmontaje de la flecha inferior o cola del elevador de azúcar completa con sprockets de 11 dientes cada una de ingeniería C-111-B.	Pieza	1.00	Kg	342.50
22.-	De ser factible y seguro, desmontar en conjunto los cajones del 1 al 6, girándolos y colocándolos en la posición que ocupará a futuro dicho elevador, asegurándolos firmemente. En caso de no ser segura está maniobra, desarmar cada uno de los cajones de manera individual, colocándolos en el piso cero.	Pieza	6.00	Kg	3,821.53

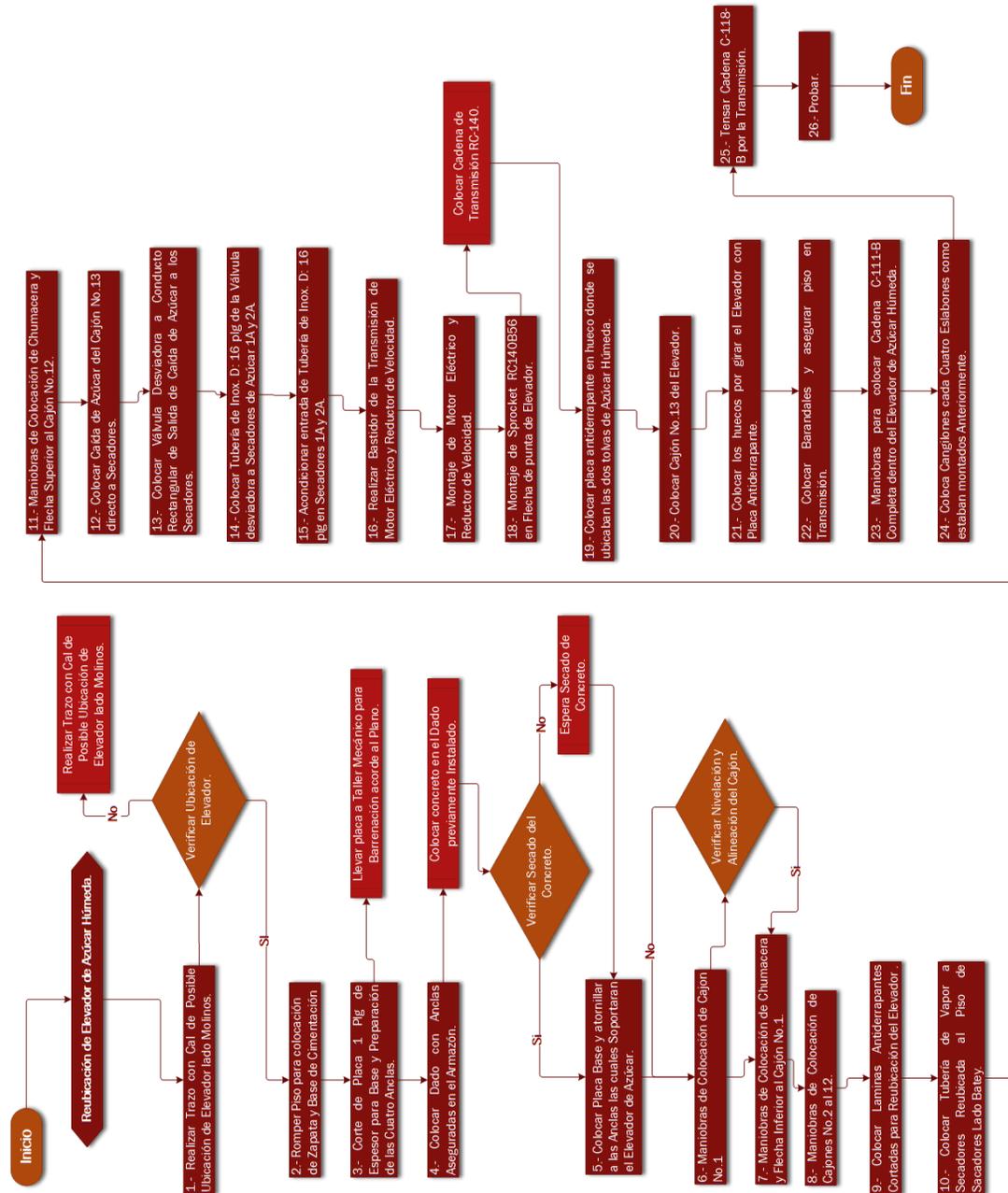


Figura 3-40.: Diagrama de flujo: Retiro de elevador de azúcar húmeda.

Apoyandose del **Diagrama de flujo: Reubicación de elevador de azúcar húmeda** se profundiza los servicios, piezas y metraje que se necesitan la Reubicación del Elevador de Azúcar Húmeda; las cantidades son pasadas a kilogramos por cuestiones de entrega por parte de almacén. Ver Tabla **3-11**.

**Tabla 3-11.:** Diagrama de Flujo: Reubicación de Elevador de Azúcar Húmeda.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
1.-	Realizar trazo de posible ubicación del elevador de azúcar húmeda lado molinos con cal.	Pieza	1.00	Servicio	1.00
2.-	Romper piso en la ubicación autorizada para realizar zapata y base cimentación para aseguramiento del cajón completo.	Pieza	1.00	Servicio	1.00
3.-	Cortar placa de 1 plg de espesor de acuerdo a dimensiones llevarla a taller mecánico para su respectiva barrenación, así como preparar las cuatro anclas de la base también de acuerdo a dibujo y especificaciones.	Pieza	1.00		Kg 343.92
4.-	Colar el dado de acuerdo a especificaciones con las anclas bien aseguradas en la armazón de acuerdo a plano de proyecto.	Pieza	1.00	Servicio	1.00
5.-	Ya seco el concreto, colocar la placa base en el dado atornillándola en las anclas previamente colocadas, mismas que soportarán al cajón completo del elevador de azúcar húmeda.	Pieza	1.00	Servicio	1.00
<i>Continúa en la siguiente página.</i>					

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
6.-	Empezar con las maniobras de la colocación, de preferencia el cajón No. 1 solo para nivelarlo y alinearlos de acuerdo a plano de ingeniería.	Pieza	1.006	Kg	489.76
7.-	Colocación de las chumaceras y flecha de cola del levador. Pieza 1.00 Kilos 342.50 8 Proceder a las maniobras de la colocación total de cada uno de los cajones que componen el elevador desde el número 2 al 12.	Pieza	11.00	Kg	7,659.00
9.-	Colocar en cada uno de los respectivos pisos las láminas antide-rrapantes que fueron por necesidad cortadas para la reubicación de los cajones del elevador.	Pieza	5.00	Kg	195.00
10.-	Colocar la tubería de vapor a secadores reubicada en el piso de los secadores al secador lado Batey.	Pieza	1.00	Kg	101.26
11.-	Realizar maniobras para el montaje de la flecha de punta con sus respectivas chumaceras en el cajón 13 así como sus tensores. (así como de colocar pasillo faltante en el área).	Pieza	2.00	Kg	462.85
12.-	Colocar la caída de azúcar húmeda del cajón 13 directo a los secadores.	Pieza	1.00	Kg	321.53
13.-	Colocar la válvula desviadora en el conducto rectangular a la salida de la caída de azúcar a los secadores.	Pieza	1.00	Kg	72.00
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
14.-	Colocar la tubería de inoxidable de 16 plg de diámetro de la válvula desviadora a los secadores de azúcar 1 y 2, con sus respectivos registros de inspección y demás periféricos.	Metros	24.40	Kg	7,196.27
15.-	Acondicionar la entrada del tubo de 16 plg de diámetro en cada uno de los secadores.	Pieza	2.00	Kg	53.18
16.-	Realizar el bastidor o base estructural de la transmisión motor eléctrico y reductor de velocidad.	Pieza	1.00	Kg	475.00
17.-	Montaje del motor eléctrico y reductor de velocidad en su base bien asegurada.	Pieza	2.00	Kg	481.90
18.-	Colocar sprocket RC140B56 en flecha de punta del elevador de azúcar, posteriormente colocar la cadena de transmisión RC-140	Juego	1.00	Kg	237.80
19.-	Colocar placa antiderrapantes en hueco donde estaban las dos tolvas de azúcar húmeda.	Mt2.	17.00	Kg	873.77
20.-	Colocar el cajón número 13 del elevador de azúcar húmeda.	Pieza	1.00	Kg	321.53
21.-	Cerrar los huecos generados por el giro del cajón del elevador con placa antiderrapantes.	Pieza	7.006	Kg	387,830.71
22.-	Colocar barandales y asegurar piso en transmisión.	Pieza	11.00	Kg	365.02
23.-	Realizar maniobras para meter la cadena de ingeniería C-111-B (de preferencia completa). (2 tramos)	Metros	100.00	Kg	1,730.00
24.-	Colocar los cangilones cada 4 eslabones como estaban montados antes de su desmantelamiento.	Pieza	105.00	Kg	892.50
<i>Contiúa en la siguiente página.</i>					

3.4 Mejora en la reubicación de elevador de azúcar húmeda de A y transportador helicoidal de A.

<i>Continuación de la tabla.</i>					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad B	Unidad	Cantidad A
25.-	Tensar la cadena principal C-111-B por la parte de transmisión.	Servicio	1.006	Servicio	1.00
26.-	Probar.	Servicio	1.00	Servicio	1.00

## **4. Capítulo 4. Discusión de Resultados**

### **4.1. Proceso de reubicación de Transportador de azúcar húmeda de A y Elevador de azúcar húmeda de A.**

Para tener un control adecuado las actividades se hace uso de un Diagrama Gantt para el seguimiento y cumplimiento de las mismas dentro del periodo de Reparación 2020 (R-20), se muestra el Diagrama Gantt de la mejora en el Transportador de azúcar húmeda de A (Ver Figura 4-1) y Elevador de azúcar húmeda de A (Ver Figura 4-3 ), los cuales de acuerdo a lo planeado se comienza la modificación: El día 04 de septiembre del 2020 y finalización de la mejora: El día 14 de noviembre del 2020.

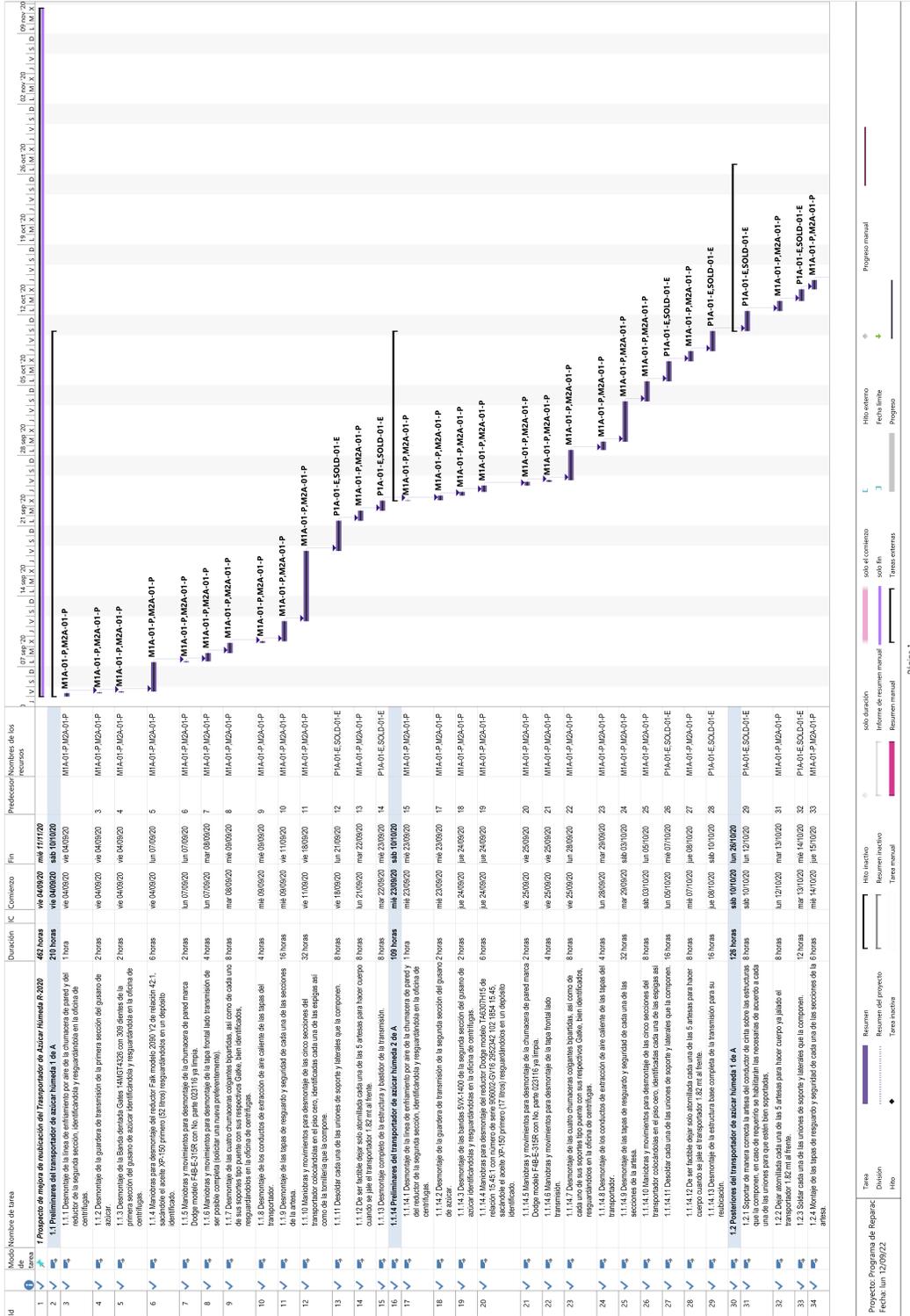


Figura 4-1.: Diagrama Gantt de la mejora en el Transportador de azúcar húmeda de A, Part 1-2.

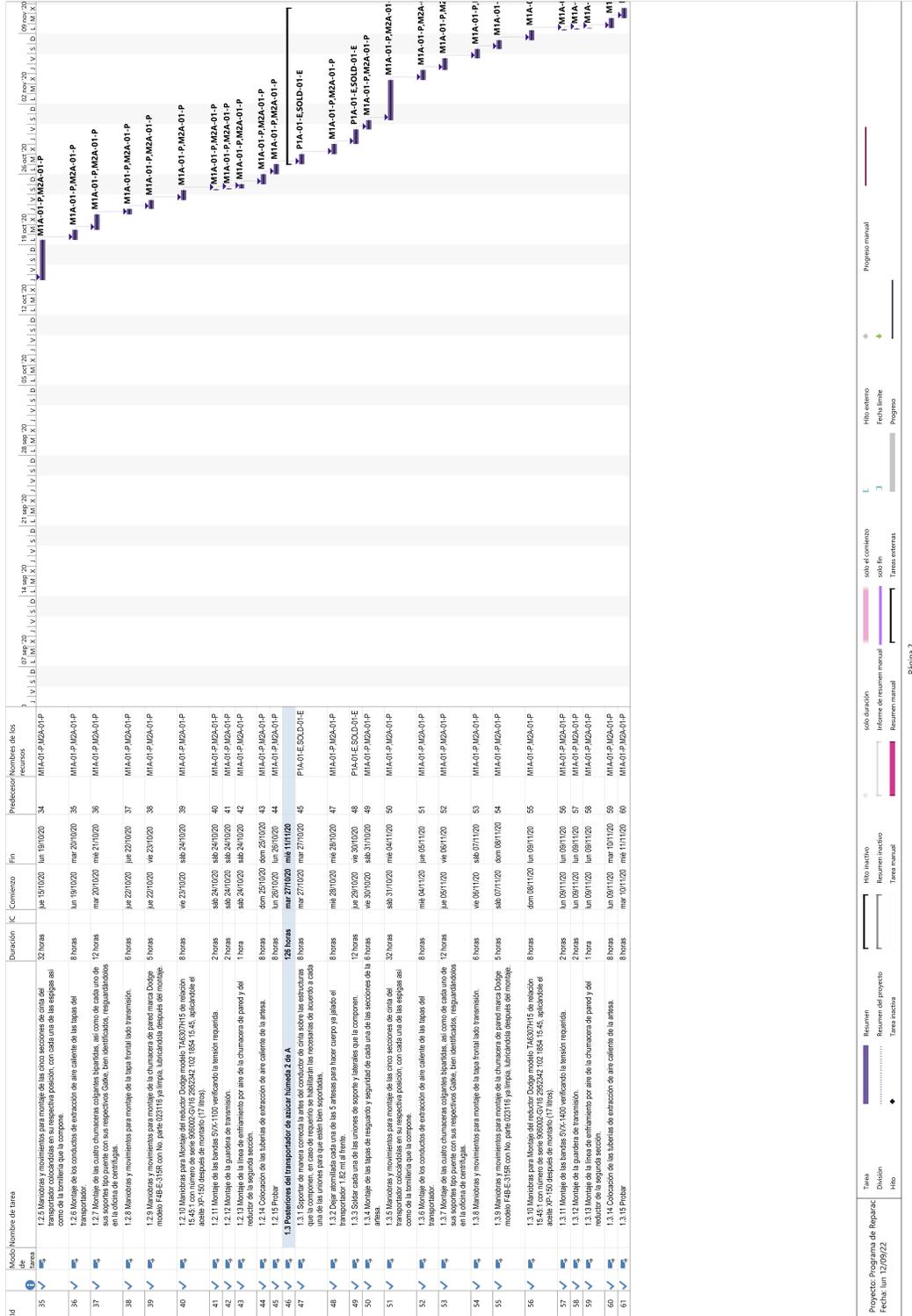
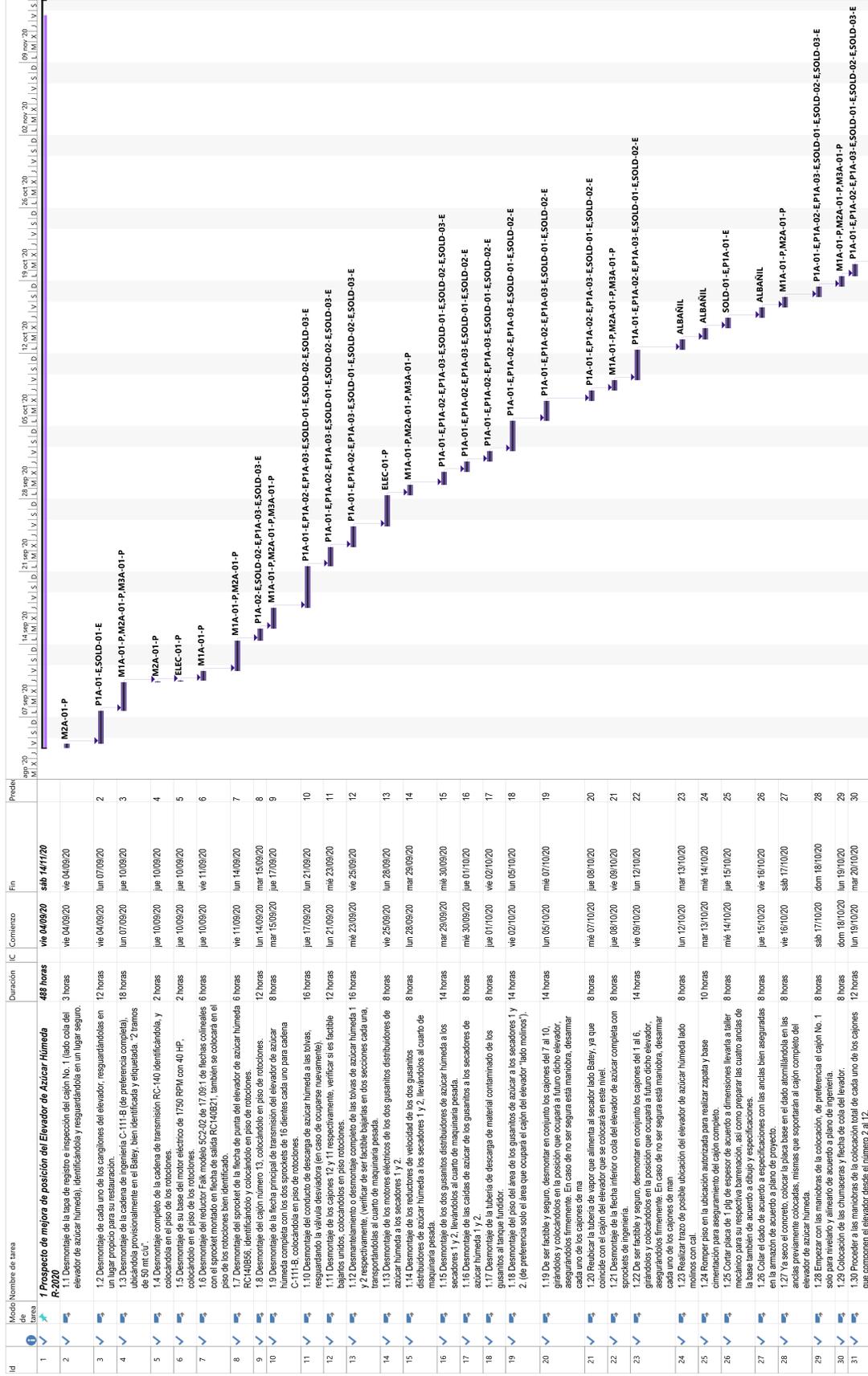


Figura 4-2.: Diagrama Gantt de la mejora en el Transportador de azúcar húmeda de A, Part 2-2.



Proyecto: Programa de Reparac.  
 Fecha: lun 12/09/22

Tarea: Resumen  
 División: Resumen del proyecto  
 Hitos: Resumen manual

Tarea inactiva  
 Resumen inactivo  
 Tarea manual

solo duración  
 Informe de resumen manual  
 Resumen manual

solo el comienzo  
 solo fin  
 Fases externas

Hitos externo  
 Fecha límite  
 Progreso

Progreso manual

Página 1

Figura 4-3.: Diagrama Gantt de la mejora en el Elevador de azúcar húmeda de A, Part 1-2

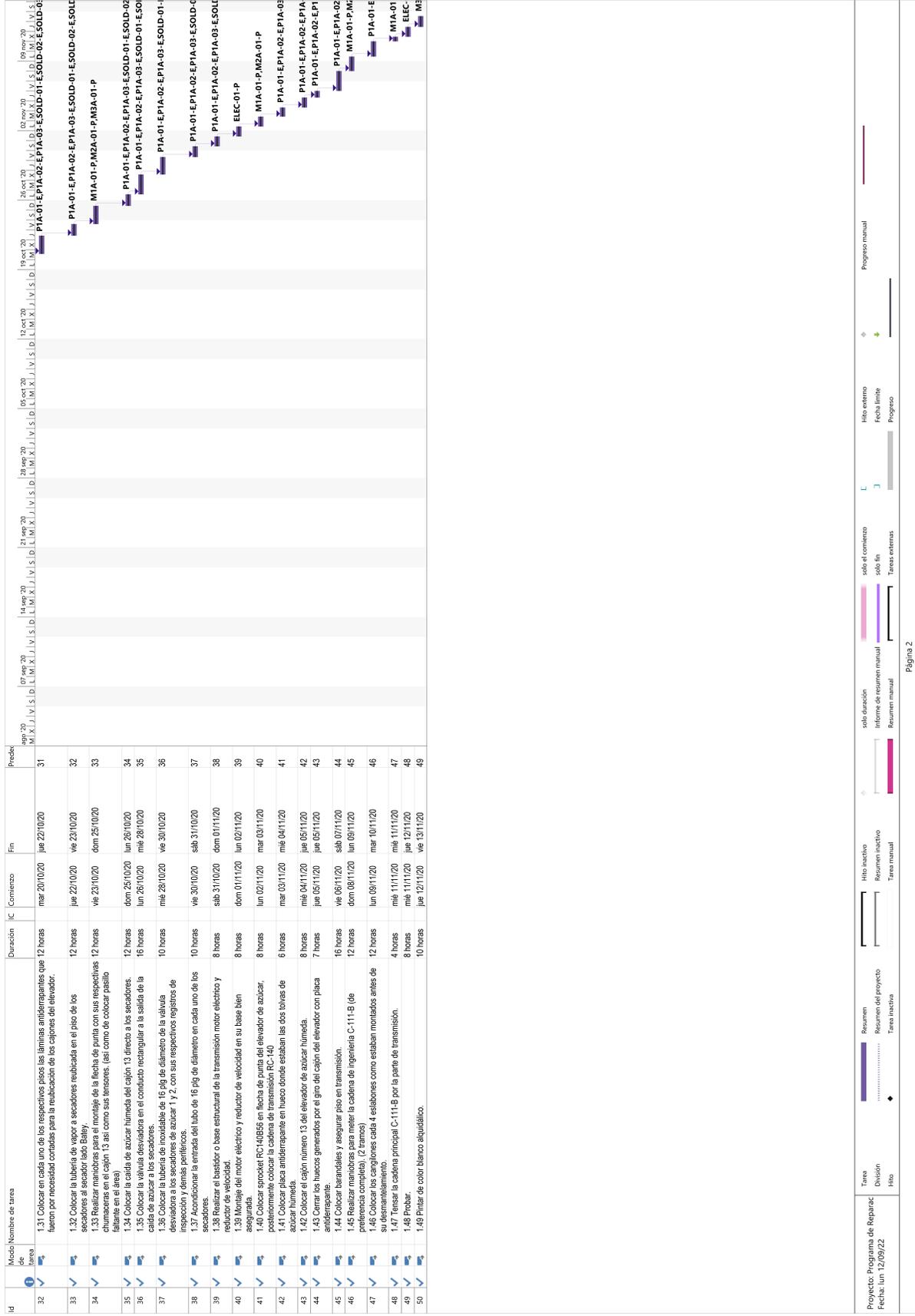


Figura 4-4.: Diagrama Gantt de la mejora en el Elevador de azúcar húmeda de A, Part 2-2

## 4.2. Reubicación elevador de azúcar húmeda de A.

En primer lugar, se inició con la ubicación de los límites tanto de la espiga como de la tapa soporte de chumacera en la pared como referencias físicas, a la par, se desmontó la cadena del elevador, periféricos como son, transmisión, sprockets, y cajones 13 y 12, se plomeó centro del elevador, y con respecto a planos dimensionales, se ubicó la zona de perforación para el piso cero del elevador.



**Figura 4-5.:** Punto de referencia de posición de elevador de azúcar húmeda.



**Figura 4-6.:** Limites de modificación.



**Figura 4-7.:** Desmontaje de cadena de elevador de azúcar húmeda.



**Figura 4-8.:** Retiro de cajones de elevador parte superior.[Saquimux, 2004]



**Figura 4-9.:** Retiro de sprockets de parte alta del elevador de azúcar húmeda.

Como segundo punto, se movieron tramos completos hermanados de los cajones anteriores a los mencionados, después, se desmontó la garganta bipartida de caída de azúcar a la tolva con su válvula diversora hechiza.



**Figura 4-10.:** Movimiento de cajones de Elevador de azúcar húmeda en el piso de roto clones.



**Figura 4-11.:** Retiro de cajones de Elevador de azúcar en el piso de secadores



**Figura 4-12.:** Desmontaje de cajones de Elevador de azúcar húmeda.

Como tercera actividad, retiró por secciones de tolvas receptoras de azúcar húmeda con sus caídas a los gusanitos, también se desmontaron los conjuntos de los gusanitos (trasmisiones, bases, artesas, y caídas a secadores).



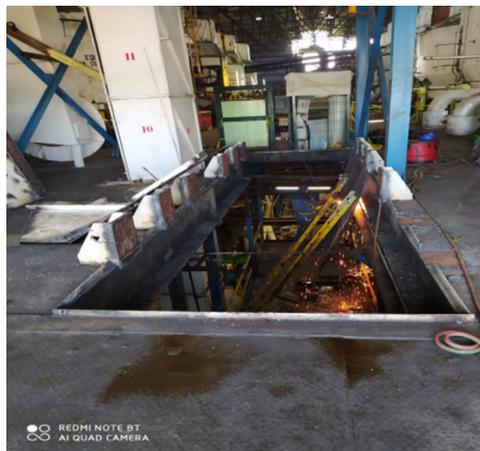
**Figura 4-13.:** Desmontaje de garganta bipartita.



**Figura 4-14.:** Eliminación de garganta bipartida.



**Figura 4-15.:** Retiro de tolvas de azúcar.



**Figura 4-16.:** Retiro de tolvas de azúcar.



**Figura 4-17.:** Retiro de gusanitos.



**Figura 4-18.:** Retiro de artesa de gusanitos.

Realizado lo anterior mencionado, se procedió a realizar el monolito base de concreto para cimentación del elevador, una vez fraguado, se procedió a la colocación de los primeros cajones que componen el elevador, asegurándonos que estuviera bien a plomo, nivelado y alineado conforme a lo planeado en dibujo.



**Figura 4-19.:** Área de posición de monolito Elevador y Transportador.



**Figura 4-20.:** Base de cimentación de Elevador de azúcar húmeda y Transportador de azúcar húmeda.



**Figura 4-21.:** Instalación de primeros cajones del elevador a la base.



**Figura 4-22.:** Cajones correctamente alineados en base

Concluida la nivelación, se armó el conjunto de transmisión interna con los componentes (Cadena C-111, flecha inferior, cangilones, etc.), estas actividades aparte de ser secuenciales en

la parte inferior, fueron coordinadas a la par con la fabricación de la caída del transportador de azúcar al elevador cumpliendo los  $52^\circ$  recomendados.



**Figura 4-23.:** Instalación de flechas internas y sprockets dentro del elevador de azúcar húmeda.



**Figura 4-24.:** Instalación de cadena y cangilones.



**Figura 4-25.:** Instalación de tapas parte inferior del elevador de azúcar húmeda.

Como complemento y también con secuencia, se armó la parte superior, colocando la base de la transmisión, se montó la transmisión completa, se colocaron los cajones superiores con su

salida de material hacia la válvula diversora, teniendo cuidado de la colocación y orientación de las bridas de caída hacia los secadores de azúcar.



**Figura 4-26.:** Armado de la parte superior del elevador de azúcar húmeda.



**Figura 4-27.:** Cajones de descarga de elevador de azúcar húmeda.



**Figura 4-28.:** Orientación de gargantas de azúcar húmeda a los secadores.

Por último y a grandes rasgos, se cerraron los cajones, se colocaron los tubos caída de azúcar a secadores cuidando cada uno de ellos los grados planeados, una vez terminado lo anterior, se procedió a la aplicación de pintura alquidámica color blanco, se probó rotación y quedó listo para su operación confiable con carga.



**Figura 4-29.:** Colocación de tubos de caída de azúcar a secadores.



**Figura 4-30.:** Tubo de caída de azúcar ubicado en secador 1.



**Figura 4-31.:** Tubo de caída de azúcar ubicado en secador 2.



**Figura 4-32.:** Mejora aplicada al elevador de azúcar húmeda.

### **4.3. Reubicación Transportador Helicoidal de Azúcar Húmeda de A.**

Como primer intento de mejora se cambió la transmisión, pasando el reductor que estaba en la segunda sección del gusano de azúcar húmeda de A (Reductor de velocidad Falk modelo: 2090 Y2 de relación de velocidad de 42:1, tipo: Ejes Paralelos, con poleas MPC 14MX112S125-6050 (19.54 diámetro 5.29 ancho), 14MX60S125-4535 (10.417 diámetro 5.29 ancho) y banda dentada Gates 14MGT4326 con 309 dientes, mismo que nos favoreció en su totalidad pero los daños seguían latentes por la escaza área de descarga y soporte de placa de carga de la chumacera principal.



**Figura 4-33.:** Primer intento de mejora con cambio de transmisión.



**Figura 4-34.:** Reductor de velocidad Falk.



**Figura 4-35.:** Ubicación de transmisión antes de la mejora.

Como segunda opción se monta el reductor de velocidad Dodge, modelo TA6307H15, tipo montaje sobre eje Torque Arm II, No. de serie 906002-GV16 2952342 102 1854, relación de velocidad 15.45:1, poleas 5-5VX1090EQD 10.9 plg y 5-5VX750QD 7.5 plg, banda Gates Hi Power II 5-5VX-1000, independientemente de la inclinación de la caída de azúcar al elevador con 52°.

Inicialmente se comienza con el retiro de los listones helicoidales del transportador, para llevar a cabo el movimiento de la artesana a (91 3/8”), se continua con la elaboración del bastidor de carga para la primera sección y segunda sección del transportador helicoidal, enseguida se comienza con la instalación de compontes internos del transportador helicoidal (listones helicoidales, flechas intermedias y soportes intermedios) y por último se instalan los componentes de transmisión, bandas, poleas y sprockets.



**Figura 4-36.:** Vista de descarga de Azúcar del transportador al elevador de azúcar.



**Figura 4-37.:** Desinstalación de listones helicoidales, soportes intermedio y flechas intermedias.



**Figura 4-38.:** Artesa de transportador helicoidal alineada con elevador de azúcar.



**Figura 4-39.:** Instalación de placa base de soporte de bastidor de carga transportador helicoidal primera sección.



**Figura 4-40.:** Instalación de vigas de carga para bastidor primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-41.:** Bastidor terminado primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-42.:** Monolito de soporte para bastidor de carga segunda sección transportador helicoidal.



**Figura 4-43.:** Monolito de soporte para bastidor de carga segunda sección transportador helicoidal.



**Figura 4-44.:** Instalación de vigas de carga para bastidor: segunda sección transportador helicoidal.



**Figura 4-45.:** Instalación de listones helicoidales, flechas intermedias y soportes internos.



**Figura 4-46.:** Instalación de tapa de artesa, flecha principal y chumacera de pared.



**Figura 4-47.:** Instalación de transmisión, tipo: Dodge TA6307H15 (Plan A: Opción Original) primera Sección transportador helicoidal.



**Figura 4-48.:** Transmisión, Dodge TA6307H15, Primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-49.:** Aplicación de pintura blanca a bastidor de carga primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-50.:** Aplicación de pintura blanca a bastidor de carga primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-51.:** Instalación de transmisión Tipo: Falk 2090 Y2 (Plan B), Primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-52.:** Instalación de transmisión Tipo: Dodge TA6307H15, segunda sección transportador helicoidal.



**Figura 4-53.:** Aplicación de pintura azul holandés a bastidor de carga segunda sección transportador helicoidal.

Aprovechando la reubicación tanto de los transportadores helicoidales y como del elevador de azúcar húmeda, se planteó bajar 8 pulgadas el piso base de dicho elevador para obtener

los 52° de inclinación para la descarga de azúcar húmeda, para obtener con ello un flujo de azúcar sin obstrucciones y constante, evitando con ello atorones de producto no deseados que nos generen sobre esfuerzos de los elementos de transmisión.



**Figura 4-54.:** Caída de azúcar con 52° de inclinación.



**Figura 4-55.:** Vista de caída de azúcar del transportador helicoidal al elevador enfoque en el cangilón.



**Figura 4-56.:** Caída de azúcar del transportador helicoidal al elevador (terminada).

Como aprovechamiento de la transmisión anterior se deja como plan B en caso de alguna eventualidad que surgiera con la transmisión original que es con el reductor Dodge. Con la transmisión original, nos asegura que la espiga principal de carga está totalmente soportada tanto por el reductor como la chumacera de pared absorbiendo estas todos los esfuerzos que se generen aterrizándolos a la estructura, así tendremos una operación confiable durante la zafra.



**Figura 4-57.:** Transmisión Tipo: Falk 2090 Y2 (Plan B), Primera sección transportador helicoidal.



**Figura 4-58.:** Mejora aplicada en el transportador helicoidal de azúcar húmeda.

#### 4.4. Mapa de flujo de valor: Futuro.

Tabla 4-1.: Cantidad de azúcar real entrega por la batería de centrifugas de A al elevador de azúcar con la aplicacion del VSM Futuro.

Batería de centrifugas de A:											
Descripción	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
Volumen %	75 %	80 %	80 %	80 %	85 %	85 %	80 %	80 %	90 %	85 %	90 %
Vol x Carga	39.73	15.02	15.02	15.02	15.96	15.96	15.02	15.02	16.90	15.96	16.90
Azúcar, Máx x ciclo	3,659.69	1,384.10	1,384.10	1,384.10	1,470.61	1,470.61	1,384.10	1,384.10	1,557.11	1,470.61	1,557.11
Azúcar, Real x ciclo	5,828.699	1,768.46	9,768.46	9,768.46	10,378.99	10,378.999	768.46	9,768.46	10,989.51	10,378.99	10,989.51
Azúcar húmeda x día	193,715.193	73,263.43	73,263.43	73,263.43	77,842.39	77,842.3973	263.43	73,263.43	82,421.36	77,842.39	82,421.36
Vol x ciclo	23.67	8.95	8.95	8.95	9.51	9.51	8.95	8.95	10.07	9.51	10.07
Vol x día	402.38	152.18	152.18	152.18	161.69	161.69	152.18	152.18	171.21	161.69	171.21
Transportador de azucara húmeda 2A y 1A:											
		7,516.88								lb * ciclo	
		2,875,206.62								lb * dia	
		117.11								$\frac{lb}{ft^3} * ciclo$	
		47,778.86								$\frac{lb}{ft^3} * dia$	

Al comparar el Mapa de flujo de valor; Actual con el futuro, se puede evidenciar que hay una disminución importante en el tiempo de transporte de azúcar del transportador al elevador. Así como el aumento de cantidad de azúcar entregada al elevador. Por eso las mejoras no se enfocan en la entrega de azúcar por parte de las centrifugas al transportador de azúcar. La disminución de tiempos se compara (Ver Figura 4-59) y el incremento de azúcar entregada al elevador(Ver Figura 4-60).

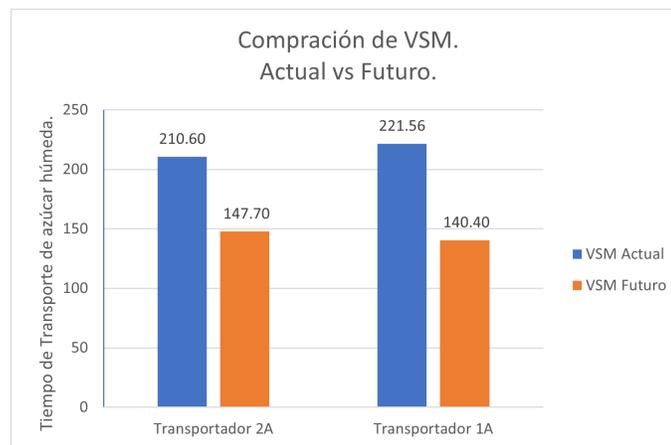


Figura 4-59.: Comparación de VSM: Actual vs Futuro, Tiempos de transporte de azúcar húmeda.

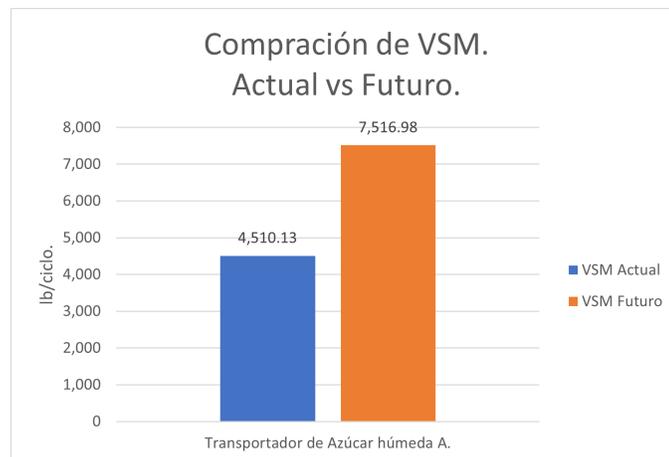


Figura 4-60.: Comparación de VSM: Actual vs Futuro, Azúcar húmeda entregada al elevador.



## 5. Conclusiones

Esta tesis se apoyo de la aplicacion de principios de Lean Manufacturing como lo son el Mapa de flujo de valor. para identificar cuellos botella encontrados dentro del proceso, en el área de centrifugación en la infraestructura (Transportador azúcar húmeda A), que como consecuencia se fracturaba por el desalojo de material ineficiente de la boca de descarga del mismo, el cual se soluciono con la reubicación de infraestructura (Transportador de azucar húmeda y Elevador de azúcar húmeda).

Se identifico que el tiempo total del proceso era 450.2415 seg/ciclo y se mejora a 311.1815 seg/ciclo, el resultado fue mayor cantidad de flujo de material 7,516.98 lb/ciclo ó 3,409.31 kg/ciclo. La producción diaria de azúcar anterior era 1,725,123.97 lb/día ó 782,483.07 kg/día, por lo tanto la producción actual es de 2,875,206.62 lb/día ó 1,304,138.46 kg/día. Dando un impacto económico de azúcar producida por día 21,428,599.84 pesos por día. Ver Figura 5-1.

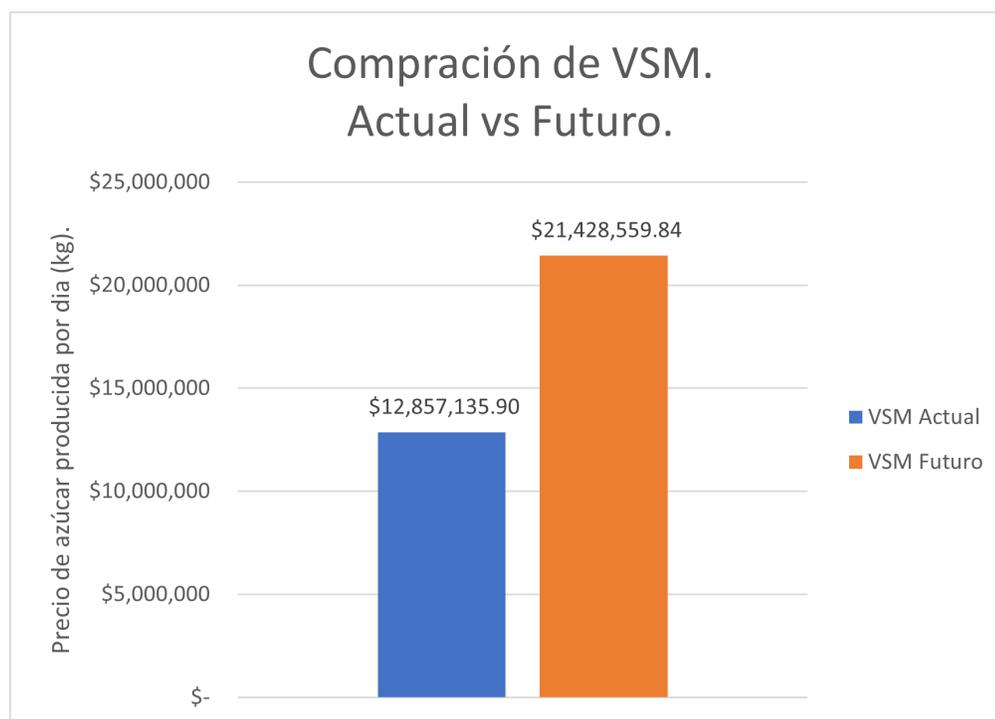


Figura 5-1.: Comparación de VSM: Actual vs Futuro, Impacto sobre la mejora.

El precio de la mejora no es de alto impacto comparado con las pérdidas monetarias del área por atascamiento o fractura. Ver Figura 5-2. Ver Anexo , Ver Figura.

Precio de la mejora.		
<b>Transportador de azúcar húmeda 1A y 2A.</b>		
Materia prima	\$	594,458.04
Mano de obra.	\$	100,315.57
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>694,773.61</b>
<b>Elevador de azúcar húmeda A.</b>		
Materia prima	\$	534,262.94
Mano de obra.	\$	209,621.69
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>743,884.63</b>
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>1,438,658.25</b>

Figura 5-2.: Precio de mejora en transportador de azúcar y elevador de azúcar.

Perdidas Monetarias por Paros de Producción por fallas o daños al Transportador Helicoidal. 2019-2020					
Causa	Día de Zafra	Hrs	Azúcar Producida/ Hrs	Precio de Azúcar	Precio de Azucar (IVA)
Atascamiento	5	1	71,007.18	\$ 1,168,735.59	\$ 1,355,733.28
Atascamiento	18	1	71,007.18	\$ 1,168,735.59	\$ 1,355,733.28
Atascamiento	30	1	71,007.18	\$ 1,168,735.59	\$ 1,355,733.28
Fractura de eje motriz	36	3	213,021.54	\$ 3,506,206.77	\$ 4,067,199.85
Reparación	39	2	142,014.36	\$ 2,337,471.18	\$ 2,711,466.57
Reparación	40	2	142,014.36	\$ 2,337,471.18	\$ 2,711,466.57
Fractura de cinta helicoidal	49	5	1,065,107.71	\$ 17,531,033.84	\$ 20,335,999.26
Reparación	54	8	568,057.45	\$ 9,349,884.72	\$ 10,845,866.27
Reparación	137	8	568,057.45	\$ 9,349,884.72	\$ 10,845,866.27
Reparación	138	2	142,014.36	\$ 2,337,471.18	\$ 2,711,466.57
<b>Total:</b>					<b>\$ 58,296,531.20</b>

<b>Precio Azúcar</b>	822.97
<b>Azucar x Hr</b>	71007.18066

<b>Tipo de IVA</b>	0.16
--------------------	------

Figura 5-3.: Precio de mejora en transportador de azúcar y elevador de azúcar.

Mediante el apoyo de un check list se muestra que los resultados obtenidos durante la Zafra 20-21. Los cuales son favorables puesto que desde el día: 1 de Zafra hasta el 77 no se presentan fallas (Fracturas o Atascamiento de Materia Prima) en el Transportador Helicoidal 1A y 2A, esto indica que la reubicación del Transportador de azúcar húmeda y Elevador de azúcar húmeda, son satisfactorios para la producción de azúcar en área de centrifugación. Ver Anexo C, Ver Figura **B-1**.

En zafras anteriores se percibió que en los primeros días de zafra el transportador de azúcar sufría atascamientos o daños, el resultado en la zafra 20-21, no presento ningún inconveniente en los primeros días, lo cual demuestra que la mejora fue favorable y aumento la productividad del proceso de transporte de azúcar, eliminando así los tiempos muertos por mantenimiento. Ver Figura .

**Comparativa de rango de incidencias zafras anteriores vs actuales.**

<b>Zafra</b>	<b>Periodo</b>	<b>Incidencias</b>
Zafra 2017-2018	Del día 1 al 45	Atascamiento, Flexión
Zafra 2018-2019	Del día 1 al 54	Atascamiento, Flexión
Zafra 2019-2020	Del día 1 al 57	Atascamiento, Flexión, Fractura
Zafra 2020-2021	Del día 1 al 77	Sin fallas

**Figura 5-4.:** Comparativa de fallos en zafras anteriores con la actual.



# A. Anexo A: P. Selección de transportador helicoidal por Martín S.

**Martin** **Tabla 1-1**  
**Código de Clasificación del Material**

Clase	Características de Material	Código
Densidad	Densidad a Granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor	A <sub>200</sub> A <sub>100</sub> A <sub>40</sub>
	Fino Malla No. 6 (.132) y menor	B <sub>6</sub>
	Granular ½" y menor (malla 6" a ½") 3" y menor (½" a 3") 7" y menor (3" a 7")	C <sub>½</sub> D <sub>3</sub> D <sub>7</sub>
	Terrones 16" y por debajo (0" a 16") Arriba de 16" a ser especificado X=Tamaño Máximo	D <sub>16</sub> D <sub>X</sub>
	Irregular Fibroso, Cilíndrico, etc.	E
Fluidéz	Fluido Muy Libre	1
	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F
	Genera Eléctrica Estática	G
	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M
	Explosividad	N
	Pegajoso — Adhesión	O
	Contaminable — Afecta Uso	P
	Degradable — Afecta Uso	Q
	Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos	R
	Altamente Corrosivo	S
	Medianamente Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
	Presencia de Aceites	W
	Se Comprime Bajo Presión	X
	Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y
Temperatura Elevada	Z	

Figura A-1.: Tabla 1-1: Código de Clasificación del Material.

<h2 style="margin: 0;">Tabla 1-2</h2> <h3 style="margin: 0;">Características de los Materiales</h3>	
---	--

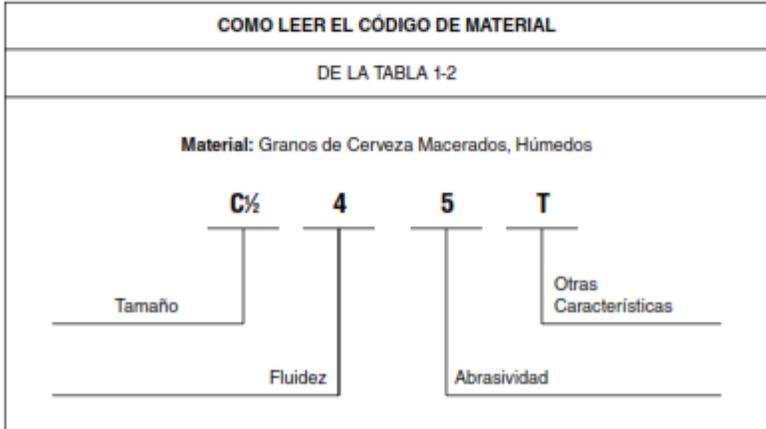
**Características de los Materiales**

La tabla de Características de los Materiales contiene la información siguiente:

- A. El peso por pie cúbico (densidad) que puede ser usado para calcular la capacidad del transportador en pies cúbicos por hora.
- B. El código de material para cada material tal y como se describe en la Tabla 1-1 y que se interpreta abajo en ésta página.
- C. El código para la selección del Rodamiento Intermedio se usa para seleccionar el material adecuado para el buje del colgante. Tabla 1-11 (página H-22).
- D. El código para la Serie de Componentes se usa para determinar los componentes correctos que deben utilizarse (página H-21).
- E. El Factor del Material, Fm se usa para determinar la potencia como se indica en las páginas H-23 a H-25.
- F. La columna de la carga de artesa indica el porcentaje de llenado que debe utilizarse para determinar el diámetro y la velocidad del transportador.

Para propósitos de diseño del transportador, los materiales a transportar están clasificados de acuerdo al código de la Tabla 1-1 y listados en la Tabla 1-2.

La Tabla 1-2 contiene muchos materiales que pueden ser transportados efectivamente en un transportador helicoidal. Si algún material no está en la Tabla 1-2, debe ser clasificado de acuerdo a la Tabla 1-1 o puede tomarse un material similar en cuanto al peso (densidad), tamaño de partícula u otras características.



**Figura A-2.:** Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 1-11.



## Tabla 1-2 Características de los Materiales

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedia	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>r</sub>	Carga de Artesa
Ácido Adíptico	45	A 100-35	S	2	0.5	30A
Ácido Bórico, Fino	55	B6-25T	H	3	0.8	30A
Ácido Hexanodioico (ver Ácido Adíptico)	-	-	-	-	-	-
Ácido Oxálico (Etano Diácido) cristales	60	B6-35QB	L-S	1	1	30A
Ácido Salicílico	29	B6-37U	H	3	0.6	15
Ajonjolí, semilla	27-41	B6-26	H	2	0.6	30B
Alfalfa	14-22	B6-45WY	H	2	0.6	30A
Alfalfa (pellet)	41-43	C1/2-25	H	2	0.5	45
Alfalfa, semilla	10-15	B6-15N	L-S-B	1	0.4	45
Algarroba	48	B6-16N	L-S-B	1	0.4	30B
Algodón, semilla pasta rolada	35-40	C1/2-45HW	L-S	1	0.6	30A
Algodón, semilla pasta, seco	40	B6-35HW	L-S	1	0.6	30A
Algodón, semilla prensada, pasta	40-45	C1/2-45HW	L-S	1	1	30A
Algodón, semilla prensada, trozos	40-45	D7-45HW	L-S	2	1	30A
Algodón, semilla seca, desfibrada	22-40	C1/2-25X	L-S	1	0.6	45
Algodón, semilla seca, no desfibrada	18-25	C1/2-45XY	L-S	1	0.9	30A
Algodón, semilla, cascarrillas	12	B6-35Y	L-S	1	0.9	30A
Algodón, semilla, en harina, extraida	35-40	B6-45HW	L-S	1	0.5	30A
Algodón, semilla, en harina, torta	25-30	B6-45HW	L-S	3	0.5	30A
Algodón, semilla, hojuelas	20-25	C1/2-35HWY	L-S	1	0.8	30A
Almendra, quebrada	27-30	C1/2-35Q	H	2	0.9	30A
Almendra, Entera con cáscara	28-30	C1/2-35Q	H	2	0.9	30A
Almidón	25-50	A40-15M	L-S-B	1	1	45
Alumbre, (Sulfato de Aluminio) Fino	45-50	B6-35U	L-S-B	1	0.6	30A
Alumbre, (Sulfato de Aluminio) terrón	50-60	B6-25	L-S	2	1.4	45
Alúmina	55-65	B6-27MY	H	3	1.8	15
Alúmina briquetada	65	D3-37	H	3	2	15
Alúmina, molido fina	35	A100-27MY	H	3	1.6	15
Aluminato (Hidróxido de Aluminio)	45	B6-35	H	2	1.7	30A
Aluminato de Sodio, Molido	72	B6-36	H	2	1	30B
Aluminio, viruta con aceite	7-15	E-45V	H	2	0.8	30A
Aluminio, viruta seca	7-15	E-45V	H	2	1.2	30A
Antimonio en polvo	-	A100-35	H	2	1.6	30A
Arcilla (ver Bentonita, Tierra Diatomáceas, Arcilla)						
Arcilla calcárea	80	DX-36	H	2	1.6	30B
Arcilla calcinada	80-100	B6-36	H	3	2.4	30B
Arcilla cerámica, seca, fina	60-80	A100-35P	L-S-B	1	1.5	30A
Arcilla para tabiques, seca, fina	100-120	C1/2-36	H	3	2	30B
Arcilla seca, en trozos	60-75	D3-35	H	2	1.8	30A
Arena de banco, húmeda	110-130	B6-47	H	3	2.8	15
Arena de banco, seca	90-110	B6-37	H	3	1.7	15
Arena de fundición, de desmoldeo	90-100	D3-37Z	H	3	2.6	15
Arena de Fundición, Seca (ver Arena)	-	-	-	-	-	-
Arena de sílica, seca	90-100	B6-27	H	3	2	15
Arena de Zirconio (con recubr. de resina)	115	A100-27	H	3	2.3	15
Arena fosfórica	90-100	B6-37	H	3	2	15
Arena Sílica (con recubrimiento de resina)	104	B6-27	H	3	2	15
Arroz en bruto	32-36	C1/2-35N	L-S-B	1	0.6	30A
Arroz, Cascarrilla	20-21	B6-35NY	L-S-B	1	0.4	30A
Arroz, con cáscara	45-49	C1/2-25P	L-S-B	1	0.4	45
Arroz, entero y con cascarrilla	20	B6-35NY	L-S-B	1	0.4	30A
Arroz, molido a semolina	42-45	B6-35P	L-S-B	1	0.4	30A
Arroz, Pulido	30	C1/2-15P	L-S-B	1	0.4	45
Arsenato de plomo	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A
Arsenato de plomo (ver Arsenato de Plomo)	-	-	-	-	-	-

H-7

Figura A-3.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 2-11.

<b>Tabla 1-2</b> <b>Características de los Materiales</b>						
Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>m</sub>	Carga de Artesa
Arsénico Pulverizado	30	A100-25R	H	2	0.8	45
Arsenito de Plomo	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A
Asbesto desfibrado	20-40	E-46XY	H	2	1	30B
Aserrín, Seco	10-13	B6-45UX	L-S-B	1	1.4	15
Asfalto (de Utah)	37	C1/2-35	H	3	1.5	30A
Asfalto, Triturado - 1/2"	45	C1/2-45	H	2	2	30A
Avena	26	C1/2-25MN	L-S-B	1	0.4	45
Avena, cáscarilla	8-12	B6-35NY	L-S-B	1	0.5	30A
Avena, harina	35	A100-35	L-S-B	1	0.5	30A
Avena, procesada	19-24	C1/2-35NY	L-S-B	1	0.6	30A
Avena, rizada	19-26	C1/2-35	L-S-B	1	0.5	30A
Avena, triturada	22	B6-45NY	L-S-B	1	0.6	30A
Azafrán (ver Cártamo)	-	-	-	-	-	-
Azúcar de leche	32	A100-35PX	S	1	0.6	30A
Azúcar de Remolacha, Pulpa Húmeda	25-45	C1/2-35X	L-S-B	1	1.2	30A
Azúcar de Remolacha, Pulpa Seca	12-15	C1/2-26	H	2	0.9	30B
Azúcar, cruda, mascabado	55-65	B6-35PX	S	1	1.5	30A
Azúcar, en polvo	50-60	A100-35PX	S	1	0.8	30A
Azúcar, refinada, granulada húmeda	55-65	C1/2-35X	S	1	1.4-2.0	30A
Azúcar, refinada, granulada seca	50-55	B6-35PU	S	1	1.0-1.2	30A
Azufre, en polvo	50-60	A40-35MN	L-S	1	0.6	30A
Azufre, en trozos - 3"	80-85	D3-35N	L-S	2	0.8	30A
Azufre, triturado - 1/2"	50-60	C1/2-35N	L-S	1	0.8	30A
Bagazo de caña	7-10	E-45RVXY	L-S-B	2	1.5	30A
Baquellita, polvo fino	30-45	B6-25	L-S-B	1	1.4	45
Barita (Sulfato de Bario) + 1/2" - 3"	120-180	D3-36	H	3	2.6	30B
Barita en polvo	120-180	A100-35X	H	2	2	30A
Basalto	80-105	B6-27	H	3	1.8	15
Bauxita seca, molida	68	B6-25	H	2	1.8	45
Bauxita, triturada - 3"	75-85	D3-36	H	3	2.5	30B
Bentonita cruda	34-40	D3-45X	H	2	1.2	30A
Bentonita de Sodio (ver Bentonita)	-	-	-	-	-	-
Bentonita, malla 100	50-60	A100-25MXY	H	2	0.7	45
Bicarbonato de Sodio	40-55	A100-25	S	1	0.6	45
Borato de Calcio	60	A100-35	L-S-B	1	0.6	30A
Borato de Sodio (ver Bórax)	-	-	-	-	-	-
Borax, cribado 1/2"	55-60	C1/2-35	H	2	1.5	30A
Bórax, en trozo 1 1/2" a 2"	55-60	D3-35	H	2	1.8	30A
Bórax, en trozo 2" a 3"	60-70	D3-35	H	2	2	30A
Bórax, polvo fino	45-55	B6-25T	H	3	0.7	30B
Boro	75	A100-37	H	2	1	30B
Cacahuete crudo, sin limpiar	15-20	D3-36Q	H	3	0.7	30B
Cacahuete sin cáscara	35-45	C1/2-35Q	S	1	0.4	30A
Cacahuete, harina	30	B6-35P	S	1	0.6	30A
Cacahuete, limpio, con cáscara	15-20	D3-35Q	L-S	2	0.6	30A
Cacao en escamas	35	C1/2-25	H	2	0.5	45
Cacao en polvo	30-35	A100-45XY	S	1	0.9	30A
Cacao en semilla	30-45	C1/2-25Q	L-S	1	0.5	45
Café en polvo, soluble	19	A40-35PUY	S	1	0.4	45
Café molido, húmedo	35-45	A40-45X	L-S	1	0.6	30A
Café molido, seco	25	A40-35P	L-S	1	0.6	30A
Café tostado en grano	20-30	C1/2-25PQ	S	1	0.4	45
Café, cáscarilla	20	B6-25MY	L-S	1	1	45
Café, grano verde	25-32	C1/2-25PQ	L-S	1	0.5	45
Cal hidratada	40	B6-35LM	H	2	0.8	30A
Cal viva, molida	60-65	B6-35U	L-S-B	1	0.6	30A

H-8

Figura A-4.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 3-11.



## Tabla 1-2 Características de los Materiales

Material	Peso lb por pie cúbica	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>v</sub>	Carga de Arieta
Cal, grava	53-56	C1/2-25HU	L-S	2	2	45
Cal, hidratada, pulverizada	32-40	A40-35LM	L-S	1	0.6	30A
Calcina, polvo	75-85	A100-35	L-S-B	1	0.7	30A
Caolín, arcilla	63	D3-25	H	2	2	30A
Caolín, arcilla en talco	32-56	A40-35LMP	H	2	2	30A
Carbón (hulla) lignito	37-45	D3-35T	H	2	1	30A
Carbón (mineral) Bituminoso, de mina	40-60	D3-35LNXY	L-S	1	0.9	30A
Carbón (mineral) Bituminoso, de mina, granel	43-50	C1/2-45T	L-S	2	0.9	30A
Carbón (mineral) Bituminoso, de mina, selecc	45-50	D3-35QV	L-S	1	1	30A
Carbón (mineral) de Antracita	55-61	B6-35TY	L-S	2	1	30A
Carbón (mineral) de Antracita, 1/8"	49-61	C1/2-25	L-S	2	1	45
Carbón de Hueso	27-40	B6-35	L-S	1	1.6	30A
Carbón de Hueso, polvo	20-25	A100-25Y	L-S	1	1.5	45
Carbón de madera, molido	18-28	A100-45	H	2	1.2	30A
Carbón de madera, trozos	18-28	D3-45Q	H	2	1.4	30A
Carbón fino para arena fundición	65	B6-36	H	2	1	30B
Carbonato de Bario	72	A100-45R	H	2	1.6	30A
Carbonato de Calcio (ver Piedra Caliza)	-	-	-	-	-	-
Carbonato de Plomo	240-260	A40-35R	H	2	1	30A
Carbonato de Potasio	51	B6-36	H	2	1	30B
Carbonato de Sodio (ver Soda Ash)	-	-	-	-	-	-
Carbón Activado, fino y seco*	-	-	-	-	-	-
Carburo de Calcio	70-90	D3-25N	H	2	2	30A
Carburo de Silicio	100	D3-27	H	3	3	15
Came, molida	50-55	E-45HQTX	L-S	2	1.5	30A
Came, relazo con hueso	40	E-46H	H	2	1.5	30B
Cártamo, harina	50	B6-35	L-S-B	1	0.6	30A
Cártamo, semilla	45	B6-15N	L-S-B	1	0.4	45
Cártamo, torta	50	D3-26	H	2	0.6	30B
Cáscara de Naranja, seca	15	E-45	L-S	2	1.5	30A
Cáscaras de Nuez, trituradas	35-45	B6-36	H	2	1	30B
Caseína	36	B6-35	H	2	1.6	30A
Cebada malleada (malta)	31	C1/2-35	L-S-B	1	0.4	30A
Cebada, entera	36-48	B6-25N	L-S-B	1	0.5	45
Cebada, harina	28	C1/2-35	L-S-B	1	0.4	30A
Cebada, molina fina	24-38	B6-35	L-S-B	1	0.4	30A
Celite (ver Tierra Diatomácea)	-	-	-	-	-	-
Cemento Portland, aerado	60-75	A100-16M	H	2	1.4	30B
Cemento, Clinker	75-95	D3-36	H	3	1.8	30B
Cemento, Mortero	133	B6-35Q	H	3	3	30A
Cemento, Portland	94	A100-26M	H	2	1.4	30B
Ceniza de alto horno	57	D3-36T	H	3	1.9	30B
Ceniza de caldera, seca	30-45	A40-35LM	H	3	2	30B
Ceniza de carbón	40	D3-36T	H	3	1.8	30B
Ceniza de carbón, mojada - 1/2"	45-50	C1/2-46T	H	3	3	30B
Ceniza de carbón, mojada - 3/4"	45-50	D3-46T	H	3	4	30B
Ceniza de carbón, seca - 1/2"	35-45	C1/2-46TY	H	3	3	30B
Ceniza de carbón, seca - 3/4"	35-40	D3-46T	H	3	2.5	30B
Ceniza de Hueso (Fosfato Tricalcio)	40-50	A100-45	L-S	1	1.6	30A
Ceniza muy fina (Fly Ash)	30-45	A40-35M	H	3	2	30B
Ceniza negra, molida	105	B6-35	L-S-B	1	2	30A
Cenizas (ver Ceniza muy fina Fly Ash)	-	-	-	-	-	-
Ceneno	42-48	B6-15N	L-S-B	1	0.4	45
Ceneno entero y con cascarrilla	15-20	B6-35Y	L-S-B	1	0.4	45
Ceneno, corto	32-33	C1/2-35	L-S	2	0.5	30A

H-9

Figura A-5.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 4-11.

## Tabla 1-2

### Características de los Materiales



Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Series de Componentes	Factor de Material F <sub>r</sub>	Carga de Arriesa
Centeno, forraje	33	B6-35N	L-S-B	1	0.5	30A
Centeno, harina	35-40	B6-35	L-S-B	1	0.5	30A
Centeno, regular	42	B6-35	L-S	1	0.5	30A
Cerufita	-	-	-	-	-	-
Chicharro, seco	45-50	C1/2-15NQ	L-S-B	1	0.5	45
Chicharrón, triturado	40-50	D3-45HW	L-S-B	2	1.3	30A
Chocolate, prensado en torta	40-45	D3-25	S	2	1.5	30A
Cloruro de Amonio, cristalino	45-52	A100-45FRB	L-S	3	0.7	30A
Cloruro de Magnesio (magnesita)	33	C1/2-45	L-S	1	1	30A
Cloruro de polivinilo en polvo	20-30	A100-45KT	S	2	1	30A
Cloruro de polivinilo en polvo, pellets	20-30	E-45KPQT	S	1	0.6	30A
Cloruro de Potasio, pellets	120-130	C1/2-25TU	H	3	1.6	45
Cloruro de Sodio (ver Sal)	-	-	-	-	-	-
Cobre, Mineral de	120-150	DX-36	H	3	4	30B
Cobre, Mineral, triturado	100-150	D3-36	H	3	4	30B
Coco en trozos	20-22	E-45	S	2	1.5	30A
Coque a granel	23-35	D7-37	H	3	1.2	15
Coque de petróleo, calcinado	35-45	D7-37	H	3	1.3	15
Coque desmenuzado (Cisoc)	25-35	C1/2-37	H	3	1.2	15
Cola en perlas	40	C1/2-35U	L-S-B	1	0.5	30A
Cola molida	40	B6-45U	H	2	1.7	30A
Cola vegetal, en polvo	40	A40-45U	L-S-B	1	0.6	30A
Composta	30-50	D7-45TV	L-S	3	1	30A
Conchas de Ostión (ostra), enteras	80	D3-36TV	H	3	2.1-2.5	30B
Conchas de Ostión (ostra), molida	50-60	C1/2-36T	H	3	1.6-2.0	30B
Concreto premezclado, seco	85-120	C1/2-36U	H	3	3	30B
Copperas (ver Sulfato Ferroso)	-	-	-	-	-	-
Copra en harina	40-45	B6-35HW	H	2	0.7	30A
Copra en torta, en trozos	25-30	D3-35HW	L-S-B	2	0.8	30A
Copra en torta, molida	40-45	B6-45HW	L-S-B	1	0.7	30A
Copra en trozos	22	E-35HW	L-S-B	2	1	30A
Corcho, granulado	15	C1/2-35JY	L-S-B	1	0.5	30A
Corcho, molido fino	5-15	B6-35JNY	L-S-B	1	0.5	30A
Corteza de árbol, molida*	55	B6-45	L-S-B	1	0.7	30A
Corteza de Roble, molida*	55	B6-45	L-S-B	1	0.7	30A
Corteza, de Madera, desperdicio	10-20	E-45TVY	H	3	2	30A
Criolita (mineral de aluminio), polvo	75-90	A100-36L	H	2	2	30B
Criolita (mineral de aluminio), trozos	90-110	D16-36	H	2	2.1	30B
Cromo, mineral	125-140	D3-36	H	3	2.5	30B
Cuarzo - 1/2"	80-90	C1/2-27	H	3	2	15
Cuarzo - malla 100	70-80	A100-27	H	3	1.7	15
Decolorante/Tierra de Fuller, Kaolín, Calcarea)	-	-	-	-	-	-
Detergente (ver Jabón Detergente)	-	-	-	-	-	-
Dióxido de Manganeso*	70-85	A100-35NRT	L-S	2	1.5	30A
Dióxido de Silicio (ver Cuarzo)	-	-	-	-	-	-
Dióxido de Titanio (ver ilmenita mineral)	-	-	-	-	-	-
Disolvo de Fosfato (ver Fosfato de Sodio)	-	-	-	-	-	-
Dolomita en trozos	90-100	DX-36	H	2	2	30B
Dolomita, triturada	80-100	C1/2-36	H	2	2	30B
Ebonita, triturada	63-70	C1/2-35	L-S-B	1	0.8	30A
Escoria de alto horno, triturada	130-180	D3-37Y	H	3	2.4	15
Escoria de horno, granulada, seca	60-65	C1/2-37	H	3	2.2	15
Escoria de laminación (de acero)	120-125	E-46T	H	3	3	30B
Escoria, Cemento (ver Cemento Clinker)	-	-	-	-	-	-
Estearita, Talco fino	40-50	A200-45XY	L-S-B	1	2	30A
Feldespató, cribado	75-80	C1/2-37	H	2	2	15

H-10

Figura A-6.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 5-11.



## Tabla 1-2 Características de los Materiales

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>c</sub>	Carga de Artesa
Feldespatos, molido	65-80	A100-37	H	2	2	15
Feldespatos, polvo	100	A200-36	H	2	2	30B
Feldespatos, trozos	90-100	D7-37	H	2	2	15
Fleco, semilla	36	B6-35NY	L-S-B	1	0.6	30A
Fluoruro de Aluminato de Sodio (ver Crioilita)	-	-	-	-	-	-
Fluorurita de calcio, polvo fino	80-100	B6-36	H	2	2	30B
Fluorurita de calcio, trozos	90-110	D7-36	H	2	2	30B
Fluoruro de Calcio (ver Fluorita)	-	-	-	-	-	-
Fosfato Ácido, fertilizante	60	B6-25T	L-S	2	1.4	45
Fosfato de Calcio	40-50	A100-45	L-S-B	1	1.6	30A
Fosfato de Sodio	50-60	A-35	L-S	1	0.9	30A
Fosfato Dicalcico	40-50	A40-35	L-S-B	1	1.6	30A
Fosfato Disódico	25-31	A40-35	H	3	0.5	30A
Fosfato Monosódico	50	B6-36	H	2	0.6	30B
Fosfato Tricalcico	40-50	A40-45	L-S	1	1.6	30A
Fosfato Trisódico	60	C1/2-36	H	2	1.7	30B
Fosfato Trisódico, granulado	60	B6-36	H	2	1.7	30B
Fosfato Trisódico, pulverizado	50	A40-36	H	2	1.6	30B
Frijol blanco (habichuela) remojada	60	C1/2-25	L-S-B	1	0.8	45
Frijol blanco (judía, habichuela)	48	C1/2-15	L-S-B	1	0.5	45
Galena (ver Sulfuro de Plomo)	-	-	-	-	-	-
Gelatina granulada	32	B6-35PU	S	1	0.8	30A
Girasol, semilla	19-38	C1/2-15	L-S-B	1	0.5	45
Gluten, harina	40	B6-35P	L-S	1	0.6	30A
Grafito en escamas	40	B6-25LP	L-S-B	1	0.5	45
Grafito, mineral de	65-75	DX-35L	H	2	1	30A
Grafito, polvo	28	A100-35LMP	L-S-B	1	0.5	30A
Granito, molido fino	80-90	C1/2-27	H	3	2.5	15
Granos de cerveza macerados, mojado	55-60	C1/2-45T	L-S	2	0.8	30A
Granos de cerveza macerados, seco	14-30	C1/2-45	L-S-B	1	0.5	30A
Greda (Gis) pulverizada	67-75	A100-25MXY	H	2	1.4	45
Greda (Gis) triturada	75-95	D3-25	H	2	1.9	30A
Guano, Seco	70	C1/2-35	L-S	3	2	30A
Harina de hueso	50-60	B6-35	H	2	1.7	30A
Harina de papa (patata)	48	A200-35MNP	L-S	1	0.5	30A
Harina de pescado	35-40	C1/2-45HP	L-S-B	1	1	30A
Heno o forraje	8-12	C1/2-35JY	L-S	2	1.6	30A
Hexacloruro de Benceno	56	A100-45R	L-S-B	1	0.6	30A
Hidrato de Aluminio	13-20	C1/2-35	L-S-B	1	1.4	30A
Hidrato de Calcio (ver Cal Hidratada)	-	-	-	-	-	-
Hidrato de Sodio (ver Sosa Caústica)	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Calcio (ver Cal Hidratada)	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Sodio (ver Sosa Caústica)	-	-	-	-	-	-
Hielo, cubitos	33-35	D3-35Q	S	1	0.4	30A
Hielo, en escamas	40-45	C1/2-35Q	S	1	0.6	30A
Hielo, triturado	35-45	D3-35Q	L-S	2	0.4	30A
Hielo, trozos	33-35	D3-45Q	S	1	0.4	30A
Hierro Colado, viruta	130-200	C1/2-45	H	2	4	30A
Hierro Vitriolo (ver Sulfato Ferroso)	-	-	-	-	-	-
Hierro, mineral concentrado	120-180	A40-37	H	3	2.2	15
Hierro, óxido de (pigmento)	25	A100-36LMP	H	2	1	30B
Hierro, óxido, sobrantes de molenda	75	C1/2-36	H	2	1.6	30B
Hueso entero*	35-50	E-45V	H	2	3	30A
Hueso, molido	50	B6-35	H	2	1.7	30A
Huesos, triturados	35-50	D3-45	H	2	2	30A
Huevo en polvo	16	A40-35MPY	S	1	1	30A
Hule Recuperado, molido	23-50	C1/2-45	L-S-B	1	0.8	30A

H-11

Figura A-7.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 6-11.

**Tabla 1-2**  
**Características de los Materiales**



Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>c</sub>	Carga de Arriesa
Hule pelletizado (pellets)	50-55	D3-45	L-S-B	2	1.5	30A
Hulla (ver Carbon, Antracita)	-	-	-	-	-	-
Ilmenita, mineral	140-160	D3-37	H	3	2	15
Jabón Detergente	15-50	B6-35FQ	L-S-B	1	0.8	30A
Jabón en escamas	5-15	B6-35QXY	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, hojuelas	15-25	C1/2-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, perlas o granulado	15-35	B6-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, polvo	20-25	B6-25X	L-S-B	1	0.9	45
Kafir (Maíz)	40-45	C1/2-25	H	3	0.5	45
Kryalith (ver Criolita)	-	-	-	-	-	-
Lactato de Calcio	26-29	D3-45QTR	L-S	2	0.6	30A
Lactosa	32	A40-35PU	S	1	0.6	30A
Ladrillo, molido 1/4"	100-120	B6-37	H	3	2.2	15
Leche, en polvo	20-45	B6-25PM	S	1	0.5	45
Leche, entera, en polvo	20-36	B6-35PUX	S	1	0.5	30A
Leche, malteada	27-30	A40-45PX	S	1	0.9	30A
Leche, seca, en hojuelas	5-6	B6-35PUY	S	1	0.4	30A
Lignito (ver Lignito de Carbón)	-	-	-	-	-	-
Limanita café, mineral	120	C1/2-47	H	3	1.7	15
Linaza (ver Lino)	-	-	-	-	-	-
Lindano (Hexacloro Benceno)	-	-	-	-	-	-
Lino, semilla	43-45	B6-35X	L-S-B	1	0.4	30A
Lino, semilla, harina	25-45	B6-45W	L-S	1	0.4	30A
Lino, semilla, torta	48-50	D7-45W	L-S	2	0.7	30A
Litargirio (Óxido de Plomo)	-	-	-	-	-	-
Lithopone	45-50	A325-35MR	L-S	1	1	30A
Lodos de drenaje secos	40-50	E-47TW	H	3	0.8	15
Lodos de drenaje, secos, molidos	45-55	B-46B	H	2	0.8	30B
Lúpulo, agotado, húmedo	50-55	D3-45V	L-S	2	1.5	30A
Lúpulo, agotado, Seco	35	D3-35	L-S-B	2	1	30A
Madera, Astilla Cribada	10-30	D3-45VY	L-S	2	0.6	30A
Madera, Harina	16-36	B6-35N	L-S	1	0.4	30A
Madera, Viruta	8-16	E-45VY	L-S	2	1.5	30A
Maíz, medio molido	40-45	B6-35P	L-S-B	1	0.5	30A
Maíz, germen	21	B6-35PY	L-S-B	1	0.4	30A
Maíz, grano*	56	E-35	L-S	2		30A
Maíz, harina	32-40	B6-35P	L-S	1	0.5	30A
Maíz, mazorca, entera*	12-15	E-35	L-S	2		30A
Maíz (cote, molido)	17	C1/2-25Y	L-S-B	1	0.6	45
Maíz en semilla, quebrado	40-50	B6-25P	L-S-B	1	0.7	45
Maíz Machacado, Seco	35-50	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, aceite de, pasta	25	D7-45HW	L-S	1	0.6	30A
Maíz, azúcar de	30-35	B6-35PU	S	1	1	30A
Maíz, cáscara	45	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, semilla	45	C1/2-25PQ	L-S-B	1	0.4	45
Maíz (ver Kafir)	-	-	-	-	-	-
Maíza en harina	36-40	B6-25P	L-S-B	1	0.4	45
Maíza, retoños de	13-15	C1/2-35P	L-S-B	1	0.4	30A
Maíza, Seca, entera	20-30	C1/2-35N	L-S-B	1	0.5	30A
Maíza, Seca, molida	20-30	B6-35NP	L-S-B	1	0.5	30A
Manganeso, Mineral	125-140	DX-37	H	3	2	15
Manganeso, Óxido de	120	A100-36	H	2	2	30B
Margarina	59	E-45HKPWX	L-S	2	0.4	30A
Mármol, triturado	80-95	B6-37	H	3	2	15
Mica, en escamas	17-22	B6-16MY	H	2	1	30B
Mica, molida	13-15	B6-36	H	2	0.9	30B

H-12

Figura A-8.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 7-11.



## Tabla 1-2 Características de los Materiales

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>m</sub>	Carga de Artesa
Mica, pulverizada	13-15	A100-36M	H	2	1	30B
Migajas de Pan	20-25	B6-35PQ	L-S-B	1	0.6	30A
Mineral de Aluminio (Bauxita)	-	-	-	-	-	-
Mineral de Asbesto	81	D3-37R	H	3	1.2	15
Molibdenita, en polvo	107	B6-26	H	2	1.5	30B
Mortero, mojado*	150	E-40T	H	3	3	30B
Mostaza, semilla	45	B6-15N	L-S-B	1	0.4	45
Naftalina, hojuelas	45	B6-35	L-S-B	1	0.7	30A
Negro de Humo, peletizado	-	-	-	-	-	-
Negro de Humo, polvo*	-	-	-	-	-	-
Niacina (Ácido Nicotínico)	35	A40-35P	H	2	2.5	30A
Nitrato de Amonio	45-62	A40-35NTU	H	3	1.3	30A
Nitrato de Potasio - 1/2"	76	C1/2-16NT	H	3	1.2	30B
Nitrato de Potasio - 1/4"	80	B6-26NT	H	3	1.2	30B
Nitrato de Sodio	70-80	D3-25NS	L-S	2	1.2	30A
Nuez de Acaju	32-37	C1/2-45	H	2	0.7	30A
Óxido de Aluminio	60-120	A100-17M	H	3	1.8	15
Óxido de Arsénico (Arsenolita)	100-120	A100-35R	L-S-B	-	-	30A
Óxido de Calcio (ver Cal Viva, molida)	-	-	-	-	-	-
Óxido de Manganeso (Braunita)	120	A100-36	H	2	2	30B
Óxido de Plomo (Plomo Rojo) - malla 100	30-150	A100-35P	H	2	1.2	30A
Óxido de Plomo (Plomo Rojo) - malla 200	30-180	A200-35LP	H	2	1.2	30A
Óxido de Zinc, ligero	10-15	A100-45XY	L-S	1	1	30A
Óxido de Zinc, pesado	30-35	A100-45X	L-S	1	1	30A
Papel, pulpa (4% o menos)	62	E-45	L-S	2	1.5	30A
Papel, pulpa (6% a 15%)	60-62	E-45	L-S	2	1.5	30A
Parafina, en pasta - 1/2"	45	C1/2-45K	L-S	1	0.6	30A
Perlita - expandida	8-12	C1/2-36	H	2	0.6	30B
Pescado, pedacera y desperdicio	40-50	D7-45H	L-S-B	2	1.5	30A
Piedra Caliza, para agricultura	68	B6-35	H	2	2	30A
Piedra Caliza, polvo	55-95	A40-46MY	H	2	1.6-2.0	30B
Piedra Caliza, triturada	85-90	DX-36	H	2	2	30B
Piedra Pómez 1/2"	42-48	B6-46	H	3	1.6	30B
Pirita de Hierro (ver Sulfuro Ferroso)	-	-	-	-	-	-
Pirita, pellets	120-130	C1/2-26	H	3	2	30B
Pizarra molida 1/2"	82-85	B6-36	H	2	1.6	30B
Pizarra triturada	85-90	C1/2-36	H	2	2	30B
Pizarra triturada 1/2"	80-90	C1/2-36	H	2	2	30B
Plaster de Paris (ver Yeso)	-	-	-	-	-	-
Plombagina (ver Grafito)	-	-	-	-	-	-
Plomo Blanco, seco	75-100	A40-36MR	H	2	1	30B
Plomo, mineral 1/2"	180-230	C1/2-36	H	3	1.4	30B
Plomo, mineral 1/4"	200-270	B6-35	H	3	1.4	30A
Poliestireno en perlas	40	B6-35PQ	S	1	0.4	30A
Polietileno, resina en pellets	30-35	C1/2-45Q	L-S	1	0.4	30A
Polvo de chimenea, alto horno	110-125	A40-36	H	3	3.5	30B
Polvo de chimenea, horno de oxígeno	45-60	A40-36LM	H	3	3.5	30B
Polvo para Homeair	40-55	A100-35	S	1	0.6	30A
Potasa, de mina	75	DX-37	H	3	2.2	15
Potasa, Seca	70	B6-37	H	3	2	15
Pulpa de Manzana, (Bagazo de manzana seco)	15	C1/2-45Y	H	2	1	30A
Residuo de destilería, húmedo	40-60	C1/2-45V	L-S	3	0.8	30A
Residuo de destilería, seco	30	B6-35	H	2	0.5	30A
Resina en trozos de 1/2"	65-68	C1/2-45Q	L-S-B	1	1.5	30A
Roca fosfórica, pulverizada	60	B6-36	H	2	1.7	30B
Roca fosfórica, quebrada	75-85	DX-36	H	2	2.1	30B

H-13

Figura A-9.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 8-11.

## Tabla 1-2

### Características de los Materiales



Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Series de Componentes	Factor de Material F <sub>r</sub>	Carga de Arriesa
Sal de Amoniaco (Cloruro de Amonio)	-	-	-	-	-	-
Sal, seca fina	70-80	B6-36TU	H	3	1.7	30B
Sal, seca gruesa	45-60	C1/2-36TU	H	3	1	30B
Saltre (ver Nitrato de Potasio)	-	-	-	-	-	-
Salvado	16-20	B6-35NY	L-S-B	1	0.5	30A
Sangre, molida y seca	30	A100-35U	L-S	1	1	30A
Sangre, seca	35-45	D3-45U	H	2	2	30A
Semilla de palo	25-30	D3-15	L-S	2	0.7	30A
Semilla de palo, torta triturada	28	D3-25W	L-S	2	0.8	30A
Semilla Ricino, entera con cáscara	36	C1/2-15W	L-S-B	1	0.5	45
Semilla Ricino, harina	35-40	B6-35W	L-S-B	1	0.8	30A
Shelac, polvo o granulado	31	B6-35P	S	1	0.6	30A
Silicato de Aluminio (Andalusita)	49	C1/2-35S	L-S	3	0.8	30A
Silice, gel + 1/2" a 3"	45	D3-37HKQU	H	3	2	15
Silice, harina de	80	A40-46	H	2	1.5	30B
Sorgo, en grano	40-45	B6-15N	L-S-B	1	0.4	45
Sorgo, molido	32-36	B6-25	L-S-B	1	0.5	45
Sorgo, semilla (ver Kafir o Sorgo)	-	-	-	-	-	-
Soda Ash, ligera	20-35	A40-36Y	H	2	1.6	30B
Soda Ash, pesada	55-65	B6-36	H	2	2	30B
Sosa Caustica	88	B6-35RSU	H	3	1.8	30A
Sosa Caustica, hojuelas	47	C1/2-45RSUX	L-S	3	1.5	30A
Soya, cruda en hojuelas	18-25	C1/2-35Y	L-S-B	1	0.8	30A
Soya, harina fina	27-30	A40-35MN	L-S-B	1	0.8	30A
Soya, harina gruesa, caliente	40	B6-35T	L-S	2	0.5	30A
Soya, harina gruesa, fria	40	B6-35	L-S-B	1	0.5	30A
Soya, integral	45-50	C1/2-26NW	H	2	1	30B
Soya, quebrada	30-40	C1/2-36NW	H	2	0.5	30B
Soya, torta	40-43	D3-35W	L-S-B	2	1	30A
Sulfato Cuprico	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Aluminio	45-58	C1/2-25	L-S-B	1	1	45
Sulfato de Aluminio y Sodio*	75	A100-36	H	2	1	30B
Sulfato de Amonio	45-58	C1/2-35FOTU	L-S	1	1	30A
Sulfato de Calcio (ver Yeso)	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Cobre (Bluestone)	75-95	C1/2-35S	L-S	2	1	30A
Sulfato de Hierro (ver Sulfato Ferroso)	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnesio (Sales de Epsom)	40-50	A40-35U	L-S-B	1	0.8	30A
Sulfato de Manganeso	70	C1/2-37	H	3	2.4	15
Sulfato de Potasio	42-48	B6-46X	H	2	1	30B
Sulfato de Sodio, seca, gruesa	85	B6-36TU	H	3	2.1	30B
Sulfato de Sodio, seca, pulverizada	65-85	B6-36TU	H	3	1.7	30B
Sulfato Ferroso	50-75	C1/2-35U	H	2	1	30A
Sulfito de Sodio	96	B6-46X	H	2	1.5	30B
Sulfuro de Hierro (ver Sulfuro Ferroso)	-	-	-	-	-	-
Sulfuro de Plomo - malla 100	240-260	A100-35R	H	2	1	30A
Sulfuro Ferroso 1/2"	120-135	C1/2-26	H	2	2	30B
Sulfuro Ferroso - malla 100	105-120	A100-36	H	2	2	30B
Super Fosfato Triple	50-55	B6-36RS	H	3	2	30B
Tabaco, molido	15-25	D3-45Y	L-S	2	0.8	30A
Tabaco, particulas finas	30	B6-45MD	L-S-B	1	0.9	30A
Talco en polvo	50-60	A200-36M	H	2	0.8	30B
Talco 1/2"	80-90	C1/2-36	H	2	0.9	30B
Tierra de Fuller, greda, galactita, aceitosa	60-65	C1/2-450W	H	3	2	30A
Tierra de Fuller, greda, galactita, calcinada	40	A100-25	H	3	2	15
Tierra de Fuller, greda, galactita, seca	30-40	A40-25	H	2	2	15
Tierra Diatomácea (filtro ayuda)	11-17	A40-36Y	H	3	1.6	30B

H-14

Figura A-10.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 9-11.



## Tabla 1-2 Características de los Materiales

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F <sub>r</sub>	Carga de Artesa
Tierra para molde de fundición	76	C1/2-36	H	2	1.2	30B
Trebol en semilla	45-48	B6-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo	45-48	C1/2-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo sarraceno	37-42	B6-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo, germen	18-28	B6-25	L-S-B	1	0.4	45
Trigo, grano Quebrado	40-45	B6-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo, harina	33-40	A40-45LP	S	1	0.6	30A
Urea en grano, con recubrimiento	43-46	B6-25	L-S-B	1	1.2	45
Uva, pulpa de	15-20	D3-45U	H	2	1.4	30A
Vermiculita, expandida	16	C1/2-35Y	L-S	1	0.5	30A
Vermiculita, mineral	80	D3-36	H	2	1	30B
Vidrio a granet	80-100	C1/2-37	H	3	2.5	15
Vidrio, pedazos finos	80-120	C1/2-37	H	3	2	15
Vidrio, pedazos, desperdicio	80-120	D16-37	H	3	2.5	15
Vineta de acero, compactada	100-150	D3-46VV	H	3	3	30B
Vineta de Bronce	30-50	B6-45	H	2	2	30A
Yeso, calcinado	55-60	B6-35U	H	2	1.6	30A
Yeso, calcinado, en polvo	60-80	A100-35U	H	2	2	30A
Yeso, crudo 1"	70-80	D3-25	H	2	2	30A
Zinc, residuos Concentrados	75-80	B6-37	H	3	1	15

\* Consultar a la fabrica.

Figura A-11.: Tabla 1-2: Características de los Materiales, Part 10-11.



**Tabla 1-3**

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial $CF_1$		
Paso	Descripción	$CF_1$
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{3}{4}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $1\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

**Tabla 1-4**

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial $CF_2$			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

\*No se recomienda.  
Si no se utilizan ninguno de los tipos anteriores de helicoidal:  $CF_2 = 1.0$ .

**Tabla 1-5**

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras $CF_3$					
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor $CF_3$	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

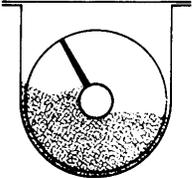
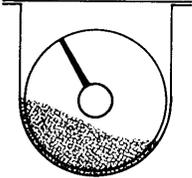
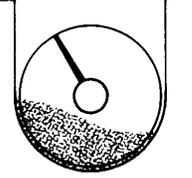
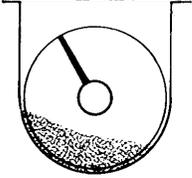
**Figura A-12.:** Tablas: 1-3, 1-4, 1-5: Factores de carga  $CF_1, CF_2, CF_3$ .

# Tabla de Capacidad para Transportadores Helicoidales Horizontales

(Consulte a *Martin* para transportadores inclinados)



Tabla 1-6

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
		A 1 RPM	A Máx. RPM	
45% 	4	0.62	114	184
	6	2.23	368	165
	9	8.20	1270	155
	10	11.40	1710	150
	12	19.40	2820	145
	14	31.20	4370	140
	16	46.70	6060	130
	18	67.60	8120	120
	20	93.70	10300	110
	24	164.00	16400	100
30% A 	4	0.41	53	130
	6	1.49	180	120
	9	5.45	545	100
	10	7.57	720	95
	12	12.90	1160	90
	14	20.80	1770	85
	16	31.20	2500	80
	18	45.00	3380	75
	20	62.80	4370	70
	24	109.00	7100	65
30% B 	4	0.41	29	72
	6	1.49	90	60
	9	5.45	300	55
	10	7.60	418	55
	12	12.90	645	50
	14	20.80	1040	50
	16	31.20	1400	45
	18	45.00	2025	45
	20	62.80	2500	40
	24	109.00	4360	40
15% 	4	0.21	15	72
	6	0.75	45	60
	9	2.72	150	55
	10	3.80	210	55
	12	6.40	325	50
	14	10.40	520	50
	16	15.60	700	45
	18	22.50	1010	45
	20	31.20	1250	40
	24	54.60	2180	40
30	108.00	3780	35	

H-18

Figura A-13.: Tabla 1-6: Tabla de capacidad de Transportadores Helicoidales.



## Requerimientos para el Cálculo de Potencia HP

### Transportadores Helicoidales Horizontales

(Para Transportadores Helicoidales Inclinados o para Alimentadores Helicoidales consulte a *Martín*)

La potencia requerida para operar un transportador helicoidal se basa en una instalación adecuada, en una alimentación regular y uniforme del material al transportador y en otros criterios de diseño indicados en este manual.

La potencia requerida es la suma de la potencia necesaria para vencer la fricción (HP<sub>f</sub>) y la potencia necesaria para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada (HP<sub>m</sub>) multiplicada por el factor de sobrecarga F<sub>o</sub> y dividido entre la eficiencia total de la transmisión (e), o:

$$HP_f = \frac{LN F_d f_b}{1,000,000} = \text{(Potencia para mover el transportador vacío)}$$

$$HP_m = \frac{CLW F_f F_m F_p}{1,000,000} = \text{(Potencia para mover el material)}$$

$$HP \text{ Total} = \frac{(HP_f + HP_m) F_o}{e}$$

Los siguientes factores determinan la potencia requerida de un transportador helicoidal:

- L = Longitud total del transportador, en pies.
- N = Velocidad de Operación, RPM (revoluciones por minuto).
- F<sub>d</sub> = Factor del diámetro del transportador (Tabla 1-12).
- F<sub>b</sub> = Factor del buje para colgante (Tabla 1-13).
- C = Capacidad en pies cúbico por hora.
- W = Densidad del material en libras por pie cúbico.
- F<sub>f</sub> = Factor de helicoidal (Tabla 1-14).
- F<sub>m</sub> = Factor de material (Tabla 1-2).
- F<sub>p</sub> = Factor de las paletas (cuando se requieran) (Tabla 1-15).
- F<sub>o</sub> = Factor de sobrecarga (Tabla 1-16).
- e = Eficiencia de la transmisión (Tabla 1-17).

**Tabla 1-12**

Factor del Diámetro del Transportador, F <sub>d</sub>			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F <sub>d</sub>	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F <sub>d</sub>
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

**Tabla 1-13**

Factor del Bujes para Colgante		
Tipo de Bujes		Factor del Bujes para Colgante F <sub>b</sub>
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martín</i>	2.0
S	* Bronce Grafitado	2.0
	* Bronce, Impregnado en Aceite	
	* Madera, Impregnado en Aceite	
	* Nylatron *	
	* Nylon	
	* Teflón	
	* UHMH	
	* Uretano	
	* Hierro Endurecido <i>Martín</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida	4.4
	* Stellite	
	* Cerámica	

\* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

**Figura A-14.:** Requerimientos de Cálculo de Potencia.



## Requerimientos para el Cálculo de Potencia HP

### Transportadores Helicoidales Horizontales

(Para Transportadores Helicoidales Inclinados o para Alimentadores Helicoidales consulte a *Martin*)

La potencia requerida para operar un transportador helicoidal se basa en una instalación adecuada, en una alimentación regular y uniforme del material al transportador y en otros criterios de diseño indicados en este manual.

La potencia requerida es la suma de la potencia necesaria para vencer la fricción ( $HP_f$ ) y la potencia necesaria para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada ( $HP_m$ ) multiplicada por el factor de sobrecarga  $F_o$  y dividido entre la eficiencia total de la transmisión ( $e$ ), o:

$$HP_f = \frac{LN F_d f_b}{1,000,000} = \text{(Potencia para mover el transportador vacío)}$$

$$HP_m = \frac{CLW F_f F_m F_p}{1,000,000} = \text{(Potencia para mover el material)}$$

$$HP \text{ Total} = \frac{(HP_f + HP_m) F_o}{e}$$

Los siguientes factores determinan la potencia requerida de un transportador helicoidal:

L = Longitud total del transportador, en pies.

N = Velocidad de Operación, RPM (revoluciones por minuto).

$F_d$  = Factor del diámetro del transportador (Tabla 1-12).

$F_b$  = Factor del buje para colgante (Tabla 1-13).

C = Capacidad en pies cúbico por hora.

W = Densidad del material en libras por pie cúbico.

$F_f$  = Factor de helicoidal (Tabla 1-14).

$F_m$  = Factor de material (Tabla 1-2).

$F_p$  = Factor de las paletas (cuando se requieran) (Tabla 1-15).

$F_o$  = Factor de sobrecarga (Tabla 1-16).

$e$  = Eficiencia de la transmisión (Tabla 1-17).

**Tabla 1-12**

Factor del Diámetro del Transportador, $F_d$			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor $F_d$	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor $F_d$
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

**Tabla 1-13**

Factor del Bujes para Colgante		
Tipo de Bujes		Factor del Bujes para Colgante $F_b$
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martin</i>	2.0
S	* Bronce Grafilado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMH * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido <i>Martin</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

\* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

## Tablas de Factor de Potencia



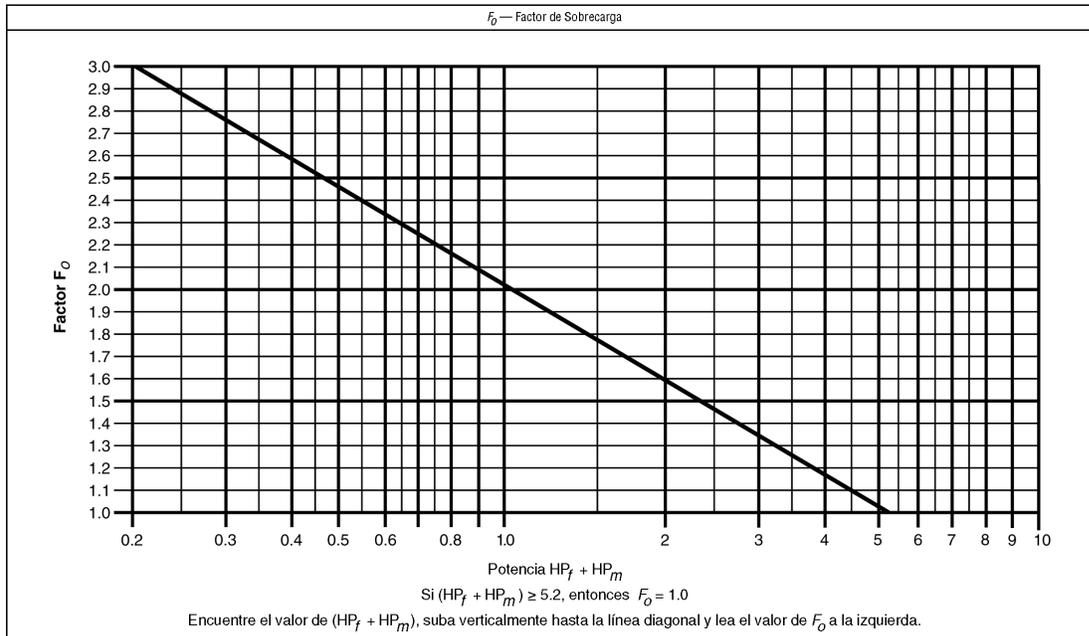
**Tabla 1-14**  
Factor,  $F_f$

Tipo de Helicoidal	$F_f$ Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

**Tabla 1-15**

Factor de Paleta, $F_p$					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

**Tabla 1-16**



**Tabla 1-17**

Factor de Eficiencia ( $\epsilon$ ) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfin
.88	.87	.95	.87	Consulte a <i>Martín</i>



# B. Anexo B: Check liste de mantenimiento del área de centrifugación.

 Industrial Azucarera Atencingo S. A. de C. V.		Industrial Azucarera Atencingo S. A. de C. V.														Industrial Azucarera Atencingo S. A. de C. V.																																																																																																													
		Mantenimiento Programado (P)							Realizado (R)							Fallar Dato (F)							No Realizado (N)																																																																																																						
Nombre de semana Número de días de zafra Día de la semana Fecha por semana		Noviembre 2020							Diciembre 2020							Enero 2021																																																																																																													
		Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5							Semana 6							Semana 7							Semana 8							Semana 9							Semana 10							Semana 11																																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Centrifuga 1A	Centrifuga 2A	Centrifuga 3A	Centrifuga 4A	Centrifuga 5A	Centrifuga 6A	Centrifuga 7A	Centrifuga 8A	Centrifuga 9A	Centrifuga 10A	Centrifuga 11A	Transportador Helicoidal 1A	Transportador Helicoidal 2A	Centrifuga 12A	Centrifuga 13A	Centrifuga 14A	Centrifuga 15A	Centrifuga 16A	Centrifuga 17A	Centrifuga 18A	Centrifuga 19A	Centrifuga 20A	Centrifuga 21A	Centrifuga 22A	Centrifuga 23A	Centrifuga 24A	Centrifuga 25A	Centrifuga 26A	Centrifuga 27A	Centrifuga 28A	Centrifuga 29A	Centrifuga 30A	Centrifuga 31A	Centrifuga 32A	Centrifuga 33A	Centrifuga 34A	Centrifuga 35A	Centrifuga 36A	Centrifuga 37A	Centrifuga 38A	Centrifuga 39A	Centrifuga 40A	Centrifuga 41A	Centrifuga 42A	Centrifuga 43A	Centrifuga 44A	Centrifuga 45A	Centrifuga 46A	Centrifuga 47A	Centrifuga 48A	Centrifuga 49A	Centrifuga 50A	Centrifuga 51A	Centrifuga 52A	Centrifuga 53A	Centrifuga 54A	Centrifuga 55A	Centrifuga 56A	Centrifuga 57A	Centrifuga 58A	Centrifuga 59A	Centrifuga 60A	Centrifuga 61A	Centrifuga 62A	Centrifuga 63A	Centrifuga 64A	Centrifuga 65A	Centrifuga 66A	Centrifuga 67A	Centrifuga 68A	Centrifuga 69A	Centrifuga 70A	Centrifuga 71A	Centrifuga 72A	Centrifuga 73A	Centrifuga 74A	Centrifuga 75A	Centrifuga 76A	Centrifuga 77A	Centrifuga 78A	Centrifuga 79A	Centrifuga 80A	Centrifuga 81A	Centrifuga 82A	Centrifuga 83A	Centrifuga 84A	Centrifuga 85A	Centrifuga 86A	Centrifuga 87A	Centrifuga 88A	Centrifuga 89A	Centrifuga 90A	Centrifuga 91A	Centrifuga 92A	Centrifuga 93A	Centrifuga 94A	Centrifuga 95A	Centrifuga 96A	Centrifuga 97A	Centrifuga 98A	Centrifuga 99A	Centrifuga 100A																								

Figura B-1.: Checklist de mantenimiento y eventualidades durante la Zafra 20-21



# C. Anexo C: Presupuestos por transportador de azúcar y elevador de azúcar

Materiales		Centrifugación		Transportador de azúcar húmeda 1 y 2 A.	
Departamento:					
Uso del material:					
Peza:	Código ZUCARITEZ	Cantidad	Unidad de medida	Descripción del material y/o servicio:	Costo A con IVA
1		36.00	Piezas	Tornillo acero inoxidable AISI 304 cabeza hexagonal de 1-1/8 x 6-1/2 pulg. 7 hpp. con tuerca de seguridad inoxidable con las siguientes especificaciones: norma mecánica ASTM F593, norma dimensional ASTM F593, marcado F593D, dureza B80 a C32, condición CW2 (trabajo en frío), resistencia a tensión 45,000 psi.	9,396.00
2	45254165	8	Piezas	Flecha para acoplamiento en material de acero inoxidable calidad AISI-304 con diámetro de 3-15/16" y 19" de longitud, con dos barrenos por lado para sujeción, para transportador helicoidal marca screw conveyor de Mexico.	64,969.28
3	7330142	1	Pieza	Polea para banda de alta potencia de transmisión marca martin de 5 ranuras para banda 5VX con diámetro ext. de 8" con buje OD, designación 5-VX-800-E. (Barreno piloto de 1.5" de diámetro)	5,568.00
4	7330223	1	Pieza	Polea de alta capacidad para transmisión por banda 5VX, 5 ranuras con diámetro Ext. de la polea de 11.80" con designación 5-VX1180-E con buje OD y barreno 2.3/16" y cuerno estándar, marca Martin	6,090.00
5	7050298	5	Pieza	Banda igualada de alta potencia marca Gates, designación 5VX-1400	4,250.00
6	7330410	1	Pieza	Polea para banda de alta potencia de transmisión marca Martin de 5 ranuras para banda 5VX con diámetro ext. de 7.5" con buje OD de alta capacidad "Hi Cap", designación 5-VX-750-SF, barreno de 2.3/8", y cuerno estándar.	5,568.00
7	7330411	1	Pieza	Polea para banda de alta potencia de transmisión marca Martin de 5 ranuras para banda 5VX con diámetro ext. de 10.90" con buje OD de alta capacidad "Hi Cap", designación 5-VX-1090-E, barreno de 2.3/16" y cuerno estándar.	6,090.00
8	7120020	5	Pieza	Banda Super HC igualada de alta potencia marca Gates, designación 5VX-1000	4,250.00
9	0	1	Pieza	Tapa frontal estilo Flared para transportador de azúcar húmeda de paso 24 pulg estándar tipo listón, en material de acero inoxidable calidad AISI-304 de 1/2 pulg espesor, de acuerdo a dibujo No. CAD-JAT-H-20-06.	75,680.00
10	0	1	Pieza	Soporte de tapa frontal estilo Flared para transportador de azúcar húmeda de paso 24 pulg estándar tipo listón, en material de acero inoxidable calidad AISI-304 de 1/4 pulg espesor, de acuerdo a dibujo No. CAD-JAT-H-20-06	28,744.80
11	0	1	Pieza	Buje tipo TB (Taper Bushed) "cónico", marca Martin, Sprocket modelo 4535 con barreno 3-7/16 pulg y cuerno estándar, para polea con número de parte 14MX60S125-4535.	3,248.00
12	0	300	Kilogramos	Acero al carbón barra hueca AISI 1018 de 5.625 Ø ext. x 3.750 Ø int. x 20 ft (142 mm Ø ext. x 95 Ø int. x 6.1 ms) 48.55 kg/m aprox.	11,508.36
13	14020118	20	Kilogramos.	Electrodo eutectic de acero inoxidable CP-54 MAX de 1/8 in Ø. (3.20)	5,544.80
14	0	1	Servicio	Servicio de fabricación de chita helicoidal tipo listón en material acero inoxidable clase AISI 304, en diámetro de 24 pulgadas, paso estándar de 24 pulgadas, ancho de listón de 3 pulgadas con espesor de listón 3/8", con una longitud de 116 pulgadas, para tubo de 5 pulgadas de diámetro exterior, para un sentido de giro derecho.	29,000.00
15	0	1	Juego	Juego de rodamientos (consta de cono / copa de rodamiento de salida izquierdo y derecho, cono / copa de rodamiento de contraje izquierdo y derecho (sobre reducción doble) y cono / copa de rodamiento de entrada izquierdo y derecho) No. de parte 906129 para reductor de velocidad marca Dodge modelo T46307H15, con relación de velocidad 15:451	11,090.21
16	0	1	Juego	Kit de curfias No. de parte 906180 para reductor de velocidad marca Dodge modelo T46307H15, con relación de velocidad 15:451	1,454.45
17	0	1	Juego	Juego de sellos No. de parte 906126 para reductor de velocidad marca Dodge modelo T46307H15, con relación de velocidad 15:451	6,746.85
18	0	1	Pieza	Flecha piñón Alta Velocidad referencia No. 29 relación de velocidad 15:1, No. de parte 906220, para reductor de velocidad marca Dodge modelo T46307H15, con relación de velocidad 15:451	32,673.28
19	49060147	84	Piezas	Tornillo acero inoxidable cabeza allen rosca corrida de 16 x 30 mm, paso 2.00	59,464.00
20	49060148	168	Piezas	Tornillo acero inoxidable cabeza allen rosca corrida de 16 x 40 mm, paso 2.00	175,392.00
21	45042248	25	Piezas	Tornillo acero inoxidable AISI 304 cabeza hexagonal de 1-1/8 x 6-1/2 pulg 7 hpp. con tuerca de seguridad inoxidable con las siguientes especificaciones: norma mecánica ASTM F593, norma dimensional 593, marcado F593D, dureza B80 a C32, condición CW2 (trabajo en frío), resistencia a tensión 45,000 psi.	17,400.00
22	49020178	30	Piezas	Tornillo acero inoxidable 304 cabeza hexagonal rosca estándar de 1.18" x .6" se requiere que la rosca tenga una longitud de 4.127" con tuerca de seguridad.	31,320.00
<b>Total</b>					<b>594,458.04</b>

Figura C-1.: Presupuesto transportador de azúcar.

Materiales		Centrifugación			
Departamento:		Elevador de Azúcar Húmeda			
Uso del material:					
Partida:	Código	Cantidad	Unidad de medida	Descripción del material y/o servicio:	Costo A con IVA
1	50030040	24.4	mt	Tubo de acero inoxidable AISI 304 célula 10 de 16 in con costura (48,379 Kg/mt de 6.1 mt)	\$ 325,496.00
2	50160210	8	Pza	Brida de acero inoxidable AISI-304 desizable (SLIP ON) para 150 lbs de 16 in	\$ 88,160.00
3	1090967	293	Kg.	Placa de acero inoxidable AISI 304 de 3/16 in. x 4 ft x 10 ft. (1,220 m x 3.050 m). 39.300 kg / m <sup>2</sup> aprox.	\$ 20,392.80
4	sin clave	1	Pza	Codo de radio largo en acero inoxidable AISI 304 célula 10 de 16 plg de diámetro a 90°.	\$ 21,460.00
5	1180066	195	Kg.	Placa de acero antiderrapante de 1/4 in 4 ft x 10 ft. (1,220 m x 3.050 m). 52.330 kg / m <sup>2</sup> aprox. (12 pzas)	\$ 4,116.84
6	1200002	295	Kg.	Canal de acero a-36 "L" CPS de 4 in altura o peralte, 1,580 in ancho de patín, 0,180 in alma, (101.60 mm x 40.20 mm x 4.60 mm). 8.04 kg / m aprox. (6 pzas)	\$ 5,988.50
7	0	1	Pieza	Válvula diversora a prueba de fuga de polvo tipo "Y" con 1 entrada de 32 1/2" x 16" y 2 salidas colocadas una a 26° y otra a 37°, de 16" diámetro. Fabricada en placa de acero inoxidable 304 de	\$ 68,648.80
				TOTAL	\$ 534,262.94

Figura C-2.: Presupuesto elevador de azúcar.

# Bibliografía

- [Aguilar Rivera et al., 2010] Aguilar Rivera, N., Lagunes, R., and Castillo Morán, A. (2010). Azúcar, coproductos y subproductos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. *Procesos Virtuales*, 106(11).
- [Cedillo, 2001] Cedillo, M. X. G. (2001). La descentralización como factor.
- [CONADESUCA, 2015] CONADESUCA (2015). Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar *saccharum officinarum* l, comité nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar.
- [CONADESUCA, 2017] CONADESUCA (2017). Directorio de ingenios azucareros. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.
- [Crespo, 1990] Crespo, H. (1990). La hacienda azucarera en la época colonial.
- [Doria and Haustein, 2019] Doria, M. V. and Haustein, M. C. (2019). Calidad de software-herramientas de calidad-material didáctico.
- [Ecured, 2019] Ecured (2019). Centrifuga. [En línea; consultado el 26-mayo-2022].
- [FIRA, 2010] FIRA (2010). Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura. producción sostenible de caña de azúcar en México en boletín informativo. 11.
- [Flores et al., 2008] Flores, F. O., Galicia, L. G. T., Lassmann, A. M. A., Osorio, R. T., and Senties, O. B. (2008). Disminución de pérdidas de sacarosa en la elaboración de meladura en un ingenio azucarero. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 2(1).
- [Galbarro, 2020] Galbarro, H. R. (2020). Resistencia mecánica a fatiga.
- [Helix, 2021] Helix, B. (2021). Qué es un transportador helicoidal.
- [Lemus Ramírez, 2012] Lemus Ramírez, C. R. (2012). *Experiencias en la optimización de la cosecha mecanizada de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en el Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, Centroamérica*. PhD thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [López, 2019] López, B. S. (2019). Mapa de flujo de valor (vsm).

- [MTECH, 2019] MTECH (2019). Las centrifugas: Entre la ciencia y la industria.
- [Muñoz et al., ] Muñoz, F. J. T., Moreno, N. M., and Gómez, J. F. R. Proceso de obtención del azúcar.
- [Norton, 2011] Norton, R. (2011). Diseño de maquinas: Un enfoque integrado, cuarta edición. Technical report, Pearson Educación.
- [Ramírez Juárez, 2017] Ramírez Juárez, J. (2017). La reproducción social de los campesinos cañeros en el valle de izúcar, puebla, méxico. *Caravelle. Cahiers du monde hispanique et luso-brésilien*, (109):77–89.
- [Ramos and Ramos, 2020] Ramos, G. and Ramos, V. (2020). *DISEÑO DE UN TRANSPORTADOR HELICOIDAL PARA LA EXTRACCIÓN DE CENIZA DE LA CALDERA ACUOTUBULAR DE 120 T/HR DE VAPOR DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL LAREDO S.A.A.* PhD thesis, UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, TRUJILLO – PERÚ.
- [Sandoval, 1951] Sandoval, F. B. (1951). La industria del azúcar en nueva españa. Technical report.
- [Saquimux, 2004] Saquimux, L. L. C. (2004). Determinación de la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrífuga semiautomática 1.22 mx 0.78 m ingenio trinidad, escuintla, guatemala.
- [Sprocket, 2013] Sprocket, M. (2013). *Catalogo General de Productos*. PhD thesis.
- [Tejada, 2018] Tejada, J. (2018). Diagrama de ishikawa.
- [Telléz García et al., 2018] Telléz García, B., Ilizaliturri Hernández, C., and Cruz Santiago, O. (2018). *Monitoreo de metalotioneínas en tejido de caracol de agua dulce (Pachychilus sp.) de la Ciénega de Cabezas, San Luis Potosí*. PhD thesis.
- [Thiébaud, 2016] Thiébaud, V. (2016). Paisajes cañeros de veracruz en las décadas de 1930 y 1940. el desmantelamiento del complejo agroindustrial azucarero san francisco, lerdo de tejada. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 37(148BIS):169–203.
- [uruguayo de Normas Técnicas, 2009] uruguayo de Normas Técnicas, I. (2009). Herramientas para la mejora de la calidad.
- [Wikipedia, 2022a] Wikipedia (2022a). Sacarosa. 2022.
- [Wikipedia, 2022b] Wikipedia (2022b). Saccharum officinarum — wikipedia, la enciclopedia libre. [Internet; descargado 25-mayo-2022].
- [Zapata et al., 2006] Zapata, C. M., Villegas, S. M., and Arango, F. (2006). Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un-metodo. *Revista Universidad Eafit*, 42(141):40–59.

[ZUCARMEX, 2020] ZUCARMEX (2020). Ingenios y refinerías. ZUCARMEX.