



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE
SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA
AVÍCOLA VILLALOBOS**

Pablo César Navarro Velásquez

Asesorado por el Ingeniero Edgar Teófilo Vásquez Cobón

Guatemala, enero de 2009



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE
SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA
AVÍCOLA VILLALOBOS**

Pablo César Navarro Velásquez

Asesorado por el Ingeniero Edgar Teófilo Vásquez Cobón

Guatemala, enero de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE
SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE
RENDIMIENTO PARA AVÍCOLA VILLALOBOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

PABLO CÉSAR NAVARRO VELÁSQUEZ

ASESORADO POR EL INGENIERO EDGAR TEÓFILO VASQUEZ COBÓN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE
SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA
AVÍCOLA VILLALOBOS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 17 de marzo 2007.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pablo César Navarro Velásquez', with a horizontal line underneath.

Pablo César Navarro Velásquez

Guatemala, 17 de Septiembre de 2008.

Ingeniero
Julio Campos Paiz
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Campos:

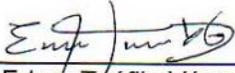
Por medio de la presente le informo que he revisado el informe final de EPS del estudiante Pablo César Navarro Velásquez, quien se identifica con carné No. 2000-10747 titulado:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA AVÍCOLA VILLALOBOS"

El mismo presenta propuestas aceptables, por lo que me es grato informarle que estoy en la plena disposición de aprobar como asesor el referido informe.

Sin otro particular, quedo a su entera disposición.

Atentamente,

F. 
Edgar Teófilo Vásquez Cobón
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Asesor Colegiado No. 5466

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de noviembre de 2008
REF.EPS. D.1048.11.08.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **PABLO CÉSAR NAVARRO VELÁSQUEZ** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200010747, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA AVÍCOLA VILLALOBOS"**.

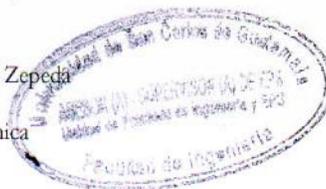
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
EESZ/ra



Guatemala, 24 de noviembre de 2008
REF.EPS. D.1048.11.08

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

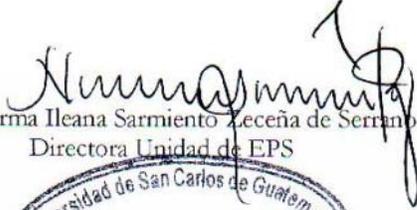
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA AVÍCOLA VILLALOBOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **PABLO CÉSAR NAVARRO VELÁSQUEZ** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Edgar Teofilo Vásquez y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA AVÍCOLA VILLALOBOS, del estudiante Pablo César Navarro Velásquez, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, enero de 2009

/behdei

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 016.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SEPARADOR DE SÓLIDOS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS EN UNA PLANTA DE RENDIMIENTO PARA AVÍCOLA VILLALOBOS**, presentado por el estudiante universitario **Pablo César Navarro Velásquez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, enero de 2009

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por regalarme la vida y brindarme el don de sabiduría, discernimiento y entendimiento para poder cumplir con este sueño y objetivos alcanzados en todo momento.

MIS PADRES

Héctor Romero Navarro Bautista y Edelvina Martha Velásquez de Navarro, por su amor, comprensión, apoyo, enseñanzas, esfuerzos y confianza que me brindaron durante toda mi vida, y especialmente por alcanzar este triunfo.

MI ESPOSA

Bradeni Ofaned Sulabeth Miranda Bartolón, por su amor, apoyo, comprensión, confianza y paciencia que me ha brindado durante todo este tiempo y especialmente por ser la mujer de mi vida.

MI HIJO

Pablo Jesús Navarro Miranda, por ser el regalo más bello que me ha dado Dios, mi mayor fuente de inspiración y fuerza para alcanzar este triunfo y que sea un ejemplo para que pueda lograr sus metas.

MIS HERMANAS

Sherly Maritza y Rosalba Edelvina, por su amor, confianza, apoyo y comprensión brindado durante toda mi vida y especialmente en alcanzar este triunfo.

MIS ABUELOS

Rodrigo Navarro y Juana de Navarro (D.E.P), Rafael Velásquez (D.E.P) y Bartola de Velásquez, por su apoyo y amor. Gracitudo y afecto.

MIS CUÑADOS

Bohanerges Fuentes y Aramis Fuentes, por su apoyo incondicional y afecto que me han brindado durante mi vida.

MIS SOBRINOS

Gabriela, Héctor, Gerardo, Katherine, Aramis, Diego, por su amor y momentos felices que me han regalado en todo momento, que este triunfo sea un ejemplo para ellos.

MI FAMILIA

Por todos los momentos que hemos compartido juntos y el afecto que me han brindado.

SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

Valle de la Esmeralda, tierra que me vio nacer y me brindó los momentos más felices de mi vida.

MIS AMIGOS

Por su cariño, apoyo y afecto que me han brindado durante mi vida, especialmente a Eduardo Fuentes, Selvin Velásquez, Rodrigo Navarro, Pablo Orozco.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente y obtener los conocimientos para aplicarlos en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

La Facultad de Ingeniería, que me brindó los conocimientos para mi vida profesional.

Fábrica de Harinas de Avícola Villalobos, al ingeniero David Aldana y al ingeniero Edgar Vásquez, por brindarme su apoyo y conocimientos durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

Licda. Alba Lili Gil de Figueroa, por su enseñanza, apoyo y motivación brindada durante mi carrera estudiantil.

Mis compañeros y amigos, por su solidaridad en las aulas y con la consigna de superarnos día a día, especialmente Pablo, Juan Carlos, Jerónimo, Ángel, Nahum, Cristian, Henry, Jorge, René Sáenz, Jorge Cojulún.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE ABREVIATURAS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Historia y antecedentes de la empresa	1
1.2 Ubicación	2
1.3 Actividad a la que se dedica	4
1.4 Estructura organizacional	4
1.5 Visión y misión	6
1.6 Tipos de sólidos en proceso	6
1.7 Sólidos para reprocesar en harina	7
1.8 Sólidos para reprocesar en abono	8
1.9 Separadores de sólidos	10
1.9.1 Definición	10
1.9.2 Tipos	10
1.9.3 Aplicaciones	15

2	DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA (Fase de Investigación)	17
2.1	Origen de los sólidos	17
2.2	Volumen de sólidos	18
2.3	Manejo y tratamiento actual	19
2.3	Equipo que se utiliza	19
2.4	Tratamiento de sólidos	20
2.5	Producción	24
2.6	Aporte de la empresa al medio ambiente	28
2.7	Diagnóstico situacional	29
3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN DE SÓLIDOS (Fase Técnico Profesional)	31
3.1	Descripción de implementación del equipo	31
3.1.1	Descripción de componentes	31
3.1.2	Enumeración de materiales y equipo necesario para la realización	41
3.2	Incorporación de separación de sólidos al proceso	42
3.2.1	Capacidad de Separación de sólidos	43
3.2.2	Definición de la cantidad de operadores	45
3.3	Montaje e instalación	46
3.3.1	Determinación adecuada de instalación	46
3.3.2	Sistema de tuberías	48
3.3.3	Bomba	50
3.3.4	Transmisión de potencia	51
3.3.5	Agitación	53
3.3.6	El Tablero Eléctrico	54

3.4	Manual de operación	55
3.5	Manual de mantenimiento	60
3.6	Análisis de rendimiento	65
CONCLUSIONES		69
RECOMENDACIONES		71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		73
APÉNDICE		75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa de ubicación de Fábrica de Harinas	3
2	Estructura organizacional	5
3	Abono	9
4	Plano de construcción de composteras	9
5	Pantalla estacionaria o criba	11
6	Separadores de hidrocarburos	12
7	Separadores de tornillo de prensa	12
8	Separador de sólidos por filtración-compresión	15
9	Fosa receptora de sólidos	19
10	Equipo de bombeo de sólidos	20
11	Sistema de rejas para captación de residuos	21
12	Sistema de rejas para captación de sólidos	22
13	Trampa de sólidos	22
14	Pileta secundaria	23
15	Sistema de lagunaje	23
16	Salida de agua de Michatoya	24
17	Cocinadores	27
18	Bomba sumergible	32
19	Gráfica de bomba sumergible	32
20	Motor eléctrico de separador de sólidos	33
21	Caja reductora	35
22	Chumaceras instaladas en el separador de sólidos	36

23	Esquema básico de una transmisión por cadena	36
24	Cadena de transmisión de potencia en separador de sólidos	37
25	Gráfica de sprocket de separador de sólidos	38
26	Rodillo de caucho de separador de sólidos	39
27	Rodillo de lámina perforada de separador de sólidos	40
28	Canal (criba de filtración) de separador de sólidos	41
29	Plano de ubicación de cisterna para la instalación de separador de sólidos	47
30	Ubicación de montaje de separador de sólidos	48
31	Diagrama de tubería de separador de sólidos	49
32	Mecanismo de transmisión de potencia	52
33	Tubería de agitación	54
34	Tablero eléctrico	55

TABLAS

I	Composición porcentual de subproductos avícolas	25
II	Ficha de inspección diaria de separador de sólidos	61
III	Plan semanal	61
IV	Plan mensual	62
V	Plan semestral	62
VI	Plan anual	62
VII	Plan cada tres años	63
VIII	Lubricación recomendada para separador de sólidos	63
IX	Problemas comunes en el equipo	64
X	Stock de repuestos	65
XI	Resistencia en válvulas y juntas expresadas como longitud equivalente en diámetros de conducto, L_e/D	78
XII	Constante de proyecto para correas trapezoidales K_b y K_c	81
XIII	Constante de proyecto para correas trapezoidales Q y x	81
XIV	Razón T_1/T_2 para correas trapezoidales para diversos valores de ángulo de contacto	82
XV	Dimensiones de la cadena de rodillos de transmisión normalizada	85
XVI	Velocidad permisible de la cadena en m/s, para diferentes tipos de lubricación	86
XVII	Ficha técnica de inventario de bomba sumergible	87
XVIII	Ficha técnica de inventario de motor eléctrico	88
XIX	Ficha técnica de caja reductora	88
XX	Ficha técnica de inventario de cilindro de caucho	88
XXI	Ficha técnica de cilindro rolado de lámina	89
XXII	Ficha de historial de fallas	89

LISTA DE ABREVIATURAS

Lb/h	Libras por hora
MP	Materia prima
pH	Partículas de hidrogeno
m/s	Metros por segundo
Plg	Pulgada
GPM	Galones por minuto
RPM	Revoluciones por minuto
m³/s	Metro cúbico por segundo
HP	Caballos de fuerza
Lb/min	Libra por minuto
mm	Milímetro
qq	Quintales
Lbs	Libras
m.	Metros
m³	Metros cúbicos
%	Porcentaje
Kg	Kilogramos
D	Diámetro
Hz	Hertz.
V	Voltios.

GLOSARIO

Subproducto	Es un producto secundario obtenido durante la producción de alimentos de consumo humano.
Producto perecedero	Son aquellos que pueden sufrir ciertas alteraciones a no conservar la temperatura idónea, pueden llegar en malas condiciones, cambiando tanto su estructura física como su estructura orgánica.
Separador de sólidos	Es un equipo mediante el cual los residuos son separados de líquidos-sólidos a líquidos y sólidos
Filtración	Es la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio filtrante.
Prensado	El prensado tiene la misma finalidad que la filtración y se distingue de la filtración en que la presión se aplica mediante el movimiento de las paredes de retención en lugar de usar bombeo del material a un espacio fijo.
Humedad	Cualidad de húmedo. Agua que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.
pH	El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno presentes en determinada sustancia.

Tolva	Depósito en forma de cono invertido abierto por debajo, en cuyo interior se vierten harinas, granos u otros cuerpos que caen poco a poco entre las piezas del mecanismo destinado a triturarlos, mezclarlos, limpiarlos, clasificarlos, etc.
Equipo	Es el elemento que constituye el todo o parte de una máquina o instalación que, por sus características, tiene datos, historial y programas de reparación propios.
Motor eléctrico	Es una máquina eléctrica con partes móviles, cuya función es transformar energía eléctrica de la red en energía mecánica para el accionamiento de distintos elementos.
Reductor de velocidad	Sirve para accionar toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.
Ratio	Índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y de salida en un reductor.
Bomba	Un equipo de bombeo es un transformador de energía, mecánica que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía, que un fluido adquiere en forma de presión, de posición y de velocidad.
Reciclaje	Es la acción de introducir en el ciclo de producción de los productos junto a otros materiales obtenidos de residuos sólidos.

Número de reynolds	El número de Reynolds es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, hidráulica y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido.
Viscosidad	Esta ligada a la resistencia que opone un fluido a deformarse continuamente cuando se le somete a un esfuerzo de corte.
Pérdidas por fricción	Es la pérdida de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería.
Eficiencia mecánica	Es la relación entre la potencia obtenida y la potencia teórica.
Mantenimiento	Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permiten alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos y máquinas.
Mantenimiento preventivo	Es un conjunto de actividades que se llevan a cabo en forma planificada y programada, con el fin de reducir al mínimo la ocurrencia de fallas en edificios, equipos, sistemas, aparatos y accesorios.
Mantenimiento correctivo	Comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo sin haberse planificado.

- Inspección** La inspección constituye la base para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria y equipo. Suministra la información necesaria para llevar a cabo el mantenimiento adecuado y oportuno.
- Lubricación** Esta operación es normalmente realizada de acuerdo con las especificaciones del fabricante y la experiencia obtenida a través del tiempo. Reduce el frotamiento, calentamiento y desgaste de las partes móviles del equipo.

RESUMEN

Las plantas de rendimiento aparte de tener la característica del aprovechamiento de subproductos generados por plantas de beneficio, estas a su vez, generan aguas residuales las cuales contienen sólidos, así mismo es necesario tratarlos y así convertirlos en un valor agregado para el rendimiento productivo.

Una parte importante de los residuos que se generan en la industria avícola, pero especialmente, en la empresa analizada está constituida por la fracción orgánica sólida generada del proceso de descarga de materia prima y derrames en el proceso de cocimiento del producto. En la actualidad se han comenzado a hacer estudios y análisis para ver de qué forma se mejora el rescate de sólidos frescos, que es producto del proceso. El envío de esta materia orgánica a vertedero (drenaje) supone una pérdida de recursos puesto que puede ser un subproducto aprovechable en otros procesos como son: reproceso en harina y/o compostaje (abonos orgánicos).

La definición de separación de sólidos será el proceso mediante el cual los residuos son separados de líquidos-sólidos a líquidos y sólidos, en este proceso se reduce gran parte del exceso de agua a los sólidos. Existen diferentes equipos para realizar la separación de sólidos como lo son: pantallas estacionarias o cribas, Separador de grasa, separadores de hidrocarburos, Separadores de tornillo de prensa, Separador de sólidos por filtración-compresión, etc. para las diferentes aplicaciones.

En el diagnóstico realizado se encontró el origen de estos sólidos se da debido derrames en la descarga de materia prima principalmente, lavado de área de producción, derrame del proceso de cocción, para ello existen diferentes tratamientos de los sólidos de los cuales existen: trampas de sólidos, áreas de rejas, piletas primaria, secundaria, torre de enfriamiento y lagunas de oxidación que estas son un gran aporte para el medio ambiente.

El tipo a utilizar es el separador de sólidos por filtración-compresión, este tipo de separador de sólidos es una combinación de ambos separadores de los cuales son: Pantallas estacionarias o cribas y de tornillo de prensa por su funcionamiento va a dividirse en dos etapas que son las siguientes: filtración y prensado(compresión), iniciando el proceso por medio de una bomba sumergible ubicada en una fosa de sólidos para luego transportarla a la tubería de descarga que lo llevara al separador de sólidos pasando por la etapa de filtración, esta reducirá en un cierto porcentaje el agua, para luego llegar a la etapa de compresión por medio de dos cilindros uno de caucho y otro perforado y así reducir la fracción de humedad y luego el agua separada a una tubería de descarga de drenaje y el sólido separado a reproceso.

Con la implementación del sistema de separación de sólidos traerá varios beneficios y uno de los mas importantes es cumplir con las especificaciones del control y leyes de medio ambiente en beneficio de la comunidad y trabajadores de la planta, por ello, se implementó este sistema fácil en su aplicación y manejo, pero antes de ellos se hicieron los distintos cálculos matemáticos para su aplicación también se ha detallado un manual de operación y mantenimiento del separador de sólidos para que todos tengan acceso a esa información y para un mejor desempeño del equipo.

OBJETIVOS

GENERAL

Implementar un sistema de separación de sólidos para el post proceso de subproductos en una planta de rendimiento avícola y porcícola, con el fin de mejorar la productividad y sobre todo la parte del aporte ambiental para el tratamiento de las aguas residuales.

ESPECÍFICOS:

1. Realizar un diagnóstico situacional de la empresa, enfocado en medio ambiente para así determinar los problemas existentes específicamente con desechos sólidos.
2. Realizar pruebas y ensayos con distintas formas de separar sólidos para tener alternativas para su aplicación.
3. Analizar los resultados de situación actual y proponer alternativas por medio de la aplicación de herramientas de la ingeniería para las distintas formas de separación de sólidos.

4. Determinar el intervalo de capacidad de bombeo para los picos más altos en producción y la capacidad de separación del equipo.
5. Capacitar al personal de operación y mantenimiento respecto al funcionamiento, operación del separador de sólidos para que el rendimiento sea el esperado.

INTRODUCCIÓN

En muchos países, las empresas que conforman la industria cárnica y en especial las plantas de rendimiento, se han clasificado dentro del grupo de empresas que presentan una alternativa valiosa de recursos proteínicos para alimento para animales por intermedio de los desechos no aptos para consumo humano que en estos lugares se producen.

Un uso adecuado de estos desechos, no solamente redundaría en beneficio de la producción avícola, sino que también va a contribuir a una mejor protección del ambiente, al evitar que desechos ocasionados por derrames, tales como las plumas, sangre, grasa, vísceras avícolas y de cerdo, se hagan aun mas difícil el tratamiento de las aguas residuales y en caso de los pequeños productores que sean vertidos a los arroyos y ríos sin ninguna consideración sanitaria previa

Una oportunidad de mejora genera desechos sólidos provenientes del proceso productivo que en un proceso continuo suma volúmenes considerables para tratamiento, debido a esta problemática se presenta una propuesta de un proyecto encaminado a implementar un sistema de separación de sólidos generando beneficios para la planta.

Este proyecto se basa en un diagnóstico preliminar, que permite recaudar en un intervalo de 60 a 80% dependiendo del tamaño de las partículas de sólidos que pueden estar en un intervalo de 1 a 5 mm como mínimo del total de sólidos generados del proceso productivo en condiciones aptas para reproceso, para convertirlo en harina.

1. MARCO TEÓRICO

La empresa que colaboró para ser analizada y estudiada para efectuar el presente trabajo de graduación, es FÁBRICA DE HARINAS de la corporación Avícola Villalobos, S.A. Actualmente tiene aproximadamente 35 años de funcionamiento y cuenta actualmente con 28 empleados más personal subcontratado (SEP 2007).

1.1 Historia y antecedentes de la empresa

Se adquiere la Fábrica con un equipo de la década de los sesenta, con un cocinador y una caldera de 100 HP para producir vapor para la cocción, la planta se encontraba en condiciones desfavorables y de poca tecnología, siendo su producción máxima de 1500 lb. /hr, de materia prima, en su momento era una empresa con un proceso manual excepto por el cocinador, todo el producto se trasladaba en toneles sobre camiones con y sin cubierta.

Posteriormente, luego de ampliar la capacidad de producción con más maquinaria, se dio un paso grande, al implementar en fábrica un proceso de transporte más adecuado y fácil de trasladar por medio de granelaras, góndolas y camiones con tolva incorporada. Este ha sido un proceso de cambio continuo para manejar la fábrica de una forma mecánica y desde ese entonces se ha incrementado la producción a 9000 lb. /hr. de materia prima a la fecha.

En el transcurso de operaciones de la fábrica se han superado varias dificultades en cuanto al manejo del subproducto por las condiciones en que se trasladan por el hecho de que es un producto perecedero con una vida de anaquel de aproximadamente 24 horas, el cual después de este tiempo provoca olores fuertes y desagradables (para algunos), emanación de plagas (moscas, larvas, roedores, etc.), hasta llegar a un punto, que la materia prima ya no es recomendable para producir harina.

Todo esto es fácil que se salga de control y el cual es uno de los retos que se ha logrado vencer y cambiar el concepto, hasta alcanzar ser una planta industrial, ya que en el pasado este proceso se conocía como un proceso sucio, desagradable y sin deseo de conocerlo. El desafío es llegar a ser una planta certificada por normas internacionales para garantizar el cuidado del medio ambiente y estar preparado para un libre comercio.

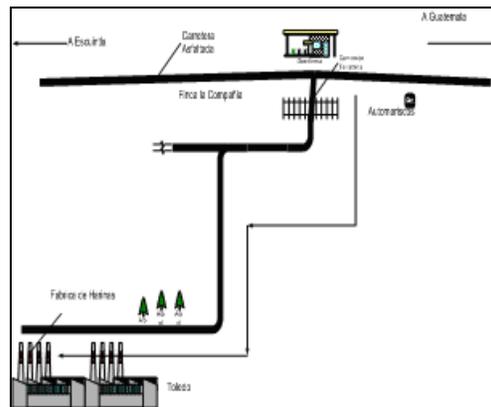
1.2 Ubicación

La empresa está ubicada en una zona industrial en el Km. 34.5 Carretera al Pacífico, Finca la Compañía, Colonia los Sauces, Palín, Escuintla (ver figura 1). A pesar de ser una zona industrial la Municipalidad de Palín a autorizado colonias residenciales a los alrededores de la planta, por ese motivo han surgido pequeñas discusiones encontradas de las empresas existentes en el lugar, como los olores provenientes del proceso.

En cuanto a la localización de la empresa cumple con los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para una localización industrial, los cuales son región y comunidad.

La primera de las más importantes como se dijo anteriormente es que está ubicada en una zona industrial, está situada dentro del rango aceptable en cuanto a distancias de procedencia de la materia prima y el cliente del producto terminado, uno de los recursos más fuertes es el agua, la cual es abundante, el resto de recurso para producción, incluyendo la mano de obra son accesibles.

Figura 1. Mapa de ubicación de fábrica de harinas



La fábrica está ubicada en un punto estratégico, ya que se encuentra localizada a la orilla del río Michatoya, tiene sus ventajas y desventajas, una de las desventajas es por las inclemencias del clima por ejemplo las lluvias recias de las tormentas Mitch y Stán, que han afectado las instalaciones y esto mismo ha provocado hacer trabajos de contingencia para estar preparados ante una situación similar. Las únicas plantas que existen en Guatemala son dos y se ubican una cerca de la otra. En cuanto al tema de la ubicación geográfica de este tipo de plantas, los materiales, mercado, medios de transporte, combustibles, energía eléctrica, región industrial y agua pertenecientes al factor región son aceptables porque todos son accesibles, pero los medios transportes están bien distribuidos en relación a la ubicación de los generadores de MP.

Por el factor comunidad como la mano de obra, actitud de la comunidad, condiciones y nivel de vida, bancos, hospitales y protección policiaca (aunque es bastante deficiente porque no existe seguridad que brinden a la comunidad y a sus pobladores, absorbiendo gastos de seguridad teniendo sus propios medios de protección, como guardias), están en un rango aceptable.

1.3 Actividad a la que se dedica

La empresa analizada se procesa principalmente subproductos de pollo, incubación y cerdo tales como: vísceras, plumas, recortes, traquea, menudos, sangre, grasa animal, entre otros y los desechos del cerdo excepto el pelo. Por el momento se procesan dos clases de harinas una para mascotas y otra para engorde del pollo.

Ha sido una empresa que ha invertido trabajo en ella para ser una planta recicladora de productos avícolas y porcinos para evitar contaminar el medio ambiente como enterrar el producto, depositarlo en rellenos sanitarios y derramar los líquidos en los ríos, entre otros. Se ha convertido en una empresa rentable al producir harinas que se utilizan como un ingrediente del concentrado para alimentar a las aves.

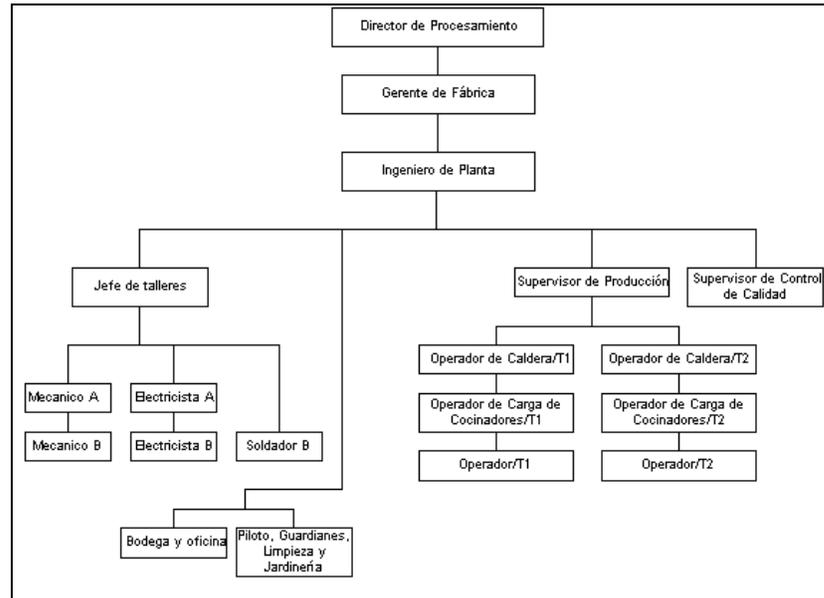
1.4 Estructura organizacional

La compañía Avícola Villalobos está conformada por una serie de empresas que se organizan en forma vertical. Una de las cualidades de este tipo de empresas al cerrar los ciclos es que se obtiene el mayor aprovechamiento de los recursos y el aumento de calidad de cada producto.

Como es el caso de la empresa analizada, es donde finaliza el proceso de beneficio de pollo y a la vez a la mitad de dicho proceso inicia la elaboración de alimentos balanceados para aves, cerrando el ciclo de esta manera e iniciándolo, terminando como alimento para animales, crecimiento y engorde de pollo, posteriormente a plantas de beneficio luego retorno del subproducto. Y en Guatemala existen pocas empresas que cierran un ciclo como este.

El organigrama en la alta gerencia muestra el enlace que existe con las otras empresas del grupo, posteriormente, se presenta la organización interna del personal de Fábrica, la cual tiene una relación directa e indirecta con el personal de las otras plantas con la finalidad de compartir información.

Figura 2. Estructura organizacional



Fuente: Archivo empresa analizada

1.5 Visión y Misión

Visión

Conseguir la sinergia de todas nuestras operaciones para consolidarnos y mantenernos como la división industrial pecuaria más grande y rentable en el mercado mesoamericano y del caribe.

Misión

Somos la división industrial pecuaria de la corporación multi-inversiones, que con sinergia y vivencia de nuestros valores, opera con efectividad para la satisfacción de quienes pertenecemos a ella, de nuestros inversionistas y nuestros clientes.

1.6 Tipos de sólidos en proceso

Cáscara de huevo

La cáscara del huevo representa aproximadamente el 11 % del peso total del huevo, las disponibilidades de esta materia prima son altas en las industrias de procesado de huevos, en las granjas comerciales y producción de harinas, contiene aproximadamente un 94 % de carbonato cálcico, 1 % de carbonato magnésico, 1 % de fosfato de calcio y 4 % de materia orgánica. Además de ser una fuente importante de calcio, las harinas de cáscara de huevo poseen el valor nutritivo adicional de las proteínas de los residuos de albúmina, de la membrana y de la matriz de la cáscara, de hecho son utilizados eficazmente por las gallinas, a menos costo que otras fuentes alimenticias.

Plumas

Las plumas son un subproducto de la industria avícola que puede aprovecharse para producir harinas. Las características de las plumas varían según la especie, edad, sexo y localización en el cuerpo de las aves, las plumas son casi proteína pura, en su mayoría queratina, los métodos modernos de procesado cuecen las plumas con vapor húmedo a presión que hidroliza parcialmente la proteína. Tras la etapa de secado, la harina resultante es un producto apetecible y bien digerido por todas las especies de ganado y las aves. La producción de harina de plumas es el proceso de mayor importancia comercial.

Grasa de ave

La grasa contiene más energía por unidad de peso que cualquier otro ingrediente. Su uso en los piensos permite la elaboración de piensos ricos en energía con los beneficios asociados a un mejor índice de conversión. Esta MP tiene un inconveniente, porque debe controlarse la oxidación y sobre todo el nivel de peróxidos, que sea aceptable para alimento de aves. Las grasas, además de formar parte de piensos para el ganado y las aves, también tienen una amplia variedad de aplicaciones industriales.

1.7 Sólidos para reprocesar en harina

El reprocesar sólidos van a ser aquellos que consecuencia del proceso de producción de harinas tales como: derrames de materia prima, cuando se realiza limpieza de maquinaria e instalaciones y derrames de producto terminado, que son dirigidos hacia fosas, trampas de sólidos y aguas residuales.

En estos el proceso comenzara desde el momento que la planta de pollo beneficiado brinda la materia prima con porcentaje alto de agua, para luego ser transportada por medio de granelaras y góndolas de este llega a la fábrica y se descargan en tolvas de recepción de MP, producto de esta descarga se derivaran de sólidos con agua, donde llegarán a la fosa receptora de sólidos para su captación y concentración de las tres tolvas, luego son bombeados al separador de sólidos para ser separados y determinar si son sólidos que cumplen con los requerimiento para saber si se pueden agregar al proceso de elaboración de harinas tomando en cuenta que es MP fresca y que cumple con ciertos requerimiento para su elaboración.

1.8 Sólidos para reprocesar en abono

Los sólidos que van a reproceso son todos aquellos que por alguna razón están contaminados se han envejecido y ya no cumplen con las características de una MP para harinas. Se capturan en las trampas de sólidos, algunos son del proceso de cocción, pileta primaria y secundaria, estos han llevado un proceso de cocimiento que incluye deshidratación que dan como resultado sólidos ricos en proteínas, nitrógeno y carbono que ayuda de mejor forma a la descomposición para convertirse en abono.

Compost (abono)

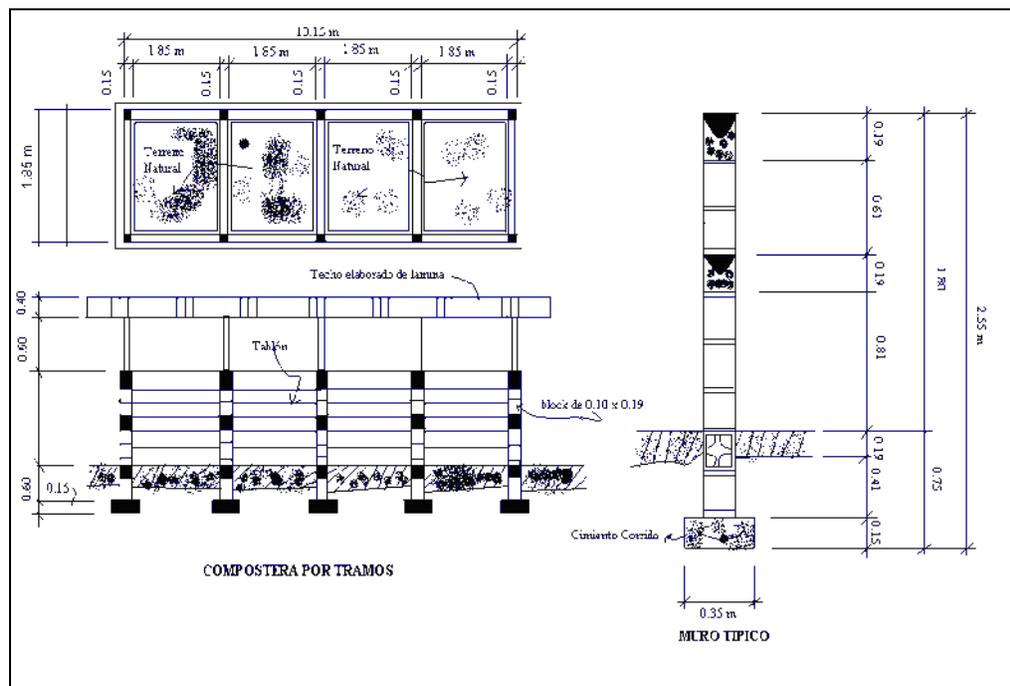
El compostaje es una opción fácil de realizar teniendo en cuenta que contamos con los productos para su realización debido a que no requiere de muchos recursos y que ha dado resultado a la reducción de sólidos. (Como parte del proceso de compost) en algunos casos se agrega enzimas para acelerar la descomposición dependiendo de los sólidos puede oscilar entre 1 a 5 meses.

Figura 3. Abono



Fuente. Archivo de empresa analizada

Figura 4. Plano de construcción de composteras



Fuente: Archivo de empresa analizada

1.9 Separador de sólidos

1.9.1 Definición

Es un equipo mediante el cual los residuos son separados de líquidos-sólidos a líquidos y sólidos, en este proceso se reduce el exceso de líquido a los sólidos para obtener sólidos con condiciones aptas para luego utilizarlo como materia prima para harinas o compost.

1.9.2 Tipos

Desde hace varios años la industria, granjas porcícolas y especialmente las plantas recicladoras, se ha instalado sistemas de manejo y aprovechamiento de residuos o sólidos en cierto porcentaje de los cuales los equipos más utilizados están: pantallas estacionarias o cribas, Separador de grasa, separadores de hidrocarburos, Separadores de tornillo de prensa, Separador de sólidos por filtración-compresión.

- Pantallas estacionarias o cribas: este puede remover sólo parte del agua libre por gravedad y nada de la depositada por capilaridad en las mezclas de sólidos y líquidos. Este tipo de separador es utilizado en su mayoría en la plantas de tratamiento de agua que ayuda porcentualmente a reducir los niveles de lodos que arrastra el agua en su volumen tanto en ríos, lagunas, piletas etc.

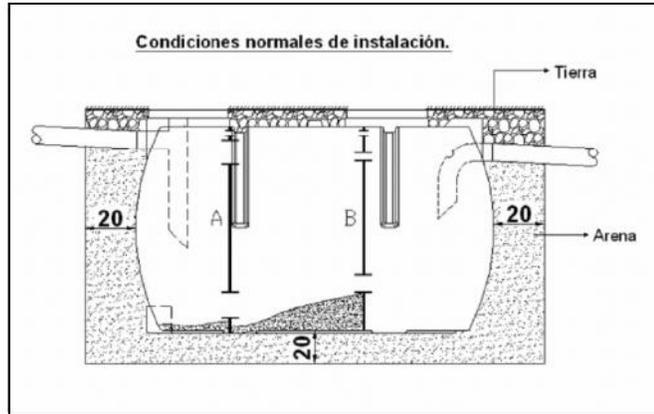
Figura 5. **Pantalla estacionaria o criba**



Fuente: www.separadoresdesolidos.com

- Los separadores de grasas se utilizan en plantas de tratamiento se emplea para separar el glicol (que se usa como deshidratante del gas natural). En la industria del petróleo y del gas natural, es utilizado este tipo de separador compuesto de un cilindro de acero que por lo general se utiliza para disgregar la mezcla de hidrocarburos en sus componentes básicos, petróleo y gas. Adicionalmente, el recipiente permite aislar los hidrocarburos de otros componentes indeseables como la arena y el agua.
- Separadores de hidrocarburos: Los decantadores separadores de hidrocarburos son aparatos indispensables ahora en el tratamiento de las aguas pluvias y aguas residuales cuya función es capturar por un lado los sólidos, y por otro, retener y filtrar las grasas, aceites, hidrocarburos contenidos en las aguas residuales de industrias, servicio-centros, garajes, lavaderos de vehículos, parking, almacenaje de combustibles.

Figura 6. **Separadores de hidrocarburos**



Fuente: www.separadoresdesolidos.com

- Separadores de tornillo de prensa: puede exprimir toda el agua libre, más algo de la depositada por capilaridad, produciendo sólidos secos que se pueden transportar fácilmente y usarse en alimentos balanceados. Este tipo de separador es usado en su mayoría para el proceso de producción alimenticia.

Figura 7. **Separadores de tornillo de prensa**



Fuente: www.separadoresdesolidos.com

- Separador de sólidos por filtración-compresión: este tipo de separador de sólidos es una combinación de ambos separadores de los cuales son: Pantallas estacionarias o cribas y de tornillo de prensa de cuales por su funcionamiento va a dividirse en dos etapas que son las siguientes: filtración y prensado (compresión).

Filtración: es la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio filtrante. Los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante en forma de torta, el medio filtrante deberá seleccionarse en primer término por su capacidad para retener los sólidos sin obstrucción y sin derrame de partículas al iniciar la filtración. En esta operación unitaria se generan líquidos como consecuencia del proceso de filtración.

Prensado: El prensado o exprimido es la separación de líquido de un sistema de dos fases de sólido-líquido mediante la compresión, en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que se retiene el sólido entre las superficies de compresión. El prensado tiene la misma finalidad que la filtración y se distingue de la filtración en que la presión se aplica mediante el movimiento de las paredes de retención en lugar de usar bombeo del material a un espacio fijo, en esta operación unitaria se generan líquidos residuales como consecuencia de que el producto deseado es el sólido.

Descripción del proceso de separación:

Primero: Se enciende la bomba sumergible que es la que va permitir succionar el sólido de la fosa de recepción de sólidos con un flujo determinado en donde lo hace pasar por un sistema de tuberías.

Segundo: en el mismo sistema de tuberías se encuentra conectado un sistema de agitación, es el que ayuda a remover todos los sólidos que se encuentran suspendidos para así hacer una mezcla homogénea de agua y sólido.

Tercero: en el mismo sistema de agitación hay una válvula de compuerta que es la que va a graduar el flujo que le llegara al separador de sólidos en un aproximado de 50 % de su flujo.

Cuarto: empieza a funcionar el separador donde el sólido succionado de la fosa llega a caer por gravedad en el canal o criba que es un medio filtrante de lámina perforada, acá se reduce casi en un 60 % de agua quedando todavía el sólido con cierto porcentaje de agua.

Quinto: llega al mecanismo de dos rodillos, un rodillo es de lámina perforada permite que el líquido se filtre entre sus agujeros y el otro de caucho es el que comprime el sólido, estos son movidos a través de una cadena de rodillos, accionado por un motor eléctrico y una caja reductora. Hay que tener en cuenta que el sólido separado sigue con un porcentaje de humedad y cae a una tolva para ser conectado nuevamente a la línea de producción, utilizado en procesos alimenticios o de compostaje.

Sexto: el líquido derivado del proceso de filtración y compresión llega a conectar a la tubería de descarga que desemboca en las lagunas de oxidación.

Figura 8. **Separador de sólidos por filtración-compresión**



Fuente: Archivo de una granja

1.9.3 Aplicaciones

Los tipos de separadores de sólidos generalmente depende de la aplicación que se requiera, pero en resumen podríamos decir que para el área en que se desarrolla este tipo de empresa, un separador de sólidos puede ser utilizado en el área de residuos sólidos en las diferentes plantas, entre ellas se encuentran: plantas de reciclaje, planta de compostaje, plantas porcícolas, plantas de selección de residuos sólidos, etc.

La diferencia de aplicaciones entre todas descritas anteriormente y las de la empresa analizada es que los residuos sólidos son espesos, pero al momento de agregarle agua se diluyen pero uno de los factores que la enmarcan es la cantidad de grasa que se encuentra en el sólido.

Para eso hay que unificar varios de los tipos de separadores para que pueda separarse un poco mejor y debido a los volumen que se manejan a diario es necesario que el separador de sólido pueda recuperar los sólidos.

2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

(Fase de investigación)

2.1 Origen de los sólidos

Los subproductos o despojos recuperados en las plantas de beneficio que producen carnes para el consumo humano, tienen la característica de ser acompañados de grandes cantidades de agua consecuencia de la recolección de todos los despojos (de no consumo humano) sumados a estos, sólidos recuperados consecuentes de lavado, limpieza de maquinaria y áreas al finalizar la matanza del día, luego son transportadas a granel, hacia la planta de harinas.

Toda esta MP al momento de procesarse para convertirse en harinas, genera sólidos derramados durante todo el proceso y también otros en consecuencia de lavado de maquinaria y áreas de proceso. Las principales fuentes generadoras de sólidos son las primeras dos etapas del proceso de fabricación de harinas de las cuales son las siguientes:

- **Recepción de materia prima:** en este proceso los residuos sólidos son captados en actividades de descarga de materia prima de subproductos avícolas de los cuales la pluma, vísceras, cáscara de huevo contienen un alto porcentaje de agua para que cuando se descarga en las tolvas de recepción ocurren derrames, filtraciones, lavado de graneleras y lavado de la misma área, para que estas sean capturadas en 3 fosas de sólidos de los cuales 1 de estas 3 se utiliza como fosa receptora de sólidos para el proceso de descarga de materia prima.

- Proceso de cocción del producto: en este proceso hay dos etapas 1) es cuando el producto tiende a fugarse del cocinador (cooker) por la parte trasera donde se encuentra la estopa y así caer en una trampa de sólidos para luego enviarlas a las lagunas; 2) cuando por la parte de la válvula de vacío tiende a abrirse por ser parte de los procedimientos de operación del equipo tiende a salirse cierta cantidad de producto que podría llamarse sedimento (proceso de saturación) para así llegar a la tubería de descarga de agua caliente para ser llevado a las lagunas.

2.2 Volumen de sólidos

Los siguientes datos son tomados de la fosa receptora de los sólidos de los cuales se procede hacer su respectivo cálculo referidos en anexos.

- Fosa receptora de sólidos y líquido; el volumen total de dicha fosa es de 2.33 m³ (2330 lts). cuando esta llena a un 50% aproximadamente, esta es vaciada hacia las lagunas de tratamiento, antes de vaciar, existe un procedimiento de agregar agua hasta un 20% mas, este para que remueva los sólidos y haga aun mas fluida la mezcla, para que la bomba de sólidos sea mas eficiente.

De acuerdo a mediciones realizadas se determino que de la mezcla antes de agregar agua, se encuentra aproximadamente entre 18.5 % a 21.88% de sólidos y el resto es agua y algunos sólidos menores de 3 mm. Dependiendo de la producción esta llega a vaciarse entre 3 a 4 veces al día, entonces el volumen que se maneja durante todo el día oscila entre 0.76 a 1.00 m³ de sólidos.

Figura 9. Fosa receptora de sólidos



Fuente: Archivo de empresa analizada

2.3 Manejo y tratamiento actual

Actualmente estos sólidos son trasladados a lagunas de tratamiento tipo anaeróbicas, que permiten entregar un líquido libre de sólidos y con características aceptable para ser depositados en un receptor (río), pero a su vez generan una carga mayor de sólidos dentro de las lagunas, que hace necesario un mantenimiento mayor y por ende costo alto para el mismo, y a su vez degradación de la calidad del agua que se descarga al río.

2.4 Equipo que se utiliza

El equipo que se utiliza para estos sólidos solamente es una bomba neumática por la que ayuda a extraer los desechos sólidos de las fosas; pero se ha cambiado actualmente el equipo de bombeo debido a que la bomba neumática se ha tapado constantemente casi por pluma por eso se destapa seguido y se pierde mucho tiempo en este proceso.

Figura 10. Equipo de bombeo de sólidos



Fuente: Archivo de empresa analizada

2.5 Tratamiento de sólidos

Para el tratamiento de los sólidos la mayor parte de estos se dirigen a las lagunas de las cuales generan altos costos de limpieza y la dificultad de parámetros altos de concentración de sólidos que se generan, formando así una capa gruesa de sólidos de los cuales hay que estar quebrando y limpiando manualmente estas lagunas, esta actividad implica un alto costo de limpieza de estos, debido a que se ha estado haciendo a través del propio personal de la empresa, esto puede seguir creciendo en el futuro debido a los volúmenes de sólidos que se manejan en la misma complicaría más este mantenimiento.

Para nuestro caso, tomando como base la caracterización típica de las aguas residuales de la industria de subproductos avícolas , se requiere de un eficiente tratamiento primario que permita: eliminar los sólidos groseros, homogenizar la calidad del agua residual y ecualizar el flujo hidráulico (amortiguar las variaciones horarias de calidad y de cantidad), acondicionar químicamente el desecho para estabilizar el pH y garantizar los nutrientes esenciales para el proceso biológico, remover los excesos de sólidos suspendidos, particularmente las grasas y aceites en suspensión y los sólidos sedimentables. En la planta se estan manejando los siguientes tratamientos de sólidos:

- Cámara de rejas: esta cámara captura todos los residuos de subproductos derivados del proceso de lavado de graneleras, derrames, y lavado del proceso evita el paso de elementos de gran volumen y el afluente es conducido desde el sistema de alcantarillado hacia esta unidad de tratamiento que corresponde a una pileta que se limpia diariamente por medio de una bomba centrífuga.

Figura 11. **Sistema de rejas para captación de residuos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Figura 12. **Sistema de rejas captación de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

- Trampas de grasa: dentro del sistema de tubería de drenaje se construyeron un colector de grasa, el cual esta identificado por medio de cajas de registro, al saturarse se procede a retirar todos los sólidos que quedaron atrapados, pero también una fase previa a la llegada de las lagunas está la pileta primaria y secundaria en donde la mayoría de sólidos son capturados en estas, reduciendo los costos de mantenimiento, costos de tratamiento de agua y contaminación de agua.

Figura 13. **Trampa de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Figura 14. **Pileta secundaria**



Fuente: Archivo de empresa analizada

- Sistema de lagunaje: este conformado por tres lagunas que ayudan a disminuir la temperatura del agua significativamente, que antes de llegar a estas tienen un sistema de canal filtro percolador, canal sedimentador 1, 2, 3 para la captación de los sólidos y así disminuyendo cierta parte de sólidos al llegar a la laguna que estando en esta tiende a flotar y haciendo mas fácil su captación, así pasando consecutivamente una a la otra hasta llegar a la salida para el agente receptor (río).

Figura 15. **Sistema de lagunaje**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Figura 16. **Salida de agua al río michatoya**



Fuente: Archivo de empresa analizada

2.6 Producción

Para la producción de harinas es importante tomar en cuenta el proceso desde la descarga de materia prima hasta ensaque de harina debido al factor tiempo en donde influye en gran parte la dosificación del producto al momento de cargar el cocinador para que se minimice el tiempo de cocción que oscila entre 5 a 8 horas por cocinada y la calidad de harina va depender del producto que se cargue al cocinador.

En la producción de harinas existen dos clases que se producen de las cuales son: harinas cárnicas y harinas mixtas para ello es importante tener en cuenta la humedad y el porcentaje de ceniza, fósforo, calcio, proteínas y grasa para una buena calidad de la harina. La cantidad de humedad puede estar entre un rango de 8-10% de humedad para que sea aceptada.

La cantidad de harina no se puede determinar en un dato específico porque va depender de la cantidad de materia prima que se tenga en existencia para procesarla en donde cada día o semana es variable la cantidad de materia prima, pero hay que tomar en cuenta que la producción de harina derivada del proceso de separación de sólidos que relativamente comparado con los volúmenes de producción no son significativos pero contribuyen a minimizar estos sólidos y no se podría decir que cantidad de harina se producirían, pero se contribuye en disminución de costos de mantenimiento, tratamiento y tiempo de descarga a las lagunas.

Pero sí su cantidad de componentes químicos no son las idóneas para producir harina se incluye en la producción de abono orgánico. O sea que tomando en cuenta que para ambas producciones como lo son de harinas y de abono se trata de recuperarlo entonces tiende a rendir una entrada económica más pero quizá en abono orgánico se ha visto más detalladamente.

Tabla I. Composición porcentual de subproductos avícolas

	Harina de plumas	Harina de sangre	Harina de todo	Residuo de fusión	Subproductos de incubadoras	
					Broiler	Gallinas ponedoras
Proteína	75-90	75-85	50-60	45-55	–	–
(media)	85	80	55	50	22 ^a	32 ^a
Humedad	5-15	5-15	5-15	5-12	–	–
(media)	8	8	8	8	65	71
Grasa	2-4	0,8-1,2	6-15	16-25	–	–
(media)	3	1	10	20	10 ^a	18 ^a
Fibra y cenizas	2-7	8-14	25-30	20-25	–	–
(media)	4	11	27	22	–	–
Calcio	–	–	–	–	25 ^a	17 ^a
Fósforo	–	–	–	–	0,3 ^a	0,6 ^a

^a Expresado en base seca.

Fuente: Ockerman H.W., Hausen, C.L. *Industrialización de productos de origen animal.* (1994)

La digestibilidad de la harina depende directamente del tiempo de cocción y de la presión (intensidad de la hidrólisis), consiguiéndose un mayor rendimiento en aminoácidos utilizables, de mayor valor biológico cuando el proceso se hace intensivo. Así también de igual forma se comporta para la grasa una mejor palatabilidad o aceptabilidad y un control completo del polvo.

Descripción del proceso de elaboración de harinas

El proceso se divide en cuatro operaciones principales, desde la recepción de la materia prima, hasta el empacado (ensaque) de la harina, para ser despachada al cliente. Las actividades son:

- Recepción de materia prima
 - Cocción y deshidratación
 - Enfriamiento de la harina y limpieza
 - Molienda y ensacado
- Recepción de MP: proviene de las plantas de beneficio de pollo, plantas de incubación y planta de beneficio de cerdos, se encuentran localizadas en la ciudad Capital de Guatemala, Santa Lucia Cotzumalguapa y Patulul del departamento de Escuintla, son transportadas por medio de graneleras, góndolas y camiones con tolvas incorporadas la materia prima es: pluma, cascara y embrión, víscera, hueso, Menudos, otros subproductos cárnicos, entre otros.

La MP es descargada a una tolva que esta ubicada en el muelle de recepción, que posteriormente es enviada por medio de un transportador helicoidal hacia los cocinadores (cooker), para continuar con el proceso.

- Cocción (cocimiento) y deshidratado: esta operación es la más importante, ya que aquí es donde se transforma el subproducto crudo después de 60 a 90 minutos a una harina con exceso de humedad, posteriormente se continua el proceso de deshidratado, dependiendo podría ser dentro del cocinador de 120 a 180 minutos, esta operación representa la mayor parte del costo de producción, ya que en estas dos operaciones (cocción y deshidratado) es donde se utiliza vapor, que es el rubro mas alto de la producción.

Figura 17. **Cocinadores**



Fuente: **Archivo de empresa analizada**

En el tiempo de cocción y deshidratado, se manejan rangos de tiempo debido a que algunas traen exceso de agua, de lo normal (desde plantas de procesamiento) y sobre todo el tiempo es distinto para cada dosificación de las distintas materias primas. El tiempo de cocimiento lo define la humedad de la harina, que es entre 8 y 10%, dependiendo de las especificaciones del cliente.

- Enfriado y limpieza de la harina: es donde la harina se envía por medio de un transportador helicoidal a la mezcladora aquí se agita para enfriarla aproximadamente de 10 a 25 minutos, dependiendo de la características de las harinas (si está con exceso de grasa, debe usarse un vehiculo, para que esta sea manejable), posteriormente se traslada a una limpiadora en donde se separan los contaminantes de la harina luego por otro transportador helicoidal para el martillo para finalizar en el área de ensaque.
- Molienda y ensaque: en esta etapa es donde se ensaca las harinas en presentación de un quintal y se almacenan en furgones, lista para ser enviada a los clientes.

2.7 Aporte de la empresa al medio ambiente

A continuación se hace una descripción breve del aporte al medio ambiente, aunque su actividad como recicladora de subproductos avícolas y de cerdo esta por su naturaleza contribuye al medio ambiente; este aporte puede reflejarse aun mas si analizamos a pequeños productores, que parte de los despojos provenientes del beneficio de pollo o cerdos no los pueden controlar, lo que causan un ente contaminante al medio ambiente.

Fábrica de Harinas por medio de un proceso controlado de una materia prima (subproductos) que podría ser un desecho difícil de controlar y un potencial contaminante al medio ambiente si no se procesara para convertirlo en una harina con características apropiadas para dosificarlo a un alimento balanceado para animales.

Este proceso permite medir y mejorar en donde todos los desechos de los sólidos son tratados antes de enviarlos a un ente receptor (río), adicional a esto, existen otros contaminantes tales como olores fuertes, ruido, derrames de combustibles entre otros. Todos estos son controlados por medio de formatos y personas responsables, que en determinadas fechas se envía un reporte de controles y resultados al ministerio de medio ambiente, que evalúa el avance y el control alcanzado. De ser necesario ellos realizan visitas para corroborar y sugerir mejoras si fuese necesario.

En cuanto a proyectos de mejora al medio ambiente se tienen algunos, entre los que podemos mencionar; construir un biofiltro que trate los olores fuertes del proceso, incorporar equipo que disminuya el consumo de agua, la incorporación de este separador de sólidos y mejorar el sistema de tratamiento de aguas (lagunaje)

2.8 Diagnóstico situacional

Aunque la empresa tiene poco personal aproximadamente 35 personas de las distintas áreas derivadas de mantenimiento, producción, transporte, bodega y personal administrativo (es porque no es un proceso manual, sino que automatizado), esta en una etapa de crecimiento y en un proceso de cambio, así que lentamente se esta levantando rediseñándola, incorporando equipo altamente eficiente fabricado dentro de la misma planta, adquiriéndolo en el mercado local e importado, para seguir mejorando el proceso.

Para el área de generación se cuenta con varias calderas de las cuales mantienen presiones que oscilan entre 100 y 125 psi para la operación de los cocinadores. Con respecto al transporte se cuentan con varias unidades de las cuales son graneleras, camiones, cabezales, pick-up es bien importante que se mantengan en óptimas condiciones de trabajo porque para el tipo de producción que se maneja es necesario contar con todas sus unidades para no sufrir atrasos tanto en producción como en entrega del producto final.

Para el tratamiento de aguas residuales se ha trabajado tratamientos primarios y secundarios pero se ha notado que el costo de mantenimiento de los mismos es relativamente alto por lo que han implementado ciertas etapas para la reducción de sólidos que llegan a las lagunas y así disminuir estos costos.

Por lo que para varios proyectos han contribuido específicamente el departamento de mantenimiento como el proyecto que se realizó de implementación de un sistema de separación de sólidos de los cuales tanto electricistas, mecánicos, soldadores han contribuido en gran parte a la realización del mismo proponiendo mejoras a este proyecto para un mejor desempeño dando como resultado un sistema efectivo.

3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN DE SÓLIDOS (Fase Técnico Profesional)

3.1 Descripción de implementación del equipo

Los componentes y el equipo propuesto, son de fabricación local y específicamente por personal de mantenimiento de la fabrica, con algunos trabajos específicos como torno, rolado, revestimiento de material blando al rodillo, es por parte de empresas especializadas. Pero en general es calculado, adaptado, armado y puesta en marcha por personal de mantenimiento y epesista. Los componentes son adquiridos localmente y algunos se pueden encontrar en stock en bodega.

3.1.1 Descripción de componentes

Bomba sumergible

Por el tipo de sólido que se maneja en este tipo de industria debe ser un impulsor abierto, debido a que los sólidos superan hasta 1-5" de tamaño, por lo que en el mercado o industria se encuentra un tipo de bomba sumergible como la que se muestra en la figura, según las especificaciones del fabricante es bomba tipo sumergible capacidad de producción Q 60 GPM (13.6m³/h), con 30 pies de carga dinámica, capacidad de manejo de sólidos hasta 2 plg y motor eléctrico de 2 HP, 230V, 60Hz, 3 fases, girando a 1750 RPM.

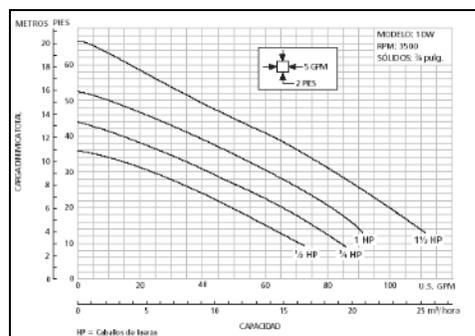
Para esta aplicación específica que sea una bomba sumergible debido a que el impeler debe ser inundado, caso contrario debe mantenerse un cheque para mantener inundado el impeler, pero por los sólidos dicho cheque o válvula no podría hacer sello. En cuanto al caudal, se calculó con base a la cantidad de líquidos-sólidos que llegan, por tal razón se calculó dicha bomba y tener un margen de 15 % más de la capacidad requerida cuando exista un incremento o imprevisto de líquido sólido.

Figura 18. **Bomba sumergible**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Figura 19. **Gráfica de bomba sumergible**



Fuente. Proveedor de equipo

Motor eléctrico (separador de sólidos)

Debido a que se requiere una velocidad específica de trabajo es necesario tomar en cuenta las diferentes reducciones en el mecanismo, se seleccionó este motor de tal forma que por sus características eléctricas permite brindar una capacidad de 2HP, velocidad de 1750 RPM, frecuencia de 60 Hz y un diámetro del eje del motor de 13/16 Plg, con cuñero de $\frac{1}{4} * \frac{1}{4}$ plg y utilizando este motor con sus respectivas características, son motores de jaula de ardilla. Entonces por cada HP es 3.3 amperios y si es nominal es 6.6 por lo que un motor abajo del 60 % de su capacidad es deficiente y se convierte de alto consumo, por lo que debe estar en un 75 -95% de su capacidad.

Se realizaron pruebas con otros motores, unos rápidos y otros lentos por lo que no cumplían con las especificaciones requeridas llegando a determinar que se requiere una velocidad 14 a 16 RPM en el rodillo final, que este cumple con un 80 % de su amperaje nominal de placa, para poder transformar la energía eléctrica en mecánica es necesario transmitirle la potencia necesaria para mover el cilindro.

Figura 20. **Motor eléctrico de separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Reductor de velocidad

Para determinar que reductor usar, fue necesario saber que la potencia transmitida de salida fuera mayor que la potencia transmitida de entrada para poder mover el mecanismo, cual era el rango de velocidad requerida para el funcionamiento de los cilindros puede estar entre 13 -14 rpm.

Por lo que se calculo una caja reductora con una salida para alcanzar la velocidad deseada y que se encontrará dentro del intervalo deseado de trabajo, entonces se necesita una caja reductora de 14:1 a 18:1, tomando en cuenta que el comercial es 15:1, como referencia las especificaciones técnicas de la caja reductora, este tipo de modelo que se ha recomendado, ha sido tomado en cuenta también el motor a utilizar que es de 2 hp, se cuenta con un factor de seguridad de 2 y que puede ser un mínimo de 1.5 con transmisión de polea o sprocket directo para no alterar la velocidad, para que así se mantenga el factor de seguridad.

Es una caja reductora de Ratio 15:1, con diámetro de su eje de entrada de 1 plg con cuñero de $\frac{1}{4} * \frac{1}{4}$ plg y de salida de $1 \frac{1}{16}$ plg con cuñero $\frac{1}{4} * \frac{1}{4}$ plg y herméticamente cerrada por lo que determina que no hay lubricación para la misma con un tiempo de vida de 3 años según fabricante (se eligió este tipo de caja, por costo aunque debe reemplazarse), y que se utilizaran transmisiones por correa, cadena o trenes de engranajes para su reducción.

Figura 21. **Caja reductora**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Chumaceras

Las chumaceras que se han seleccionado han sido por el tipo de trabajo y sujeto a cambios de temperatura que realizarán debido a que siempre caerá líquido y sólidos por lo que requiere de muy poco mantenimiento y son para trabajo pesado, por lo que tiene 2 chumaceras F209 y 2 chumaceras F215, éstas fueron seleccionadas específicamente por el torque que produce el rodillo con plena carga, mas el peso, junto con el diámetro de los ejes respectivamente para soportar el cilindro de lámina perforada y cilindro de caucho.

Se encuentran colocadas en una estructura de metal anclado con tornillos en la parte frontal y en la parte trasera, en el pedestal delantero o frontal generalmente se ubican los dispositivos de regulación y las boquillas de aceite para su respectivo mantenimiento y así reducir la fricción entre el eje y la chumacera.

Figura 22. **Chumaceras instaladas en el separador de sólidos**

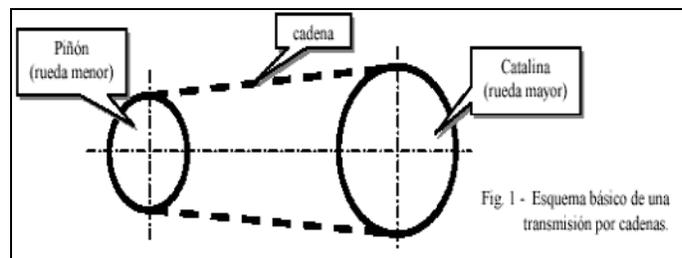


Fuente: Archivo de empresa analizada

Cadenas de transmisión

La transmisión de potencia que hemos de utilizar es por medio de cadena de rodillos esta va a ir acoplada a una rueda dentada (sprocket), la cadena es de paso 50 y se utilizó por ser un elemento confiable sujeto a condiciones de trabajo fuerte. Ver cálculo en apéndice.

Figura 23. **Esquema básico de una transmisión por cadenas**



Fuente: M.F. Spott, Proyecto de elementos de máquinas

Figura 24. Cadena de transmisión de potencia en separador de sólidos



Fuente: Archivo de empresa analizada

Catarina (sprocket)

Los sprocket son los que transmiten el movimiento entre ejes paralelos, el cual su aplicación es aumentar o reducir velocidades de altas a bajas dando como resultado la reducción por medio de estos. Ambos lados, utilizando cadena de un mamelón para cadena sencilla de Paso 50.

Figura 25. **Gráfica de sprocket de separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Rodillo de caucho

Se evaluó entre hule y caucho con sus respectivas pruebas, por lo que encontramos que nos brindaba más ventajas el material de caucho por ello es que se inclino por este tipo de material. Su principal función es de comprimir el sólido que pasa entre este rodillo y el rodillo perforado.

Está compuesto de un tubo de metal de cédula 40 de diámetro de 5 plg y de revestimiento de material de caucho en todo su radio externo, para alcanzar un diámetro de $7 \frac{3}{4}$ plg, de largo 30 plg y en ambos lados soldados sus respectivos ejes, el diámetro de la parte frontal es de $1 \frac{1}{4}$ plg con cuñero de $\frac{5}{16} \times \frac{1}{4}$ plg y parte trasera su diámetro de $1 \frac{3}{4}$ plg que se ilustra el la siguiente grafica.

Figura 26. **Rodillo de caucho de separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Rodillo de lámina perforada

También en este caso se realizaron pruebas con diámetros de agujero de lámina, se determinó que los mejores resultados en promedio para los distintos sólidos fue el de 1/16 plg de diámetro del agujero, diámetro del cilindro 17 plg, longitud de 30 plg. Su función principal es el de complementar la compresión del sólido con el cilindro de caucho para que en este se filtre el agua derivada del proceso de compresión, para que después el agua sea arrastrada por un gusano helicoidal hacia la tolva de recepción conectada a la tubería de drenaje.

Figura 27. **Rodillo de lámina perforada separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Canal (criba de filtración)

Para la determinación de largo y altura de canal fue necesario hacer pruebas con diferentes alturas y grados de inclinación tomando en cuenta factores como la viscosidad del producto, la superficie del canal respecto a la fricción se determinó que su altura debe ser de 1 m y 31 grados de inclinación. La función principal de este canal es filtrar el sólido que será bombeado de la fosa de sólidos previo a la etapa de compresión en donde ayudará a reducir en gran parte el porcentaje contenido de agua del sólido bombeado.

Este es un canal rectangular esta hecho de lámina de 1/16 plg que en su parte superior esta conectada la tubería de succión que entra a un área rectangular que ayuda a disipar la energía de bombeo que busca el choque del sólido internamente para que cuando salga al canal su flujo sea un poco lento.

Para que se logre filtrar el agua y caiga a la tubería de descarga que está conectada a la tubería de descarga para las lagunas anaeróbicas, este canal tiene una longitud de 2.0 m, de ancho 0.762 m; el canal esta instalado en su parte superior a una altura de 1.70 m.

Figura 28. **Canal (criba de filtración) de separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

3.1.2 Enumeración de materiales y equipo necesario para la realización.

Para la realización del proyecto se necesitaron algunos materiales que hay en bodega de la empresa y algunos se solicitaron a proveedores, se utilizó equipo propiedad de planta y se contrataron los servicios de otras empresas para algunos trabajos específicos mismos del proyecto de los que a continuación se describen:

Sistema de bombeo

- Bomba
- Tubería de alimentación al separador
 - Tubos PVC de 3"
 - Accesorios varios (codos, uniones, pegamento, válvulas)

Sistema Separación (Separador)

- Canal o criba (lámina perforada y lámina lisa)
- Rodillo (lámina perforada)
- Rodillo (revestido de caucho)
- Chumaceras (NTN F205 Y F216)
- Motor eléctrico
- Caja reductora
- Tubería PVC (descarga)

Sistema de recolección de sólidos

- Tolva recepción de sólidos
- Transportador helicoidal

3.2 Incorporación de separación de sólidos al proceso

Para la incorporación de este sistema de separación de sólidos se ha realizado un diagnóstico de la situación actual de la empresa donde se ha llegado a determinar que es necesario su incorporación para la evacuación de estos sólidos, por ello la ubicación del separador de sólidos para su respectiva instalación debe de estar cerca de la fosa de sólidos porque de esta forma ayudaría a que el sólido recuperado en el proceso de separación sea llevado a los transportadores helicoidales de carga de los cocinadores o a la tolva de descarga de materia prima.

Si el producto esta en buen estado y cumple con los requerimientos será incluido al proceso de producción de harinas y si el producto no se encuentra en buen estado se lleva al área de compostaje. Y no se recomienda que este el separador en un área alejada de la fosa de sólidos debido a que seria más difícil de transportarlos.

3.2.1 Capacidad de Separación de sólidos

$V = 510$ lts volumen total de sólidos-líquidos por turno en la fosa

$Q = 227.1$ lts/min capacidad de bombeo de la bomba sumergible

$Q = 3495$ lts / 5400 s Capacidad del Separador de sólidos

$Q = 0.65$ lts/s

Por lo tanto, la capacidad del separador de sólidos es de 0.65 lt/s donde este dato esta condicionado debido a la grasa y productos contenidos en el sólido, un factor determinante en la disminución de su capacidad es la falta de limpieza del separador, por eso dicha capacidad en condiciones ideales sobre todo con mantenimiento y operación. Entonces en el transcurso del día el volumen total de sólidos-líquido es de 10485 lts que se operaría en el separador en un tiempo estimado de 4 horas con 30 minutos estimado para todo el día.

Si el volumen total de la fosa es de 2.33 m^3 entonces el 50 % es de 1.165 m^3 si se bombea de 3 a 4 veces podemos tomar como punto 3 veces sería de 3.495 m^3 tomando en cuenta que el porcentaje de sólidos es de 21.88% quedando un volumen de sólidos de $0.76 \text{ m}^3/\text{día}$ ($764.7 \text{ lts}/\text{día} = 202.30 \text{ gal}/\text{día}$), entonces tomando un peso promedio por galón de los sólidos es de 7.5 lb. Por lo que se cálculo que $202.30 \text{ gal}/\text{día} * (7.5 \text{ lb}) = 1,517 \text{ lb}/\text{día}$ (15 qq/día aproximadamente son separados).

La cantidad de sólidos que se espera que sean separados es aproximadamente de 15 quintales por día por lo que significa que este aprovechamiento va ser muy importante debido a ayudaría a complementar los proceso de tratamiento de aguas residuales, un factor determinante son las condiciones que no afecten una harina y sea buena, es que el producto sea fresco, un porcentaje alto en proteínas, fósforo y no contaminantes (piedras, plásticos, metales, etc.)

Para la puesta en marcha del separador de sólidos se realizaron pruebas por lo que se llego a verificar que tiene una capacidad de separación de aproximadamente 0.65 lts/s debido a que las cantidades de producto varían de acuerdo a la cantidad de matanza de pollo que se genera en el día, así también varía el volumen de sólidos donde funcionara el separador.

Después de finalizar cada turno pueden ser de tres a cuatro al día, la capacidad de descarga de la bomba va a ser regulado por una válvula de compuerta abierta a 50 % colocada en el sistema de agitación para que en la descarga sea un flujo de 50 % del flujo total de succión, porque debido a que el proceso de filtración y compresión requiere de tiempo, específicamente el de compresión la velocidad de los cilindros es muy lenta y se saturaría de liquido-sólido y se perdería producto.

Los sólidos están compuestos de pluma, vísceras, menudo, sangre y grasa, por lo que debido a cierta cantidad de grasa en el sólido al iniciarse el proceso de separación se le agrega cierta cantidad de agua por motivos de fluidez para ser succionado, pero debido a ello la grasa tiende a diluirse y filtrarse por los agujeros de la criba como en los agujeros del cilindro.

Un factor que influye en el proceso de separación es la grasa debido a que tiende a diluirse el sólido, donde la variación del volumen es significativa en el mismo tiempo de operación a que va a estar recirculando un porcentaje de volumen que regresará a la fosa, la grasa que se va en la tubería se descarga en la pileta secundaria para luego ser llevada de igual forma que los sólidos capturados en la misma a las composteras.

3.2.2 Definición de la cantidad de operadores

Para la operación del separador de sólidos es necesario que sea una persona y se encargara de separar los sólidos y que tardará aproximadamente 4 ½ horas por día y por lo que comparará el incremento o disminución de la mano de obra en relación con las tareas designadas actualmente, por otro lado el tiempo por el mantenimiento y limpieza del separador es de aproximadamente 1 ½ horas al día. A continuación se describe las actividades de que realizara el operador.

Operador

- Arranque de equipo
- Encargado de graduar el flujo por medio de una válvula de compuerta que distribuye el flujo a la tubería de bombeo que llegara al separador de sólidos como a la tubería de agitación
- Inspeccionar el funcionamiento de la bomba sumergible y separador de sólidos.
- Limpieza de separador de sólidos y áreas de trabajo
- Llevar el sólido recuperado a las dos áreas antes mencionadas para su proceso (proceso de harinas o compostera)

Para la actividad de evacuación de sólidos en el área de la pileta secundaria es necesario que sea 3 a 6 personas dependiendo la demanda del mismo, para el cual sea 1 ó 2 en el área de composteras y las demás a evacuación de sólidos y transportarlos al área de composteras.

3.3 Montaje e instalación

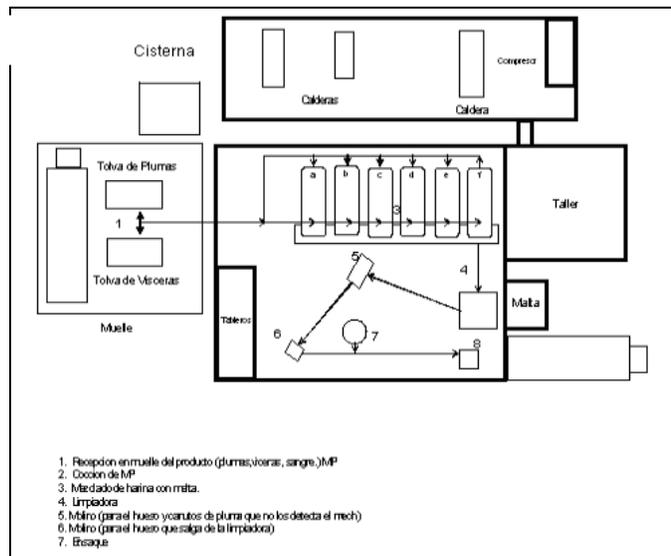
3.3.1 Determinación adecuada de instalación

Como podrá observar en la figura el largo total del separador es de 2.54 m y su altura desde su base hasta la parte alta del canal es de 1.70 m, pero al instalar la máquina es importante que el área este techada y dejar espacio suficiente donde se depositara el sólido separado y para que en un momento oportuno se pueda proceder desmontar cualquier componente del separador para darle su respectivo mantenimiento.

El separador debe instalarse cerca de la fosa de sólidos y esto es porque la tubería de retorno es la que al regresar el sólido a la fosa hará la función de agitador de sólidos, también es más fácil bombear el sólido a un distancia corta que larga, y que se llegue a conectar a la tubería de descarga de PVC, el cual este líquido llegará a la laguna por gravedad, en donde es preferible esta disposición desde el punto de vista del control de olores, también que este cerca de los controles eléctricos y para que el producto separado se pueda transportar de mejor forma.

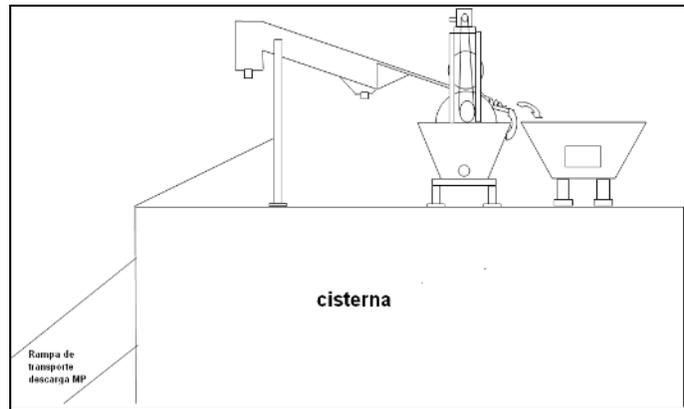
El área donde se ha seleccionado es un tanque cisterna ubicado al lado de la rampa de camiones de descarga de materia prima sus dimensiones son de 3.20 m de altura, de ancho 3 m y de largo 3.50 m y que se encuentra a una distancia de la fosa de sólidos de 1.75 m. Después de que se halla elegido el lugar y altura de su instalación para el separador de sólidos se puede acomodar el sistema de manejo de material (líquido y sólido), se encuentra que su instalación es sencilla, lo más importante de la instalación es que sea supervisado y apoyado por el departamento de mantenimiento, específicamente una persona del área eléctrica sea el encargado de las conexiones eléctricas.

Figura 29. **Plano de ubicación de cisterna para la instalación de separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

Figura 30. **Ubicación de montaje de separador de sólidos**



Fuente: Archivo de empresa analizada

3.3.2 Sistema de tuberías

Para el sistema de tubería se utilizó tubería de PVC y que tenga un diámetro suficiente para evitar que se tapen, el diámetro que se utilizó fue de 76.2 mm (3 plg) ya sea para el flujo de descarga de la bomba como el flujo de descarga del separador de sólidos. La tubería de descargar de bomba debe funcionar con flujo de llenado total que en este caso sería el gradual y la tubería de salida del sobrante debe funcionar siempre con flujo de llenado parcial o remanente derivada del proceso y nunca totalmente llena porque sino se inundaría el separador.

A continuación se describen los accesorios y los cálculos de las pérdidas por fricción que aumentan con el contenido de sólidos y disminuyen con la temperatura, normalmente el flujo en la tubería se comporta como flujo laminar el cual se da la siguiente relación para flujo laminar en tuberías se basa en la ecuación de Poiseuille para líquidos viscosos y se tomo de referencia de la diferentes tablas para el calculo de las pérdidas.

Ver fórmulas y cálculos en apéndice.

El número de Reynolds “R” servirá para encontrar “f” que es una variable de la formula de perdidas de energía por fricción.

$$R = (0.83 \cdot 0.07620) / 46.5 \times 10^{-6} = 1,360.13; \text{ del Diagrama de Moody } f = 0.04$$

$$R = (0.415 \cdot 0.07620) / 46.5 \times 10^{-6} = 680.06; \text{ del Diagrama de Moody } f = 0.048$$

El número de Reynold nos indica que es un flujo laminar

$$H_B = z_2 + h_f + h_L \text{ carga hidrostática de la bomba}$$

h_L es la perdida por columna de agua

$$h_L = L (32/32.2) (2.7224/(0.25)^2) [5 \times 10^{-4} + 1/6 (1.5 \times 10^{-3}) (0.25/2.7224)] = L(0.022637714)$$

$$h_{LT} = 1.09 \text{ p} = 0.332 \text{ m}$$

$$h_{fT} = 0.437 \text{ m} \text{ perdidas de energía por fricción}$$

$$H_B = 6.78 + 0.332 + 0.437 = 7.55 \text{ m}$$

$$\text{Peso específico} = (75) / (7.55) = 9.93 \text{ N/m}^3$$

$$\text{Peso específico volátil} = 250 / (110 + 1.5 (0.5)) = 2.25 \text{ N/m}^3$$

Las fórmulas anteriormente descritas se utilizaron para el cálculo de la carga hidrostática de la bomba de la que nos indica a que altura puede estar montada la bomba para la succión del sólido y que del resultado de esta hallamos el peso específico.

3.3.3 Bomba

Una de las ventajas de este separador de sólidos es que no necesita especificar que tipo de bomba utilizar, pero las bombas con una capacidad de bombeo excesivamente grande puede afectar la eficiencia del separador por eso se ha utilizado una con rata de bombeo relativamente baja que encontramos según gráfica de bomba, pero también hemos tomado como parámetro la carga de la bomba en los cálculos anteriores.

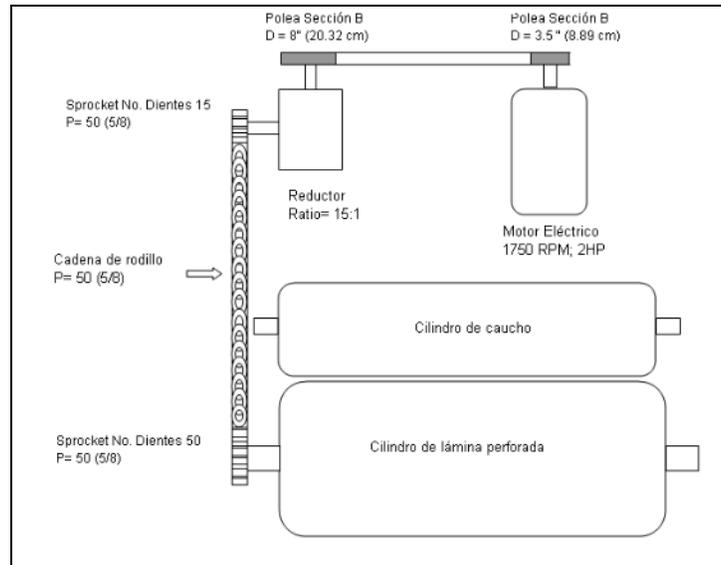
La bomba debe ser capaz de bombear los sólidos espesos hasta la entrada cuando se calcula la rata de servicio para la bomba se tiene en cuenta que el valor de bombeo de las bombas se fijan para agua limpia y no para sólido, por lo tanto se tendrá que reducir la capacidad del catálogo en un 50 a 75 % de eficiencia.

También calcular la altura total de bombeo, la rata de pérdidas por fricción en las tuberías puede ser de 5 a 10 veces mayor para los sólidos espesos que las pérdidas que se establecen en las tablas estándar que emplean fórmulas para agua limpia.

3.3.4 Transmisión de potencia

Para el funcionamiento del separador de sólidos se necesito dos mecanismos de transmisión de potencia el primero es del motor eléctrico a la entrada de la caja reductora que se utilizo por transmisión de faja y el segundo es de la salida de la caja reductora a sprocket del cilindro de lámina perforada por medio de una cadena de rodillos.

Figura 32. Mecanismos de transmisión de potencia



Fuente: Archivo de empresa analizada

Cálculo de cadenas de transmisión de potencia consultar fórmulas y operaciones en apéndice.

$$\text{RPM de entrada del reductor} = (1750 \cdot 3.5) / 8 = 765.6 \text{ RPM}$$

$$\text{RPM de salida del reductor} = 765.6 / 15 = 51.04 \text{ RPM}$$

$$\text{hp} = 0.004(15)^{1.08} (51.04)^{0.9} (0.625)^{3.0 - 0.07(0.625)} = 6.40 \text{ hp}$$

$$i = 50 / 15 = 3.333$$

$$p = 5/8'' (15.875 \text{ mm}); C = 750 \text{ mm}$$

$$A = (2 \cdot 750) / 15.875 = 94.5$$

$$X = 50 - 15 = 35; \text{ según valor de tabla } X = 56.29$$

$$L = (15 + 50) / 2 + 94.5 + 56.29 / 94.5 + 0.41 = 128 \text{ cm}$$

$$\text{hp} = 3.33 \cdot 6.40 = 21.312 \text{ hp en rodillo de lamina perforada}$$

De la tabla XI se definió que corresponde a Tipo I = aportación periódica de aceite con brocha o aceitera manual.

4) Velocidad, RPM de trabajo de la polea dentada mayor (cilindro de D=17" (43.18 cm.))

$$\text{RPM} = (N_1 * d_1 * z_p) / (\text{Ratio} * d_2 * z_c)$$

$$\text{RPM} = (1750 * 3.5 * 15) / (15 * 8 * 50) = 15.3 \text{ RPM}$$

Eficiencia Mecánica del mecanismo \mathcal{E}

Porcentaje de pérdida de potencia = Hp entrada/Hp salida cilindro * 100

Porcentaje de pérdida de potencia = $2/21.312 * 100 = 0.094 * 100 = 9.4 \%$

Porcentaje de $\mathcal{E} = 1 - 9.4 = 90.6 \%$

3.3.5 Agitación

Es esencial agitar el sólido para homogenizarlo y evitar que se depositen los sólidos en el fondo de la fosa se hace por medio de ramal de tubería con una válvula de compuerta para graduarle su caudal. No es necesario hacer por mucho tiempo la agitación antes de iniciar el proceso pero ya en operación si es necesario de esa forma hacer que sea una mezcla homogénea del sólido y agua antes del bombeo por eso es recomendable agregarle cierta cantidad de volumen de agua con manguera, de lo contrario los sólidos pueden asentarse y no entrar por la bomba.

Figura 33. Tubería de agitación



Fuente: Archivo de empresa analizada

3.3.6 El tablero eléctrico

Los dos interruptores que se encuentran en el tablero, donde se encontrara listos los puntos de conexión para el motor y la bomba sumergible es absolutamente necesario que estos equipos no sean operados sin este tablero y que este cerca del equipo de bombeo y separador de sólidos.

El tablero de control eléctrico tiene interruptores manuales y automáticos para que cada equipo se pueda operar, el modo manual se emplea para establecer las rotaciones y las graduaciones de los reles y el automático para cualquier sobrecarga o caída de amperaje apagará el sistema completo además los fusibles de protección de los motores y luces para indicar como se esta operando y alimentando con una línea trifásica a un voltaje de 440 a 220 V.

Figura 34. **Tablero eléctrico**



Fuente: Archivo de empresa analizada

3.4 Manual de operación

Para una guía rápida del uso correcto del separador de sólidos, se ha desarrollado este manual de operación, con el fin de que cualquiera de los operadores pueda usar como herramienta de este documento para aprender cual es su funcionamiento y puesta en marcha de mismo.

En este manual describe las principales actividades y funciones que se deben de realizar y cumplir para trabajar con el separador sin ningún problema, y así ser una herramienta importantísima de apoyo en la iniciación de nuevos operadores para el separador haciendo de su conocimiento este manual pero es importante tener en cuenta las notas de precaución.

SEGURIDAD EN EL EQUIPO IMPLEMENTADO

Su seguridad y la seguridad de los demás es muy importante

Se ha incluido mensajes importantes de seguridad es este manual y en el equipo. Lea y obedezca siempre todos los mensajes de seguridad.



Este es el símbolo de advertencia de seguridad.

Este símbolo le llama la atención sobre peligros potenciales que pueden ocasionar accidentes o lesiones a usted o a los demás.



Sino sigue las instrucciones de inmediato, puede sufrir lesiones o un accidente



Si no sigue las instrucciones, puede sufrir lesiones o un accidente

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

ADVERTENCIA: Para reducir el riesgo el choque eléctrico, lesiones o accidentes a personas al momento de operar el equipo siga las precauciones básicas, incluyendo las siguientes:

- Lea todas las instrucciones antes de usar el equipo
- Verificar que todas los cables estén bien conectados
- Encender el equipo desde un tablero eléctrico y no por otra conexión
- No limpiar el equipo sin el equipo de protección (lentes, botas, guantes) y al momento de que este en funcionamiento el mismo.
- No permitir que alguna persona ajena a la empresa manipule el mismo
- No manipular cadena y fajas en su funcionamiento
- No cambie piezas o cables sin apoyo técnico del personal de mantenimiento
- No golpee la tubería de succión o descarga puede quebrarse.

El separador de sólidos y equipo que pueda agregarse para el manejo de materiales, son equipos electro-mecánicos que tienen que ser manejados de manera que se produzca un entorno seguro para el o los operarios. En general se recomienda mantener las manos apartadas de todas las partes que están en movimiento, que se desconecte la alimentación eléctrica cuando se esté ajustando o reparando cualquier parte del sistema, que la fosa de sólidos este limpia y evitar introducirse cuando este llena o vacía si llevar los equipos necesarios de seguridad necesarios.

El proceso de separación de sólidos iniciará en el área de la fosa de sólidos succionando los mismos por una bomba sumergible descargándolos al canal o criba para comenzar el proceso de filtración y llegando finalmente a la etapa de compresión descargando los sólidos en una tolva para así enviarlos a reproceso. Partes que componen el separador de sólidos y los operadores son responsables de su graduación y funcionamiento:

1. Bomba sumergible
2. Canal de filtración (criba)
3. Rodillo de caucho
4. Rodillo de lámina perforada
5. Motor Eléctrico y Caja reductora a 90⁰
6. Válvulas de compuerta

Normativa de arranque y apagado del equipo

Para realizar el proceso de arranque es necesario verificar sí las conexiones eléctricas de los equipos están bien, verificar si los rodillos están en perfectas condiciones, criba esta limpia y bomba no esta tapada.

Procedimiento de arranque

- 1. Agregar suficiente agua para que el sólido sea más fluido:** esto se hará con manguera agregando agua antes de encender todo el equipo para que en el sólido se genere una mezcla homogénea.
- 2. Verificar que los cilindros y criba funcionen bien también que se encuentren en buen estado:** verificar que los cilindros estén girando bien y que sus que todos agujeros de la lamina este limpios.
- 3. Asegurar que la cadena de rodillos este bien lubricada y la faja ajustada:** inspeccionar y verificar que la lubricación sea la adecuada en la cadena de rodillos y que la faja se encuentre en buen estado y su tensión sea adecuada.
- 4. Verificar que la barra de teflón este bien tensada por sus resortes:** revisar que los resortes estén ajustados y no vencidos para que el filo de la barra se encuentre a rostro con el cilindro para dejar caer el producto separado a su recipiente
- 5. Abrir las otras válvulas para la descarga del agua ubicadas en la tubería de descarga:** verificar el funcionamiento de las mismas
- 6. Proceder a abrir la válvula situada en la tubería de agitación:** verificar el funcionamiento de la válvula de compuerta.
- 7. Arrancar la bomba sumergible:** se procede a arrancar la bomba para que el sólido sea succionado.
- 8. Arrancar el separador de sólidos e inspeccione la tubería de bombeo:** verificar nuevamente el funcionamiento pero ya activados todos los componentes del separador.
- 9. Graduación de flujo:** está graduación se hará por medio de la válvula de compuerta a un 50 % de su flujo para que comience a subir por la tubería el sólido.

10. Proceso de separación: verificar que tanto en la criba, cilindros y tolva de agua no haya saturación de sólido y líquido de esa forma evitar que se derrame agua al piso, acumulación de sólidos y no pueda darse abasto la tubería de descarga de agua evitando así paros innecesarios del equipo.

Procedimiento de apagado

- 1. Apagar la bomba de sumergible:** por medio del dispositivo ubicado en el tablero eléctrico apagar la bomba para que no sea succionado más el producto.
- 2. Apagar el separador de sólidos:** de igual forma que la bomba apagar todo el motor eléctrico.
- 3. Cerrar la válvula de compuerta de tubería de agitación:** cierre la válvula en la tubería de agitación luego las de tubería de descarga.
- 4. Retirar el producto separado para reprocesarlo:** nuevamente verificar que el producto es bueno y así enviarlo al proceso de cocción.
- 5. Limpieza total del separador de sólidos y área a su alrededor:** proceda a limpiar criba, cilindros y los demás componentes del separador con suficiente agua y utensilios de limpieza. De igual forma toda el área del separador.
- 6. Cierre las válvulas de compuerta de tubería de descarga:** en esta se espera limpiar todo el separador para que toda el agua que se utiliza para la limpieza se pueda descargar a esa tubería.
- 7. Limpie la fosa de sólidos:** se procede a limpiar con suficiente agua.

3.5 Manual de mantenimiento

Para el separador de sólidos se estima una vida útil de aproximadamente 4 años todo lo que concierne a la parte fabricada de lámina y a lo que resta aproximadamente 10 años, esto es debido a el tipo de sólidos que se van a operar proporcionando los cuidados necesarios y los servicios recomendados según el programa de mantenimiento. Para la programación de las rutinas de mantenimiento se van aplicar en dos partes lo que concierne al mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo trata de la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario.

El mantenimiento correctivo sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse.

Antes de comenzar con la programación de mantenimiento es necesario tener en cuenta que una ficha técnica de inventario de los equipos y una ficha de historial puede verse en anexos. Para la programación del plan de mantenimiento preventivo se ha establecido según la siguiente calendarización.

Plan Diario

Realizar una inspección visual desde la bomba hasta el separador de sólidos, para ello se contara con una ficha de inspección con la finalidad de servir de guía para que el personal pueda revisar antes de iniciar su trabajo.

Tabla II. **Ficha de inspección diaria del separador de sólidos**

No.	Equipo	Bueno	Malo	Observaciones
1	Bomba sumergible			
2	Válvula de compuerta y tubería			
3	Válvulas de globo			
4	Canal o criba			
5	Motor eléctrico			
6	Caja reductora			
7	Poleas y faja			
8	Sprocket y cadena de rodillos			
9	Cilindro de caucho			
10	Cilindro de lámina perforada			
11	Chumaceras			

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla III. **Plan semanal**

No	Actividad
1	Inspección visual de todo el sistema de separación
2	Limpieza de cilindros, pieza de teflon y resortes
3	Lubricación de chumaceras y ejes

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla IV. **Plan mensual**

No	Actividad
1	Limpieza y ajustes de rodillos
2	Limpieza de canal (criba)
3	Limpieza de chumaceras por contenido de agua
4	inspección de cadena de rodillo y correa
5	Lavado de tolva de recepción de agua
6	Limpieza exterior del motor
7	inspección de fugas en el sistema de tuberías

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla V. **Plan semestral**

No	Actividad
1	Desmontaje de rodillos para lavado con agua caliente
2	inspección de rodillos y evaluación de su estado
3	Revisión de todas las áreas fabricadas de lámina
4	Inspección de fugas en áreas soldadas
5	Revisión de bomba sumergible, motor eléctrico y resistencia de aislamiento
6	Reengrase de cojinetes

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla VI. **Plan anual**

No	Actividad
1	Limpieza y reajuste a los contactos eléctricos
2	Inspección de correa si ha llegado a las 5000 horas cambiarla
3	Revisión, ajuste y alineación de cadena de rodillos
4	Limpieza y reajuste de todos los tornillos del equipo
5	Revisión de canal (posible sustitución)
6	Cambio de chumaceras
7	Limpieza de tubería del sistema

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla VII. Plan cada tres años

No	Actividad
1	Posible cambio de caja reductora (según fabricante)
2	Cambio de cadena de transmisión de rodillos
3	Servicio completo de motor eléctrico (desmontaje)

Fuente: Instalaciones de empresa analizada

Además, se espera llevar un programa de mantenimiento preventivo de lubricación de las piezas expuestas a desgaste. A continuación se presenta en resumen el listado de estas piezas de lubricante a utilizar y la frecuencia recomendada.

Tabla VIII. Lubricación recomendada para separador de sólidos

PARTE	TIPO DE LUBRICANTE	FRECUENCIA
Ejes de poleas	4UH1-1500 Spray Kluber SAE 30	Cada 4 semanas
Ejes de cilindros	4UH1-1500 Spray Kluber SAE 30	Cada 4 semanas
Chumaceras y Cadena de rodillos	Grasa Multifak AFB 2	Cada 2 semanas
Caja reductora	Meropa 460 Texaco	Si fuera necesario

Fuente: Instalaciones de empresa analizada

Tabla IX. Problemas comunes en el equipo

Equipo	Problema	Causa probable
Bomba Sumergible	No arranca	1. Revisar flipon
		2. Se disparo la protección
		3. Embobinado quemado
	No succiona	1. Se contamina el lubricante
		2. Puede estar cerrada la válvula
		3. Impeler dañado
		4. Tapón en la succión de la bomba
	fuga de aceite	1. Que no este apretado el tapón
		2. Nivel de aceite muy alto (difícilmente se detectará fuga)
		3. Retenedor en mal estado
		4. Impulsor quebrado
Motor Eléctrico	No arranca	1. Embobinado quemado
		2. Sobrecarga en el motor
		3. Motor atrancado
Caja Reductora	Ruido Excesivo	1. Dientes de engranajes quebrados
		2. Mala lubricación
	Fuga de aceite	1. Retenedor de caja en mal estado
Cadena Rodillos	Ruido excesivo	1. Desalineación de las ruedas
		2. Incorrecto tensado de la cadena (muy floja o muy tensado)
		3. necesidad de lubricación
	Rotura de pasadores	1. Velocidad muy elevada
		2. pequeño número de dientes en las ruedas
		3. Cargas extremas de impacto
	Desgaste de articulaciones	1. Alargamiento de cadena por desgaste
Cadena rígida		1. Escasa lubricación
		2. Sobre cargas excesivas
Canal o criba	No filtra el agua	1. Tapados los agujeros de lámina
	Fuga de sólido	1. Canal con demasiada corrosión
Cilindro de caucho	Desbalanceado	1. No esta bien concentrado su peso
	Desgaste de ejes	1. Demasiada fricción entre las chumaceras
	desgaste de caucho	1. demasiada fricción entre el cilindro de lamina
Cilindro de lámina	Desbalanceado	1. No esta bien concentrado su peso
	Desgaste de ejes	1. Demasiada fricción entre las chumaceras
	Desgaste de cilindro	1. demasiada corrosión
	No filtra agua	1. Tapados los agujeros de lámina
Chumaceras	Cuna quebrada	1. Demasiada fricción entre el eje
	Demasiado ruido	1. Mala lubricación

Fuente. Catálogos de equipos

Tabla X. **Stock de repuestos**

Descripción de repuestos
2 chumaceras NTN F215
2 chumaceras NTN F205
Juego de tornillos de 5/8 x 2 Plg, 3/4 x 2 1/2 Plg, 7/16 x 5 Plg
4 Codos a 90
1 Válvula de compuerta 3 plg
1 Pliego de teflón 1/2" de espesor
1 Cadena de rodillos de L= 51 Plg, paso 50
1 Correa trapezoidal B38
1 sprocket 15 dientes paso 50

Fuente. Bodega de empresa analizada

3.6 Análisis de rendimiento

Para determinar el rendimiento es importante antes saber de algunos factores que pueden influir como lo es la cantidad de pollos sacrificados que oscila entre 80,000 y 120,000 pollos diarios de los que se tomarán como parámetro para la recepción de subproductos que sean provenientes del pollo beneficiado, también influye este factor como el tamaño del sólido es aproximadamente 1/16 a 1", operando así un exceso aproximado de 45 a 55% de humedad o agua, que del total de sólidos recaudados en la fosa es del 21.88 % del volumen de la fosa.

El rendimiento es el que indica si el equipo funciona a los máximos niveles esperados. Es posible que en el equipo tenga una alta disponibilidad, sin embargo, debido a los problemas técnicos no puede operar con el nivel de eficiencia más alta posible. Por eso es importante tener en cuenta que existen pérdidas de rendimiento del equipo y es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros las pérdidas de rendimiento y son cuando:

1. Tiempo de operación: es el tiempo durante el cual el equipo funciona para separar los sólidos en el tiempo máximo.
2. Tiempo de producción normal: son pérdidas de rendimiento que se producen cuando un el equipo trabaja por debajo de su nivel estándar.

Las pérdidas son las siguientes: pérdidas de velocidad por no operar el equipo en su nivel de diseño, paradas programadas (mantenimiento), taponamiento de tuberías y bomba, fugas, mala separación de sólidos que impide que el proceso alcance su máxima capacidad, mala operación del equipo, pequeñas paradas por atascamientos del producto, pérdidas de velocidad en motores eléctricos por disminución temporal de tensiones, por averías en equipo.

Cálculo de rendimiento

Este va representar el índice de efectividad del proceso asumiendo que el equipo no tiene paradas programadas de ningún tipo. Debido a la dificultad de obtener datos de todas las pequeñas paradas y pérdidas, donde esta forma de cálculo incluye la totalidad de factores que reducen el rendimiento, pero tiene la desventaja de ocultar los detalles de las causas principales de las pérdidas de rendimiento.

$$\text{RENDIMIENTO} = p / P * 100$$

Donde:

p= nivel medio de producción actual

P= nivel teórico de producción

$$\text{RENDIMIENTO} = 4.5 \text{ Horas} / 6 \text{ horas} * 100 = 75 \%$$

Se puede determinar que un separador a una baja eficiencia representa una pérdida de sólido de valor y un costo de operación del equipo alto para lo cual se puede decir que el equipo opero dentro de las primeras semanas a baja eficiencia debido a que se comenzaron con pruebas del mismo, ajustes, factores anteriormente descritos y modificaciones para lo cual nos demuestra que el equipo no se encuentra funcionando correctamente al momento de separar los sólidos.

Para lo que corresponde al porcentaje de eficiencia se llevo a alcanzar entre 70 - 80 %, donde influyen varios factores como lo son las perdidas, las horas de operación y los quintales producidos por separación, gran parte influye el porcentaje de rendimiento al flujo de alimentación y la velocidad de separación de sólidos entre los cilindros, como la alimentación contienen un rango de propiedades tanto del producto a separar como del líquido debido a su peso específico.

El comportamiento del fluido dentro del separador de sólidos puede permitir suficiente residencia para alcanzar su punto de equilibrio y una salida a través de la adecuada corriente de descarga. Entonces, se puede concluir que el separador de sólidos se encuentra entre los parámetros establecidos donde la eficiencia de un separador puede estar entre 2 y 40 m³/h de flujo y un rendimiento de 70 a 100 %, por lo que las especificaciones del separador se encuentran dentro de este rango establecido por algunos fabricantes.

CONCLUSIONES

1. Actualmente para el tratamiento de aguas residuales, cuentan con un sistema de lagunaje para tratar dichas aguas y uno de los factores difíciles son los sólidos provenientes del proceso, que hace difícil el tratamiento, incrementa costos y dificulta el no contaminar el medio ambiente.
2. Este tipo de empresas, por su naturaleza son de contribución al medio ambiente, en donde actualmente tienen un costo de tratamiento de sólidos post proceso, que puede disminuir con la implementación de un separador de sólidos.
3. Por la necesidad de incorporar un separador para la variabilidad de sólidos fue conveniente utilizar un separador con el principio de filtración y compresión, el cual se logra la filtración, mediante un canal o criba y la compresión a través de un cilindro perforado contra otro de un material blando.
4. De acuerdo a la variabilidad de la emisión de aguas residuales es necesario incorporar un equipo de bombeo con capacidad de 60 a 90 GPM, con ello se estaría cubierto para cualquier aumento inesperado de dichas aguas. A su vez el separador debe trabajar con el 50% del bombeo para alcanzar la mayor eficiencia, caso contrario disminuye dicha eficiencia

5. Hay que tomar en cuenta que el personal operativo y de mantenimiento debe estar debidamente capacitados para su función, para ello está el documento de apoyo de los manuales ya sea de operación o de mantenimiento, estos son algunos de los factores que contribuirán a que el equipo funcione correctamente y que su rendimiento sea el esperado.

RECOMENDACIONES

1. Para el uso adecuado del separador de sólidos se debe de capacitar a los operadores del separador, para que este conozca el separador en su totalidad y evitar mal manejo del equipo o daño en su estructura.
2. El operador del separador de sólidos debe ser ágil en sus ajustes y responsable en el uso del separador. Se sugiere que el personal sea rotativo para la operación, el cual será importante la experiencia de uso que se adquiriera y el manejo que se obtenga representará un rendimiento bueno en el separador de sólidos.
3. Es importante cumplir con las rutinas de mantenimiento establecidas en el manual de mantenimiento, para que el separador de sólidos este en funcionamiento, a fin de mantener en constante capacitación al personal para que este actualizado y sea más eficiente en su labor al servicio de la empresa.
4. Verificar a corto plazo la cantidad de agua que se agregará al sólido, que este no sea demasiado, debido a que podría aprovecharse mejor el sólido y separar mayor cantidad del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fan Engineering **Manual de operación para exprimidores de separadores de sólidos**, Marzo 1993.
2. M.F. Spott, **Proyecto de elementos de máquinas**, 2da. Edición, Editorial Reverte, S.A. España 1976.
3. Gordon Maskew Fair, Jhon Charles Gueyes, Daniel Alexander Okun **Ingeniería sanitaria y de aguas residuales**, Volumen 4, Grupo Nogiera Editores.
4. Ockerman, Hw. **Industrialización de subproductos de origen animal**, Editorial Acriba, S.A. Zaragoza España 1994.
5. **Manual de mantenimiento industrial**, Mc Graw Hill, México.
6. Abril Toribio Lester Omar Eduardo, Compendio para el diseño e instalación de transportadores de alimentos, empleando banda modular de plástico. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2005 p7-9
7. Alvarez Maldonado Erick Jony, Implementación de mantenimiento productivo total, para incrementar la productividad global de equipos en una planta industrial de alimentos. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2001 p40-45

8. **www.separadoresdesolidos.com**

9. **Catálogos de Engomix**

10. **Manuales de bombas de sólidos, motores eléctricos y reductores de fabricante.**

APÉNDICE

CÁLCULO DE VOLUMEN DE FOSA

- Volumen Total de Fosa: en esta área es donde se concentra parte de los sólidos depositados, agua y parte de tolva.

Ancho: 0.965 m

Largo: 1.49 m

Alto: 0.65 m

$$V_T = 0.965 * 1.49 * 0.65$$

$$V_T = 0.93 \text{ m}^3$$

- Volumen total de las gradas: estas son 2 gradas de las cuales esta dentro de la fosa.

Grada 1

Ancho = 0.65 m.

Largo = 0.61 m

Alto = 0.673 m

$$V_1 = 0.267 \text{ m}^3$$

Volumen de grada

Ancho = 0.65 m

Largo = 0.318 m

Alto = 0.36 m

$$V_G = 0.074 \text{ m}^3$$

$$V_{TG} = 0.267 - 0.074$$

$$V_{TG} = 0.193 \text{ m}^3$$

➤ Volumen de la grada subterránea de sólido

Ancho = 0.65 m

Largo = 0.813 m

Alto = 0.584 m

$V_T = 0.31 \text{ m}^3 = 310 \text{ Lts.}$

➤ Volumen total de la fosa

Volumen de fosa

Ancho = 0.65 m

Largo = 2 m

Alto = 1.7 m

$V_f = 2.21 \text{ m}^3$

Volumen total de la fosa

$V_T = 2.21 - 0.193 + 0.31$

$V_T = 2.33 \text{ m}^3 = 2330 \text{ Lts}$

➤ Volumen total de sólidos

Ancho = 0.65 m

Largo = 0.81 m

Alto = 0.38 m

$V_s = 0.20 \text{ m}^3 = 200 \text{ Lts}$

$V_{TS} = 200 + 310$

$V_{TS} = 510 \text{ Lts}$

En volumen total de los sólidos fueron obtenidos respecto a las dimensiones de la fosa de la planta de los cuales este valor es generado durante el proceso de los turnos de producción, derivadas de las actividades anteriormente descritas en donde el volumen total de los sólidos es de 510 Lts.

CÁLCULO DE PÉRDIDAS, ALTURA DE BOMBA Y PESO ESPECÍFICO

Ecuaciones para cálculos de tubería

1) Velocidad en m/s

$$V = Q/A$$

2) Número de Reynolds

$$R = v*d/v_p$$

3) Ecuación de Poiseuille para líquidos viscosos

$$h_L = L (32/g) (v/d^2) [n/w + 1/6(T_y/p) (d/v)]$$

4) Pérdida de energía debido a la fricción (se tomaron los datos de la tabla para las pérdidas en los accesorios de la tabla)

$$h_f = f*L/d*v^2/2g; h_f = K*v^2/2g$$

5) Ecuación de energía

$$(P_1/w + v^2_1/2g + z_1) + H_B = (P_2/w + v^2_2/2g + z_2) + h_f + h_L$$

6) Peso específico Volátil

$$S_s = 250 / (110 + 1.5 (p_v))$$

Donde:

Q= caudal de la bomba

A= área de la tubería

V_p = Coeficiente de rigidez cinemática ($46.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

h_L = es la pérdida en pies de columna de sólidos

L y d = son la longitud y diámetro de la tubería

v = velocidad de los sólidos y de su líquido transporte (0.83 m/s o 2.7224 p/s)

n y T_y = son cu coeficiente de rigidez y el esfuerzo de corte en el punto de fluencia.

w = su densidad

n/w = su viscosidad cinemática [$5 \times 10^{-4} \text{ p}^2/\text{s}$ o ($4650 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$)

$T_y/p = 1.5 \times 10^{-3} (\text{p/s})^2$ o ($30.48 \text{ cm/s})^2$]

g= gravedad ($9.8 \text{ m}^2/\text{s}$ o $32.3 \text{ p}^2/\text{s}$)

f= es un dato que se encontrada en el Diagrama de Moody

K = constante de entrada de cuadrada de tubería

P_1 y P_2 = presión en el punto 1 y 2

z_1 y z_2 = altura en el punto 1 y 2

H_B = carga hidrostática a través de la bomba

e/d = rugosidad relativa (0.00118)

p_v = constante de sólidos volátiles es de 0.5

Tabla XI. Resistencia en válvulas y juntas expresada como longitud equivalente en diámetros de conducto, L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de conducto, L/D
Válvula de globo—completamente abierta	340
Válvula de ángulo—completamente abierta	150
Válvula de compuerta—completamente abierta	8
—3/4 abierta	35
—1/2 abierta	160
—1/4 abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo de bola	150
Válvula de mariposa—completamente abierta	45
Codo estándar de 90°	30
Codo de radio de largo de 90°	20
Codo de calle de 90°	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de calle de 45°	26
Codo de devolución cerrada	50
Te estándar—con flujo a través de un tramo	20
Te estándar—con flujo a través de una rama	60

Fuente: Robert Mott, Mecánica de Fluidos, 1998

Cálculos

$R = (0.83 \cdot 0.07620) / 46.5 \times 10^{-6} = 1,360.13$; del Diagrama de Moody $f = 0.04$

$R = (0.415 \cdot 0.07620) / 46.5 \times 10^{-6} = 680.06$; del Diagrama de Moody $f = 0.048$

El número de reynold nos indica que es un flujo laminar

$$(P_1/w + v_1^2/2g + z_1) + H_B = (P_2/w + v_2^2/2g + z_2) + h_f + h_L$$

$$H_B = z_2 + h_f + h_L$$

$$h_L = L (32/32.2)(2.7224/(0.25)^2)[5 \times 10^{-4} + 1/6(1.5 \times 10^{-3})(0.25/2.7224)] = L(0.022637714)$$

$$h_{L1} = 2 (3.28) (0.022637714) = 0.1485 \text{ p}$$

$$h_{L2} = 0.40 (3.28) (0.022637714) = 0.2988 \text{ p}$$

$$h_L = L (32/32.2) (1.3612/(0.25)^2)[5 \times 10^{-4} + 1/6(1.5 \times 10^{-3})(0.25/1.3612)] = L(0.011318857)$$

$$h_{L3} = 0.75 (3.28) (0.011318857) = 0.029 \text{ p}$$

$$h_{L4} = 1 (3.28) (0.011318857) = 0.0388 \text{ p}$$

$$h_{L5} = 0.5 (3.28) (0.011318857) = 0.0187 \text{ p}$$

$$h_{L6} = 3.5 (3.28) (0.011318857) = 0.1358 \text{ p}$$

$$h_{L7} = 2.38 (3.28) (0.011318857) = 0.0891 \text{ p}$$

$$h_{L8} = 0.25 (3.28) (0.011318857) = 0.0094 \text{ p}$$

$$h_{L9} = 1.75 (3.28) (0.011318857) = 0.0656 \text{ p}$$

$$h_{L10} = 0.75 (3.28) (0.011318857) = 0.0281 \text{ p}$$

$$h_{L11} = 0.20 (3.28) (0.011318857) = 0.0075 \text{ p}$$

$$h_{L12} = 3.20 (3.28) (0.011318857) = 0.1240 \text{ p}$$

$$h_{L13} = 2.35 (3.28) (0.011318857) = 0.0880 \text{ p}$$

$$h_{L14} = 0.20 (3.28) (0.011318857) = 0.0075 \text{ p}$$

$$h_{LT} = 1.09 \text{ p} = 0.332 \text{ m}$$

$$h_{f1} = (0.094) (10) (30) [(0.415)^2/2(9.8)] = 0.2478 \text{ m}$$

$$h_{f2} = (0.094) (2) (20) [(0.415)^2/2(9.8)] = 0.033 \text{ m}$$

$$h_{f3} = (0.094) (160) [(0.415)^2/2(9.8)] = 0.132 \text{ m}$$

$$h_{f4} = (0.094) (3)(8)[(0.415)^2/2(9.8)] = 0.0198 \text{ m}$$

$$h_{f5} = (0.5) [(0.415)^2/2(9.8)] = 0.044 \text{ m}$$

$$h_{fT} = 0.437 \text{ m}$$

$$H_B = 6.78 + 0.332 + 0.437 = 7.55 \text{ m}$$

$$\text{Peso específico} = (75) / (7.55) = 9.93 \text{ N/m}^3$$

$$\text{Peso específico volátil} = 250 / (110 + 1.5 (0.5)) = 2.25 \text{ N/m}^3$$

Cálculo de correas

1) Fuerza máxima o total en la correa (Kg.)

$$F = T_1 + T_b + T_c$$

2) Potencia

$$hp = (T_1 + T_2) V / 75$$

$$V = \pi dn / 6000 \text{ (m/s)}$$

3) Fuerza de flexión

$$T_b = K_b / d$$

4) Fuerza centrífuga (Kg.)

$$T_c = K_c V^2 / 100000$$

5) Velocidad (m/s)

$$V = \pi dn / 6000$$

6) Número máximo de fuerza N

$$N = (Q/F)^x$$

7) Pasadas de correa por minuto

$$p/m = 60V/l$$

Donde:

T_1 y T_2 = son las tensiones en los dos lados tractor y arrastrado

T_{b1} y T_{b2} = son fuerzas adicionales que se producen por la flexión alrededor de las poleas

n = RPM del motor

d = diámetro primitivo de la polea en cm.

K_b y K_c = son una constante de la tabla XII

Q y x = son constantes que viene dadas por la tabla XIII

Tabla XII. Constantes de proyecto para correas trapezoidales K_b y K_c

Sección	K_b	K_c	Fuerza máxima F		
			Para 10^8	Para 10^9	Para 10^{10}
A	253	0,987	58	47	
B	664	1,698	100	81	
C	1 843	3,020	178	145	
D	6 544	6,156	363	295	
E	12 501	8,872	523	425	
3V	265	0,748	75	63	50
5V	1 265	2,142	174	145	102
8V	5 565	5,787	384	320	256

Fuente: M.F. Spott, Proyecto de elementos de máquinas

Tabla XIII. Constantes de proyecto para correas trapezoidales Q y x

Sección	10^8 - 10^9 Máximos de fuerza		10^9 - 10^{10} Máximos de fuerza		Diámetro mínimo de la polea
	Q	x	Q	x	
A	306	11,089			7,62
B	541	10,924			12,70
C	924	11,173			21,59
D	1 909	11,105			33,02
E	2 749	11,100			54,86
3V	330	12,464	482	10,153	6,73
5V	750	12,593	1 086	10,283	18,03
8V	1 650	12,629	2 383	10,319	31,75

Fuente: M.F. Spott, Proyecto de elementos de máquinas

8) Distancia entre centros de poleas desiguales

$$c = \frac{1}{4} [H + (H^2 - 8 (r_2 - r_1)^2)^{1/2}]$$

$$9) \quad H = l - \pi(r_2 + r_1)$$

Donde

r_2 y r_1 = es el radio de la polea mayor y polea menor

l = longitud de la correa

10) Ángulo de contacto

$$\cos \psi = (r_2 - r_1) / c$$

Razón T_1 / T_2 se encuentra en tabla XIV

Figura XIV. Razón T_1 / T_2 para correas trapezoidales para diversos valores del ángulo de contacto

Ángulo de contacto 2ψ	$\frac{T_1}{T_2}$						
180°	5,00	155°	4,00	130°	3,20	105°	2,56
175	4,78	150	3,82	125	3,06	100	2,44
170	4,57	145	3,66	120	2,92	95	2,34
165	4,37	140	3,50	115	2,80	90	2,24
160	4,18	135	3,34	110	2,67		

Fuente: M.F. Spott, Proyecto de elementos de máquinas

11) Número de pasadas determinada por los efectos combinados de ambas poleas

$$1/N' = 1/N_1 + 1/N_2$$

12) Vida probable de la correa = N' / (pasadas por min) (60)

Planteamiento: La correa es de sección B, tiene una longitud primitiva de 123.2 cm. transmitiendo una potencia de 2 HP, una velocidad de 1750 RPM y de diámetros 3.5 plg (8.89cm) y 8 plg (20.32).

Cálculos de polea menor

$hp = 2 * 1.3 = 2.6$ hp que es la potencia del proyecto

$$V = \pi(8.89*1750)/6000 = 8.15 \text{ m/s}$$

$$H = 123.2 - \pi(4.445 + 10.16) = 77.32$$

$$c = \frac{1}{4} [77.32 + ((77.32)^2 - 8(10.16 - 4.445)^2)^{1/2}] = 38.23 \text{ cm.}$$

$$\Psi = \cos^{-1} [(10.16 - 4.445)/38.23] = 81.4^\circ \text{ y } 2\Psi = 162.8^\circ$$

$$T_1 / T_2 = 4.29 \text{ (por tabla XIV)}$$

$$hp = (T_1 + T_2) V / 75 \text{ o } T_1 - 0.2331T_1 = (75*2.6)/8.15$$

$$T_1 = 31.20 \text{ Kg. y } T_2 = 7.27 \text{ Kg.}$$

$$T_{b1} = 664 / 8.89 = 74.69 \text{ Kg. (K}_b \text{ en tabla XII)}$$

$$T_c = 1698(8.15)^2 / 100000 = 1.13 \text{ Kg. (K}_c \text{ en tabla XII)}$$

$$F = 31.20 + 74.69 + 1.13 = 107.02 \text{ Kg.}$$

$$N = (541/107.02)^{10924} = 130,900,000 \text{ Kg. (Q y x en tabla XIII)}$$

Cálculos de polea mayor

$$T_1 = 31.20 \text{ Kg.}$$

$$T_{b1} = 664 / 20.32 = 32.68 \text{ Kg. (K}_b \text{ en tabla XII)}$$

$$T_c = 1698(8.15)^2 / 100000 = 1.13 \text{ Kg. (K}_c \text{ en tabla XII)}$$

$$F = 31.20 + 32.68 + 1.13 = 65.01 \text{ Kg.} = 65.01 \text{ Kg.}$$

$$N = (541/65.01)^{10924} = 550,000,000 \text{ (Q y x en tabla XIII)}$$

Para las dos poleas

$$1/N' = 1/130,900,000 + 1/550,000,000 = 105,735,056.5 \text{ Kg.}$$

$$\text{Pasadas de correa /min} = 60(8.15)/1.232 = 397$$

$$\text{Vida probable} = 105,735,056.5 / (397*60) = 4439 \text{ horas}$$

Cálculo de cadenas de transmisión

Para el cálculo de la cadena de rodillo de la figura anterior es importante saber que esta proporciona un método eficiente y fácilmente utilizable para transmitir potencia entre ejes paralelos, las tolerancias para una transmisión por cadena son mayores que para los engranajes y su instalación es relativamente sencilla para las cuales vienen determinadas las siguientes fórmulas:

1) Fórmula para el cálculo de HP requeridas en cadena de rodillos

$$S = \frac{P_C \cdot N \cdot n}{12}$$

donde: S= velocidad de la cadena
P_C= paso de cadena
N= número de dientes sprocket motriz
n = rpm de sprocket motriz

$$S = \frac{5}{8} \cdot 15 \cdot 51.04 / 12 = 39.84$$

Peso de la cadena

$$P = [2.1(W) + M](F_r C)$$

Donde:

W= Peso de la cadena según catalogo mas peso del mecanismo que mueve.

M= peso del material por unidad de long.

F_r = coeficiente de fricción para cadenas std es 1

C= distancia entre centros

$$P = [2.1(27) + 2](1 \cdot 29.52) = 1,732.84 \text{ lbs}$$

$$HP = P \cdot S / 33,000 = 1,734.84 \cdot 39.84 / 33,000 = 2.09 \text{ hp}$$

2) Capacidad de potencia de las cadenas de rodillos (fatiga de la lámina de unión)

$$hp = 0.004(N_1)^{1.08} (n_1)^{0.9} (p)^{3.0 - 0.07p}$$

Donde:

N_1 = número de dientes de la rueda dentada menor

n_1 = velocidad, RPM, de la rueda dentada menor

p = paso de la cadena en pulgadas, varios datos tomados de la tabla VIII.

Tabla XV. Dimensiones de la cadena de rodillos de transmisión normalizada

Cadena N.º	Paso p, pulg.	Rodillo		Diámetro del pasador d, pulg.	Espesor de las láminas de unión a	Resistencia media a la rotura kg	Peso por metro kg.
		Diámetro H pulg.	Anchura E pulg.				
25*	1/4	0.130*	1/8	0.0905	0.030	397	0,125
35*	3/8	0.200*	3/16	0.141	0.050	953	0,312
41†	1/2	0.306	1/4	0.141	0.050	907	0,416
40	1/2	5/16	5/16	0.156	0,060	1 678	0,610
50	5/8	0.400	3/8	0.200	0,080	2 767	1,010
60	3/4	15/32	1/2	0.234	0,094	3 856	1,488
80	1	5/8	5/8	0.312	0,125	6 600	2,515
100	1-1/4	3/4	3/4	0.375	0,156	10 900	3,705
120	1-1/2	7/8	1	0.437	0,187	15 400	5,460
140	1-3/4	1	1	0.500	0,219	20 900	7,335
160	2	1-1/8	1-1/4	0.562	0,251	26 300	9,568
180	2-1/4	1-13/32	1-13/32	0.687	0,281	34 500	12,946
200	2-1/2	1-9/16	1-1/2	0.781	0,312	43 000	15,640
240	3	1-7/8	1-7/8	0.937	0,375	59 000	25,150

Fuente: M.F. Spott, Proyecto de elementos de máquinas

2) Relación de transmisión

$$i = z_c / z_p$$

3) Largo de la cadena

$$L = (z_p + z_c) / 2 + A + X/A + Y; A = (2 \cdot C) / p$$

Para el cálculo de la distancia entre centros ver tabla en apéndice.

Donde:

z_c = cantidad de dientes de la rueda dentada mayor

z_p = cantidad de dientes de la rueda dentada menor

p = paso de la cadena

C = distancia entre centros

X = factor obtenido de la tabla siguiente en función de $(z_c - z_p)$

Y = valor a agregar para que "L" sea una cifra entera y par

RPM de entrada del reductor = $(1750 \cdot 3.5) / 8 = 765.6$ RPM

RPM de salida del reductor = $765.6 / 15 = 51.04$ RPM

$hp = 0.004(15)^{1.08} (51.04)^{0.9} (0.625)^{3.0 - 0.07(0.625)} = 6.40$ hp

$i = 50 / 15 = 3.333$

$p = 5/8$ " (15.875 mm); $C = 750$ mm

$A = (2 \cdot 750) / 15.875 = 94.5$

$X = 50 - 15 = 35$; según valor de tabla $X = 56.29$

$L = (15 + 50) / 2 + 94.5 + 56.29 / 94.5 + 0.41 = 128$ cm

Tabla XVI. **Velocidad permisible de la cadena en m/s, para diferentes tipos de lubricación**

TIPO	Número de cadena y paso, en pulgadas												
	25	35	40-41	50	60	80	100	120	140	160	180	200	240
	1/4	3/8	4/8	5/8	6/8	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	3
I	2.5	2	1.5	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
II	12.5	8.5	6.5	5	3.5	3.5	2.5	2	2	1.5	1.5	1.5	1
III	18	14	11.5	10	9	7.5	6.5	6	5.5	5	5	4.5	4
IV	Mayor que la velocidad máxima permisible												

Fuente: M.F. Spott, Proyecto de elementos de máquinas

De la tabla XII la del cual se definió que corresponde a Tipo I = aportación periódica de aceite con brocha o aceitera manual.

4) Velocidad, RPM de trabajo de la polea dentada mayor (cilindro de D=17" (43.18 cm.))

$$\text{RPM} = (N_1 * d_1 * z_p) / (\text{Ratio} * d_2 * z_c)$$

Donde:

N_1 = velocidad, RPM del motor

d_1 = diámetro de la polea menor

d_2 = diámetro de la polea mayor

Ratio = es la relación 15:1

z_c = cantidad de dientes de la rueda dentada mayor

z_p = cantidad de dientes de la rueda dentada menor

$$\text{RPM} = (1750 * 3.5 * 15) / (15 * 8 * 50) = 15.3 \text{ RPM}$$

FICHA TÉCNICA DE INVENTARIO DE EQUIPOS

Tabla XVII. Ficha técnica de inventario de bomba sumergible

Equipo: BOMBA TIPO SUMERGIBLE	ubicación: Fosa de sólidos
Tipo: SEWAGE PUMP	Datos adicionales:
Marca: GOULDS 3887	
Modelo: WS20BHF	
30 Pies de carga dinámica	
Capacidad de manejo de sólidos de 2 plg.	
Acoplada al motor eléctrico	
2HP, 230V, 60Hz, 3 fases, 1750 RPM	

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla XVIII. Ficha técnica de inventario de motor eléctrico

Equipo: MOTOR ELECTRICO	ubicación: Separador de Separador
Tipo: RGEZ	Datos adicionales:
Marca: SIEMENS	
Potencia: 2 HP	
Velocidad:1750 RPM	
Diámetro del eje: 13/16 plg	
Cuñero:1/4 * 1/4 plg	
Diámetro de Polea: 3 1/2 plg	

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla XIX. Ficha técnica de inventario de caja reductora

Equipo: CAJA REDUCTORA A 90⁰	Ubicación: Separador de Sólidos
Marca: MOTOVARIO	Datos Adicionales
Ratio: 15:1	
Diámetro de eje entrada: 1 plg	
Diámetro de eje salida: 1 1/16 plg	
Cuñeros: 1/4 * 1/4 plg	
Polea de entrada: 8 plg	
Sprocket salida: 15 dientes, paso 50	

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla XX. Ficha técnica de inventario de cilindro de caucho

Equipo: CILINDRO DE CAUCHO	Ubicación: Separador de Sólidos
Marca: FH1	Datos Adicionales:
Eje de frontal: 1 1/4 plg	
Cuñero: 5/16 * 1/4 plg	
Eje trasero: 1 3/4	
Chumaceras: NTN F 209	

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla XXI. Ficha técnica de inventario de cilindro rolado de lámina

Equipo: CILINDRO ROLADO DE LAMINA	Ubicación: Separador de Sólidos
Marca: FH1	Datos adicionales:
Eje frontal: 1 5/16 plg	
Cuñero: 5/16 * 1/4 plg	
Eje trasero: 2 15/16 plg	
Chumaceras: NTN F215	
Sprocket de entrada: 50 dientes, paso 50	

Fuente: Archivo de empresa analizada

Tabla XXII. Ficha de historial de fallas

Fecha	Equipo	Mantenimiento	Trabajo Realizado	Material

Fuente: Archivo de empresa analizada