



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

**DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA
DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE
ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**

Carlos Eduardo Cano Morán

Asesorada por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS EDUARDO CANO MORÁN

ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Estuardo de León Maldonado
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 12 de marzo de 2018.



Carlos Eduardo Cano Morán

Guatemala, 9 de septiembre 2019

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ciudad

Estimado Ingeniero Urquizú:

Deseando que sus actividades se estén realizando de la mejor manera, me permito dirigirme a usted para informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado "**DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**" elaborado por el estudiante Carlos Eduardo Cano Morán, de la carrera INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL, con número de carné 201403781. A mi criterio, cumple con los objetivos trazados según el protocolo presentado, por lo que lo apruebo.

Sin otro particular me despido de usted

Atentamente



Alejandro Estrada Martínez
Ingeniero Mecánico Industrial

Alejandro Estrada Martínez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 5305



REF.REV.EMI.121.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Eduardo Cano Morán**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Ingeniero en Mecánica Industrial
Colegiado No. 4,317

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2019.

/mgp



REF.DIR.EMI.020.020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Eduardo Cano Morán**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2020.

/mgp



Ref. DTG.066.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO, EN UNA EMPRESA DE MORTEROS SECOS Y AGREGADOS, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE MATERIA PRIMA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Eduardo Cano Morán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre

Isabel Morán, por guiar mi camino, ser ese ángel
en la tierra que está a mi lado.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi madre	Isabel Morán, por darme la vida, su inmenso amor, valores y su ejemplo. Por ser en quién sustento cada paso que doy, mi apoyo, mi fortaleza. Eres lo que más quiero en esta vida.
Mi hermana	Licenciada Stephanie Cano, por ser mi apoyo, segunda madre, fuente de admiración y ejemplo.
Mi familia	Cano Morán, por compartir los momentos más especiales a mi lado.
Mis amigos	Por ser una influencia positiva en mi carrera estudiantil.
Mi novia	Por ser una motivación y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SIMBOLOS.....	XV
GLOSARIO.....	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XIXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Empresa.....	1
1.1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.2. Localización.....	2
1.1.3. Objetivos de la empresa.....	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Misión.....	3
1.1.6. Valores.....	3
1.1.7. Estructura organizacional.....	4
1.1.7.1. Organigrama.....	4
1.1.7.2. Descripción de las atribuciones.....	5
1.1.7.2.1. Gerencia financiera.....	5
1.1.7.2.2. Contabilidad.....	5
1.1.7.2.3. Compras.....	5
1.1.7.2.4. Gerencia técnica y operaciones.....	6
1.1.7.2.5. Seguridad industrial y ambiente.....	6

	1.1.7.2.6.	Producción	6
	1.1.7.2.7.	Bodega.....	6
	1.1.7.2.8.	Gerencia comercial	7
	1.1.7.2.9.	Recursos humanos	7
	1.1.7.2.10.	Asesoría legal	7
	1.1.7.2.11.	Auditoría.....	7
1.2.		Tanques de almacenaje	8
1.2.1.		Definición.....	8
1.2.2.		Definición de productos	8
	1.2.2.1.	Según el grado de protección atmosférica.....	8
	1.2.2.2.	Según el tipo de material almacenado	9
	1.2.2.3.	Según su función logística de distribución	10
	1.2.2.4.	Según su equipamiento y técnicas de manipulación	11
	1.2.2.5.	Según su régimen jurídico.....	11
1.3.		Silos	12
1.3.1.		Descripción.....	12
1.3.2.		Partes principales.....	12
1.3.3.		Definición.....	17
1.3.4.		Clasificación	17
	1.3.4.1.	Tamaño	17
	1.3.4.2.	Geometría	18
	1.3.4.3.	Patrón de flujo	20
	1.3.4.4.	Configuración	21
		1.3.4.4.1. Unicelulares	21
		1.3.4.4.2. Multicelulares	21
	1.3.4.5.	Material estructural	22

	1.3.4.5.1.	Metálicos	22
	1.3.4.5.2.	Hormigón armado.....	26
1.4.	Diseño del silo		28
1.4.1.	Reseña de teorías relacionadas a diseño a partir de ensayos experimentales		28
1.4.1.1.	Teoría de presiones hidrostáticas en el diseño de un silo.....		28
1.4.1.2.	Ensayos de Isaac Roberts		29
1.4.1.3.	Teoría de Pleizner.....		29
1.4.1.4.	Teoría de Airy		30
	1.4.1.4.1.	Ecuaciones de presiones laterales	30
1.4.1.5.	Teoría de Marcel Reimbert		30
1.4.1.6.	Teoría de Caughey, Tooles, Scheer		31
1.4.1.7.	Teorías de Hoffman, Caquot y Despeyroux.....		32
1.4.1.8.	Teorías de Kvapil.....		33
1.5.	Normas alemanas DIN 1055 (Norma alemana referente al diseño de silos).....		33
1.5.1.	Definición y alcance.....		33
	1.5.1.1.	Definición	33
	1.5.1.3.	Alcance	34
1.5.2.	Cálculo de cargas		37
	1.5.2.1.	Cargas a profundidad	39
		1.5.2.1.1. Finita.....	39
		1.5.2.1.2. Infinita.....	40
	1.5.2.2.	Influencias incrementadoras de carga ...	41
1.6.	Mantenimiento		41
1.6.1.	Definición		42

	1.6.1.1.	Clasificación	42
		1.6.1.1.1. Mantenimiento preventivo.....	42
		1.6.1.1.2. Mantenimiento correctivo.....	43
1.7.		Morteros.....	43
	1.7.1.	Definición.....	43
	1.7.2.	Usos	44
	1.7.3.	Ejemplos.....	44
		1.7.3.1. Morteros diseñados	44
		1.7.3.2. Morteros de receta o prescritos	44
		1.7.3.3. Morteros industriales	44
		1.7.3.3.1. Morteros húmedos	45
		1.7.3.3.2. Morteros secos.....	45
1.8.		Agregados.....	45
	1.8.1.	Definición.....	45
	1.8.2.	Usos	46
	1.8.3.	Ejemplos.....	46
		1.8.3.1. Aireante	46
		1.8.3.2. Plastificante	47
		1.8.3.3. Retardantes.....	47
		1.8.3.4. Hidrofugantes	47
		1.8.3.5. Retenedores de agua	47
1.9.		Legislación	48
	1.9.1.	Código de trabajo de Guatemala.....	48
	1.9.2.	Normas municipales.....	49
2.		SITUACIÓN ACTUAL	51
	2.1.	Procesos del área de almacenamiento	51

2.1.1.	Descarga de materia prima.....	51
2.1.2.	Control de materia prima	51
2.2.	Costos indirectos de almacenaje.....	53
2.2.1.	Mano de obra indirecta	53
2.2.2.	Abastecimiento	53
2.3.	Método de reabastecimiento	54
2.3.1.	Por saco	54
2.3.1.1.	Diagrama de flujo.....	55
2.3.1.2.	Costos.....	56
2.3.1.2.1.	Por descarga	56
2.3.2.	Por plataforma	57
2.3.2.1.	Diagrama de flujo.....	57
2.3.2.2.	Costos.....	58
2.3.2.2.1.	Por descarga	58
2.4.	Infraestructura actual de almacenamiento.....	59
2.4.1.	Bodega	60
2.4.1.1.	Colaboradores	60
2.4.1.2.	Dimensiones	60
2.4.1.3.	Capacidad.....	62
2.5.	Indicadores.....	62
2.5.1.	Índice de productividad.....	62
2.5.2.	Tiempo de traslados	63
2.6.	Diagramas de flujo.....	63
2.6.1.	Entrada de materia prima	63
2.6.2.	Salida de materia prima	64
2.7.	Procesos de producción	65
2.7.1.	Morteros secos	66
2.7.2.	Agregados	66

3.	PROPUESTA PARA REDISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO	67
3.1.	Diseño del silo	67
3.1.1.	Diseño mecánico	67
3.1.1.1.	Descripción de la propuesta	67
3.1.2.	Obra civil	68
3.1.3.	Diseño de componentes	68
3.1.4.	Diseño de equipos periféricos	69
3.2.	Selección de estructura a utilizar	69
3.2.1.	Estructura soldada	69
3.2.1.1.	Trazado	70
3.2.1.2.	Corte y curvado	70
3.2.1.3.	Operaciones de mecanizado	71
3.3.	Cumplimiento de normas	71
3.3.1.	Normas eléctricas	71
3.4.	Selección de grúa articulada para el izaje de los componentes	72
3.4.1.	Consideración de capacidad de carga	72
3.4.2.	Consideración de ángulos de giro	72
3.4.3.	Selección de grúa	72
3.5.	Armado mecánico del tanque de almacenaje	73
3.6.	Ensamble de componentes	75
3.6.1.	Indicador de nivel	75
3.6.2.	Elevadores	75
3.6.3.	Transportador helicoidal	77
3.6.4.	Barandas de seguridad	77
3.6.5.	Panel de control	77
3.6.6.	Colectores de partículas	77
3.6.7.	Panel central de control	78

3.6.8.	Panel de potencia individual	78
3.7.	Graduación de componentes.....	78
3.7.1.	Alineación	79
3.7.2.	Calibración de torque.....	79
3.8.	Programa de mantenimiento	80
3.8.1.	Lubricación	81
3.8.2.	Calibración de celdas de carga.....	81
3.8.3.	Limpieza mecánica de filtros.....	81
3.8.4.	Engrase de transportadores	81
3.8.5.	Mantenimiento de guarda niveles	82
3.8.6.	Medición del consumo del motor	82
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	83
4.1.	Descripción de la propuesta	83
4.2.	Plan de acción	83
4.2.1.	Fase de diseño	83
4.2.2.	Planificación de montaje	84
4.2.3.	Realización de montaje	85
4.3.	Proceso logístico para trazar la ruta de grúa articulada desde predio hasta punto de montaje	85
4.3.1.	Consideraciones generales	85
4.3.2.	Trazado de ruta	86
4.4.	Pruebas técnicas	87
4.4.1.	Mecánicas.....	87
4.4.1.1.	Pruebas a presión.....	87
4.4.2.	Eléctricas	87
4.4.3.	Operaciones de acabado.....	87
4.5.	Pruebas de arranque.....	88
4.5.1.	Chequeo de consumo de combustible.....	88

4.5.2.	Chequeo de calibraciones	89
4.6.	Toma de tiempos de abastecimiento a granel.....	89
4.6.1.	Comparación de tiempos.....	89
4.7.	Procedimiento de uso.....	90
4.7.1.	Capacitación de colaboradores	90
4.7.1.1.	Indicaciones de uso	91
4.8.	Control de costos	91
4.8.1.	Abastecimiento.....	92
4.8.2.	Almacenaje.....	92
5.	MEJORA Y SEGUIMIENTO.....	95
5.1.	Plan de mantenimiento.....	95
5.1.1.	Lubricación	95
5.1.2.	Calibración	96
5.1.3.	Limpieza	96
5.2.	Estadísticas.....	97
5.2.1.	Relacionadas a reducción de costos de mano de obra	97
5.2.2.	Referentes al aumento de la capacidad de almacenaje	98
5.3.	Relación beneficio-costo	98
5.3.1.	Cuantificación del beneficio.....	99
5.4.	Auditorías internas	100
5.4.1.	Componentes.....	101
5.4.2.	Cumplimiento de normas.....	101
5.4.3.	Calibraciones.....	101
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES	105

BIBLIOGRAFÍA..... 107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Presencia de la empresa en Centroamérica.....	2
2.	Organigrama de la empresa en estudio.....	4
3.	Barandilla de seguridad.....	13
4.	Válvula de protección.....	13
5.	Filtro de manga.....	14
6.	Paletas rotativas.....	14
7.	Escaleras laterales.....	15
8.	Tubo de carga.....	15
9.	Rompe bóvedas dosificador.....	16
10.	Células de pesaje.....	16
11.	Configuraciones multicelulares.....	21
12.	Silo metálico de chapa lisa.....	24
13.	Silo cilíndrico de chapa ondulada.....	24
14.	Silo cuadrado de chapa trapezoidal.....	25
15.	Silo octogonal de chapa plegada para el almacenamiento de harina ..	25
16.	Silo octogonal de chapa lisa (industria del café).....	26
17.	Silo cuadrado de hormigón para almacenaje de harinas.....	27
18.	Silo circular de hormigón para almacenaje de cemento.....	27
19.	Secciones transversales de silos.....	35
20.	Kardex utilizado para control de inventarios.....	52
21.	Saco de alimentos.....	54
22.	Diagrama de flujo del método de abastecimiento.....	55
23.	Diagrama de flujo por plataforma.....	58

24.	Dimensiones de bodega de materia prima	61
25.	Entrada de materia prima	64
26.	Salida de materia prima	65
27.	Tanque de almacenamiento previo al izaje.....	68
28.	Curvadora de rodillo.....	70
29.	Capacidad de izaje en cada segmento del brazo de grúa	73
30.	Fase de diseño del silo	84
31.	Planificación de montaje.....	84
32.	Ruta de grúa articulada desde estacionamiento hasta el punto del montaje	86
33.	Plantilla de lubricación por equipo	95
34.	Plantilla de calibración por equipo	96
35.	Plantilla de limpieza por equipo	97

TABLAS

I.	Geometría común en silos	19
II.	Costos de abastecimiento.....	53
III.	Costos de reabastecimiento por saco.....	56
IV.	Costos por descarga, reabastecimiento por plataforma.....	59
V.	Colaboradores de bodega de materia prima.....	60
VI.	Capacidad instalada de almacenaje	62
VII.	Productividad laboral	62
VIII.	Horas hombre para descarga de materia prima	63
IX.	Especificaciones de trabajo grúa articulada.....	73
X.	Calibración de torque de acuerdo al grado de tornillo.....	80
XI.	Lista de verificación de calibraciones.....	89
XII.	Comparación de tiempos de abastecimiento	90
XIII.	Control de costos de reabastecimiento.....	92

XIV.	Costos de reabastecimiento silo metálico	93
XV.	Comparación de costos de reabastecimientos.....	98
XVI.	Comparación de capacidad de almacenamiento	98
XVII.	Proyección de costos y beneficios	99
XVIII.	Valor presente neto.....	100

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
/	División
*	Multiplicación
%	Porcentaje
Q.	Quetzal (moneda guatemalteca)
-	Resta
+	Suma

GLOSARIO

Calidad	La calidad no es un fenómeno abstracto, sino que está definida concretamente mediante las características o especificaciones técnicas del producto o servicio, la calidad es la adecuación para el uso satisfaciendo las necesidades del cliente.
Cliente	Persona que accede a un producto o servicio a partir de un pago.
Índice de rotación	Es una medida de gestión del capital humano, a través de la cual es posible identificar problemas de insatisfacción laboral entre los empleados o deficiencias en los procesos de selección y contratación, entre otros.
Gestión de calidad	Es el compromiso de toda una organización para hacer bien las cosas; es decir, afecta a cada persona en una organización y, por lo tanto, para que la gestión de la calidad sea próspera y exitosa, debe ser aceptada por todos los integrantes de la organización.
Mejora continua	Es la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora. Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es

necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis mensurable de cada paso.

Silo

Estructura generalmente cilíndrica en la cual se almacenan materiales a granel o algún tipo de grano hasta que este sea necesitado para algún proceso productivo o bien, para su distribución.

Calizo

Que es de formación sedimentaria, está formado por carbonato de calcio y se caracteriza por presentar efervescencia por acción de los ácidos diluidos en frío.

RESUMEN

La empresa en la cual se realizó el trabajo de graduación actualmente se dedica al diseño de distintos montajes industriales, solicitados por empresas u organizaciones que requieren un servicio tercerizado para la instalación de infraestructura, para la mejora en los procesos productivos y que esta brinde una operación adecuada y segura.

El presente trabajo de graduación, el diseño y montaje de un tanque de almacenamiento busca satisfacer la necesidad, de una empresa, dedicada a la fabricación de morteros secos y agregados, de aumentar la capacidad de almacenaje de cal, su principal materia prima. La cual, debido a su crecimiento en productividad y a su infraestructura actual de almacenaje, no permite que sus procesos se desarrollen eficientemente.

OBJETIVOS

General

Diseñar y montar un silo para material calizo, en una empresa de morteros secos y agregados, para aumentar la capacidad de almacenaje de materia prima en una planta industrial.

Específicos

1. Realizar el diseño de un tanque de almacenamiento de productos a granel para el incremento de la productividad en el área de materia prima.
2. Planificación adecuada del montaje para el cumplimiento de las normas relativas a seguridad industrial y salud ocupacional.
3. Calcular las dimensiones adecuadas de un silo para material calizo para reducir los costos de bodega.
4. Elaborar un diseño mecánico efectivo para disminuir la cantidad de mano de obra involucrada en el abastecimiento.
5. Gestión de ruta de grúa articulada utilizada en el montaje para optimizar los costos de arrendamiento.
6. Montar silo adecuado en el proceso para aumentar la capacidad de almacenaje de materia prima.

7. Cumplir normas ambientales en el diseño y montaje para el cuidado y preservación del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

La empresa TRATESA actualmente se dedica al diseño de distintos montajes industriales, solicitados por empresas u organizaciones que requieren un servicio tercerizado para la instalación de infraestructura, para la mejora en los procesos productivos y que esta brinde una operación adecuada y segura.

El presente trabajo de graduación, el diseño y montaje de un tanque de almacenamiento busca satisfacer la necesidad, de una empresa, dedicada a la fabricación de morteros secos y agregados, de aumentar la capacidad de almacenaje de cal, su principal materia prima. La cual, debido a su crecimiento en productividad y a su infraestructura actual de almacenaje, no permite que sus procesos se desarrollen eficientemente.

En el primer capítulo se detallan los conceptos relacionados al presente trabajo de graduación, datos de la empresa que contrata el servicio de *outsourcing*, el departamento solicitante del proyecto, procesos involucrados dentro de este; así como, definiciones relacionadas al diseño de silos y montaje.

Por segundo punto se tiene en consideración la situación actual que tiene el área de bodega de materia prima y la detección de las necesidades que tiene. En el tercer apartado se realiza el diseño del tanque de almacenaje y el montaje del silo y como cuarto punto se detalla la manera en que se implementará.

En búsqueda de la mejora continua, en el quinto capítulo, se hace referencia a las auditorías necesarias para una entrega satisfactoria.

Se consideran teorías, estudios y normas, de los especialistas más destacados, en el diseño y construcción de silos. Se busca cumplir con efectividad las normas internacionales y los parámetros reglamentarios, para garantizar condiciones seguras de operación y un acabado final que proporcione un trabajo de calidad.

1. ANTECEDENTES GENERALES

En el presente capítulo se presentan los antecedentes, cómo inició, el avance y la ubicación de la empresa en estudio; además, parte del proceso de gestión de proyectos de la empresa. Posteriormente, se establecen varias definiciones de temas que fundamentan el trabajo de investigación.

1.1. Empresa

Se da a conocer a continuación detalles sobre la empresa en estudio, un poco de su historia, localización, objetivos, entre otros.

1.1.1. Reseña histórica

Empresa guatemalteca que inició labores en el año 1965 con la misión de proveer productos innovadores y de alta calidad en el mercado constructivo.

La empresa inicio con la producción de pintura doméstica y productos utilizados en la construcción, como adhesivos para madera y acabados para esta. Luego incursionó en los adhesivos utilizados en la industria del calzado.

Con la expectativa de explotar nuevos mercados, la empresa, a inicios del año 2000 incursiona en el mercado del cemento, morteros para la construcción y productos para tabla yeso. La creciente demanda de sus productos y las proyecciones de participación en el mercado han impulsado a la gerencia a gestionar proyectos para satisfacer los requerimientos de sus clientes.

Actualmente cuenta con presencia en cuatro países centroamericanos y se especializa en la producción y distribución de pintura doméstica, pasta para tabla yeso, adhesivos y repellos.

1.1.2. Localización

La empresa se encuentra ubicada en el kilómetro 62 de la ruta al Atlántico, que conecta la Ciudad de Guatemala con el puerto Matías de Gálvez y con Puerto Barrios.

Figura 1. Presencia de la empresa en Centroamérica



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Objetivos de la empresa

Como empresa, que tiene la visión de tener participación en el mercado nacional y regional, tiene los siguientes objetivos:

- Establecerse con una base sólida en el mercado nacional e incursionar firmemente en el mercado de la construcción a nivel regional.
- Incrementar el margen anual de ingresos de manera responsable y proactiva.
- Fomentar entre los colaboradores la cultura del crecimiento, desarrollo y pertenencia y éxito.

1.1.4. Visión

Ser una empresa líder en productos de calidad para el mercado de la construcción a nivel nacional y regional.

1.1.5. Misión

Proveer productos innovadores y de alta calidad para el mercado constructivo.

1.1.6. Valores

Los 5 valores los cuales sirven de base en todo trabajo que realiza la empresa:

- Calidad
- Responsabilidad social
- Transparencia y honestidad
- Constancia

- Excelencia

1.1.7. Estructura organizacional

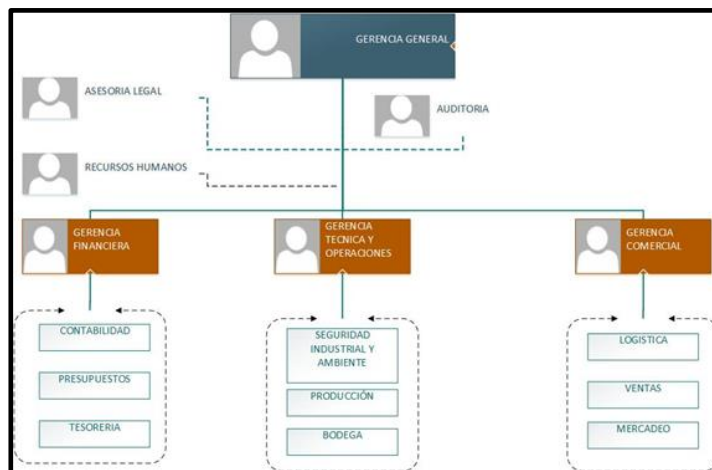
Fundamental en todas las empresas, define características de cómo se va a organizar, tiene la función principal de establecer autoridad, jerarquía y cadena de mando.

1.1.7.1. Organigrama

La empresa cuenta con una estructura vertical dividida en tres áreas principales:

- Financiera
- Técnica y de operaciones
- Comercial

Figura 2. Organigrama de la empresa en estudio



Fuente: elaboración propia.

1.1.7.2. Descripción de las atribuciones

Dentro de la empresa, las actividades se encuentran repartidas en los puestos, para el correcto y lógico funcionamiento de las actividades.

1.1.7.2.1. Gerencia financiera

De una manera eficaz y eficiente, administración de los recursos físicos y financieros, utilizados para el cumplimiento de las metas y estrategias, que evaluar y controlar las actividades de compras, presupuestos, suministros, costo, pago de obligaciones y registro contable que se realiza para el logro y alcance de los objetivos de la empresa. Controlar y evaluar las actividades de compras, suministro, presupuestos, costeo, pago de obligaciones y registro contable que se realizan para el logro de los objetivos de la empresa.

1.1.7.2.2. Contabilidad

Área encargada de coordinar y dirigir las tareas orientadas al registro de todas las operaciones de carácter económico y realizar el control de los estados financieros de acuerdo con toda la normativa vigente del país de origen y en los que se comercializa.

1.1.7.2.3. Compras

Departamento que organiza, coordina y controla la adquisición y entrega de todos los suministros, los documentos, los bienes y todos los elementos necesarios para el desarrollo de las actividades de la empresa. Garantizar la calidad de lo adquirido.

1.1.7.2.4. Gerencia técnica y operaciones

Dirigir, planear y establecer actividades de producción, capacitación, mantenimiento y asesoría; encargada de garantizar a los usuarios internos y externos, la seguridad y tranquilidad esperadas.

1.1.7.2.5. Seguridad industrial y ambiente

Identificar, evaluar, ejecutar, mitigar y controlar los factores de riesgos, así como brindar soporte operativo y técnico en todos los procesos operativos del área.

1.1.7.2.6. Producción

Control de la producción de la planta, mantenimiento de los equipos y de sus respectivas inspecciones; participar en la elaboración, modificación y revisión en su caso de los procedimientos aplicables en planta, planificación de la producción, y de la medición y conservación del granel.

1.1.7.2.7. Bodega

Control total de las actividades relacionadas con el almacén, responsable del control de la calidad de los productos que se encuentran en la bodega; llevar control de las entradas y salidas de los insumos o productos que se reciben y se despachan, ya sea a clientes o a otras áreas de la empresa. Velar por el adecuado almacenaje de las mercancías.

1.1.7.2.8. Gerencia comercial

Planificar, organizar, dirigir, controlar y coordinar eficientemente el sistema comercial; diseñar estrategias que permitan el logro de los objetivos empresariales; dirigir el desarrollo de las actividades de marketing y las condiciones de venta de los servicios; encaminar al cumplimiento de las metas establecidas por la planeación estratégica.

1.1.7.2.9. Recursos humanos

Administrar el personal de la empresa con la gestión de procesos de selección, control y retiro de empleados, liquidaciones de nómina, velar por el cumplimiento de las funciones y ejecutar sanciones disciplinarias.

1.1.7.2.10. Asesoría legal

Soportar, orientar y asesorar a todas las áreas de la compañía para que las actuaciones de la empresa en sus diferentes frentes se ajusten al cumplimiento de los requisitos que determina la legislación; generar opciones jurídicas competitivas para las diferentes áreas.

1.1.7.2.11. Auditoría

Identificar áreas de mejora, trata de proponer oportunidades de mejora y mecanismos de control para corregir posibles ineficiencias en el sistema. Establecer políticas y procedimientos, dentro de la normativa y legalidad vigente del país, bajo un criterio objetivo, a la vez aprobado por la dirección general o financiera. Facilita a la dirección alternativas de futuro factibles para alcanzar los objetivos estratégicos de la organización.

1.2. Tanques de almacenaje

Llamamos tanques de almacenamiento a recipientes normalmente fabricados con forma cilíndrica, preparados para el almacenamiento y conservación de productos líquidos o sólidos

1.2.1. Definición

Los tanques de almacenaje son estructuras fabricadas de diversos materiales y formas; su función principal es guardar, preservar y proteger materiales o mercancías por cierto tiempo hasta que sean retiradas para su posterior uso o distribución. Los almacenes también son requeridos para llevar un control del inventario final, inicial y medio en las industrias, ya que en este es posible la inspección del flujo de mercancía.

1.2.2. Definición de productos

Toda empresa, para rendir en sus labores, necesita de la existencia de un almacén o de varios almacenes. Estos se clasifican según la necesidad de su funcionamiento y se definen a continuación:

1.2.2.1. Según el grado de protección atmosférica

Los almacenes clasificados según el grado de protección atmosférica pueden ser de dos diferentes tipos: cubiertos y descubiertos.

Los almacenes cubiertos son aquellos que cuentan con una estructura física que recubre los diversos materiales que en este se almacenan. Los almacenes

pueden ser cubiertos por varios materiales como ladrillos, paneles, lonas, entre otros.

Para los materiales u objetos que no necesitan cuidado por efectos del clima, se pueden utilizar almacenes descubiertos que suelen estar solamente delimitados por cercas o marcajes, sin ninguna edificación sobre ellos.

1.2.2.2. Según el tipo de material almacenado

Los almacenes pueden ser clasificados dependiendo de la naturaleza de los objetos o materiales que se encuentran dentro de este.

En toda empresa se necesita de un almacén de archivos. En este almacén se guardan documentos, expedientes y papeleo. Es recomendable separar el archivo dependiendo de la razón y naturaleza de los documentos que en este se almacenan.

Se le llama almacén de materia prima a aquel en donde se guardan los materiales que serán utilizados para iniciar un proceso productivo.

Cuando el material que se almacena es un producto semielaborado, se le llama almacén de producto intermedio, y suele estar ubicado en el centro de la planta de producción. Su función principal es guardar los productos semielaborados por un tiempo pequeño hasta que sean necesitados de nuevo en el proceso.

Generalmente, se acostumbra también tener un almacén de materiales auxiliares, que como su nombre lo indica, se reservan los materiales que pueden

ayudar al proceso en algún momento o al mantenimiento, como herramientas, herramental, repuestos, entre otros.

Por último, el almacén de producto terminado, en este se almacena el producto final del proceso hasta que este es recogido para ser distribuido o comercializado. Este tipo de almacén se debe ubicar en la terminación de la línea de producción y, generalmente, tiene contacto con el exterior para una colocación óptima del producto terminado en el medio de distribución.

1.2.2.3. Según su función logística de distribución

Los almacenes que están ubicados en la planta principal de producción son llamados almacenes centrales, en ellos se reserva el producto terminado hasta que este sea recogido.

La ubicación de estos almacenes es así debido a la búsqueda de reducción de costos de transporte. El almacén central es importante ya que en este se encuentra el *stock* principal y con base en este se pueden obtener distintos índices.

Los almacenes regionales, al contrario de los almacenes centrales, están ubicados fuera de la nave industrial. La ubicación de los almacenes regionales debe ser en donde se tenga más presencia; es decir, en la zona de mayor influencia, y es aquí donde los clientes mayoristas y minoristas recogen el producto. Sin embargo, algunas empresas utilizan almacenes plataformas, los cuales cumplen la misma función de un almacén regional, pero son de un tamaño menor. La finalidad es reducir el *stock* principal y llegar a más puntos de influencia.

Para las temporadas altas, se ve en la necesidad de un almacén de depósito, el cual se usa de manera temporal mientras dure el periodo de alta producción y demanda.

1.2.2.4. Según su equipamiento y sus técnicas de manipulación

No todos los materiales o mercancías que se almacenan son de la misma naturaleza, por lo que no todos pueden ser manipulados de la misma manera.

Un almacén puede ser llamado almacén en bloque, cuando la mercancía es colocada una arriba de otra hasta formar columnas. Se le debe poner importancia a la base de la columna formada y al equilibrio de esta. El coeficiente de resistencia es de 1,5.

Sin embargo, para toda aquella mercancía que es imposible de apilar se utiliza un almacén convencional. Este almacén está organizado con estanterías que pueden llegar a medir hasta 8 metros de altura y la mercancía es trasladada por medio de montacargas, grúas o elevadores.

1.2.2.5. Según su régimen jurídico

Los almacenes según su régimen jurídico se pueden clasificar en dos tipos principalmente: almacén propio y almacén alquilado. El almacén alquilado es el más utilizado ya que no requiere de una inversión y no genera gastos fijos, solo variables.

1.3. Silos

Actualmente el diseño original para la agricultura se ha adaptado a otros usos en la industria, utilizándose silos para depósito de materiales diversos, como el cemento, cal, químicos, entre otros.

1.3.1. Descripción

Un silo es una estructura generalmente cilíndrica en la cual se almacenan materiales a granel o algún tipo de grano hasta que este sea necesitado para algún proceso productivo o bien, para su distribución.

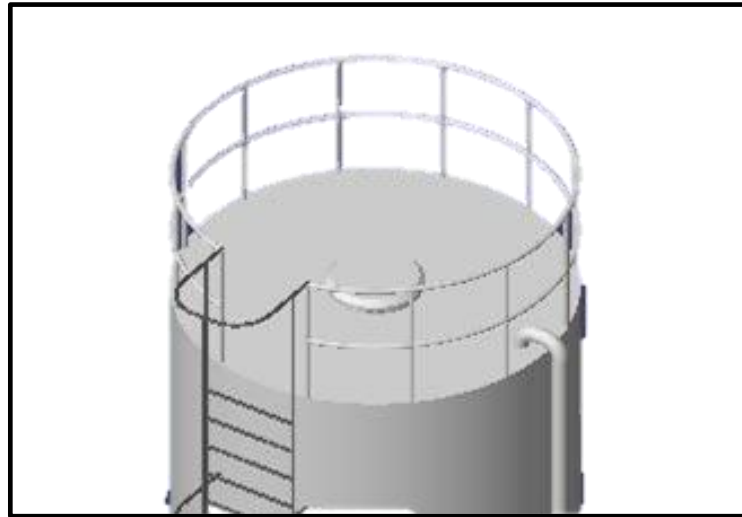
Los silos se caracterizan por mantener lo almacenado en condiciones ideales, sin permitir que se tengan consecuencias por efectos no deseados del clima. Un silo puede variar de otro, en tamaño, forma o condiciones dependiendo del nivel de producción o del material que se vaya a reservar en este. Los silos son estructuras que se utilizan para almacenar grandes cantidades de materiales sólidos a granel.

El uso de materiales sólidos a granel en la industria está ampliamente extendido y la necesidad de almacenarlos en silos normalmente se debe a que hay que acumularlos en algún sitio que guarde sus propiedades antes de un transporte o entre diferentes etapas de un proceso.

1.3.2. Partes principales

Un silo se compone por una gran variedad de partes o piezas; sin embargo, a continuación, se presentan las partes principales:

Figura 3. **Barandilla de seguridad**



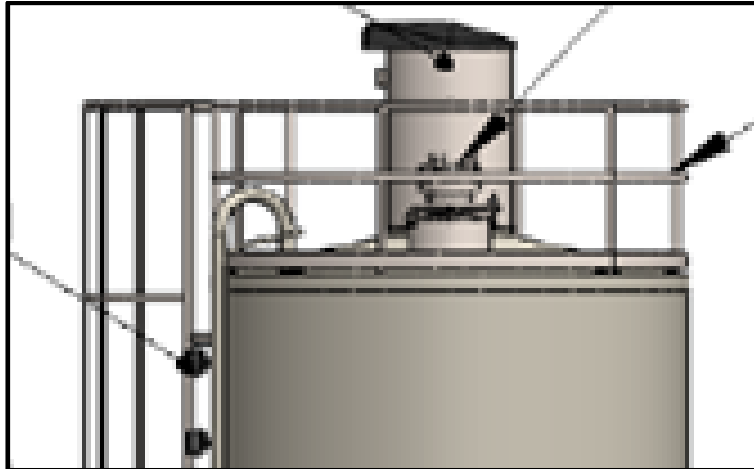
Fuente: *Diseño de un silo para mecanizar.* <https://delineacionindustrial.wordpress.com/>
Consulta: 5 de noviembre de 2018.

Figura 4. **Válvula de protección**



Fuente: *Válvulas de protección: para la protección del silo o del recipiente.*
www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Valvulas-de-proteccion-Filsa-VPN-I-156767.html Consulta: 6 de noviembre de 2018.

Figura 5. **Filtro de manga**



Fuente: *Silo de almacenamiento*. <http://www.sodimateiberica.com/silo/>
Consulta: 16 de enero de 2019.

Figura 6. **Paletas rotativas**



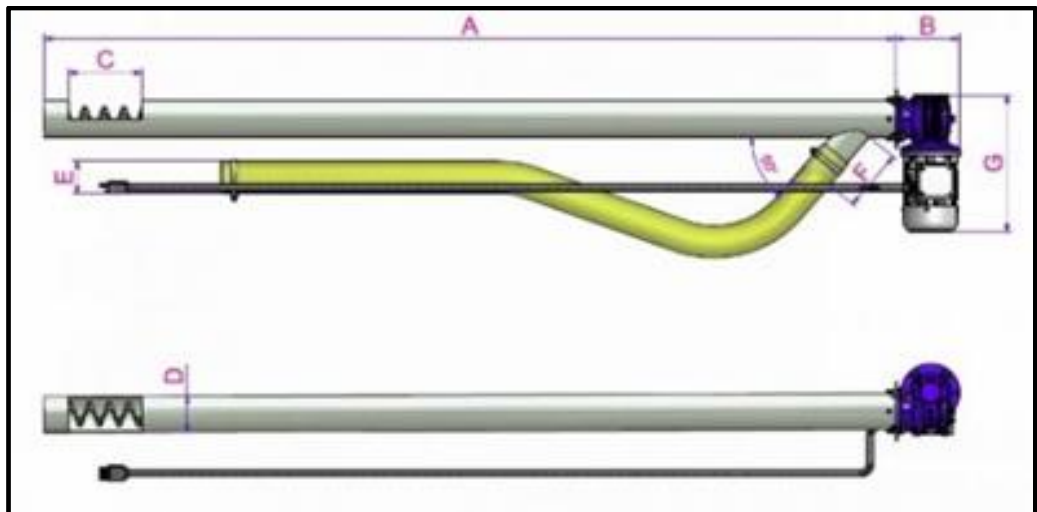
Fuente: *Endress+Hauser Management AG*. www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/deteccion-nivel-paleta-rotativa
Consulta: 21 de enero de 2018.

Figura 7. **Escaleras laterales**



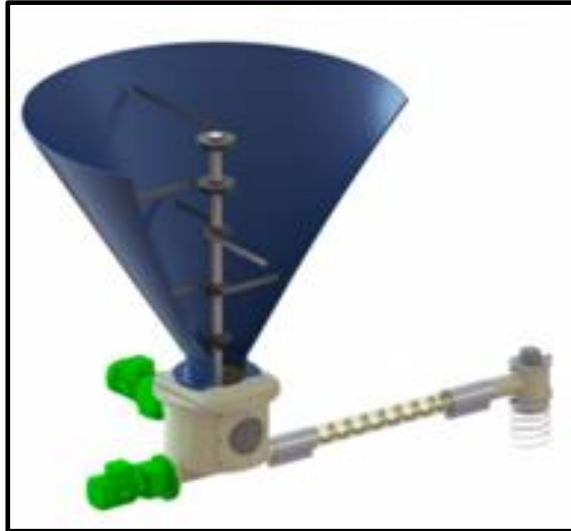
Fuente: SYMAGA. *Accesorios Symaga*. <https://symaga.com/accesorios/> Consulta: 23 de enero de 2018.

Figura 8. **Tubo de carga**



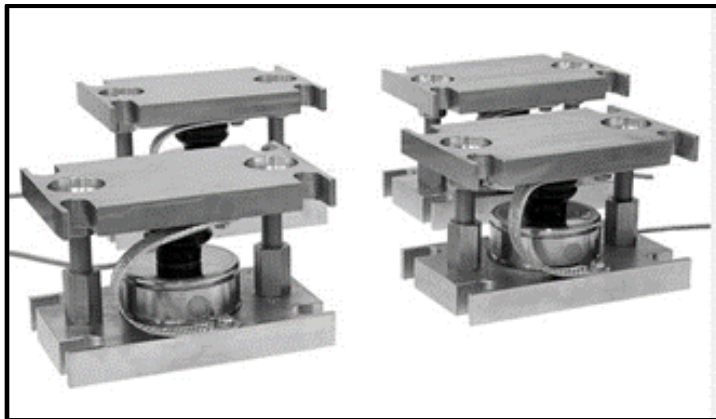
Fuente: Rchaud. <http://www.rchaud.ch/accessoires-vis-aspirateur-taube-fr77.html>,
Consulta: 21 de enero de 2018.

Figura 9. **Rompe bóvedas dosificador**



Fuente: Sodimate. <http://www.sodimateiberica.com/dds-zcd/>. Consulta: 23 de enero de 2018.

Figura 10. **Células de pesaje**



Fuente: Direct Industry. <http://www.directindustry.es/prod/avery-weigh-tronix/product-18440-1344443.html>, Consulta 22 de enero de 2018

1.3.3. Definición

Estructura cilíndrica o prismática, de paredes verticales, que pueden utilizarse para el almacenamiento de materiales.

1.3.4. Clasificación

En lo que se refiere al diseño, se clasifican según el tamaño, la geometría, el patrón de flujo de descarga, del tipo estructural.

1.3.4.1. Tamaño

- Clase 1: silos pequeños cuya capacidad es menor de 100 toneladas. Su construcción es sencilla y robusta, tiene en general reservas sustanciales de resistencia.
- Clase 2: silos de capacidad intermedia (de 100 t a 1 000 t). Pueden diseñarse mediante cálculos manuales sencillos. Hay que garantizar el flujo de cargas y presiones que den resultados confiables.
- Clase 3: silos grandes (de capacidades superiores a 1 000 t). Se requieren cimientos especializados con el fin de prevenir los problemas debidos a la incertidumbre relativos a la distribución de cargas y presiones.
- Clase 4: silos con descarga excéntrica, en los que la excentricidad de la salida:

$$Eo < 0,25 dc$$

Donde:

- e_o =excentricidad < 0,25 dc
- dc =diámetro característico de la sección transversal

1.3.4.2. Geometría

La Geometría del silo al igual que el tamaño depende de los requerimientos funcionales del silo, como el volumen para el almacenamiento, la forma de carga y descarga, las propiedades del material a almacenar, el espacio disponible.

Usualmente, el tanque de almacenaje está constituido por una forma vertical con un fondo plano o con paredes inclinadas. Suelen tener una sección transversal, circular, cuadrada o poligonal.

Los silos cilíndricos son estructuras más eficaces que los prismáticos desde el punto de vista estructural

En cuanto a capacidad de almacenamiento de un silo de sección cuadrada, almacena un 27 % más que uno de sección cilíndrica de diámetro igual al lado del anterior. Si el silo tiene fondo plano su capacidad de almacenamiento es máxima para la misma altura.

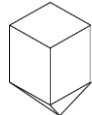
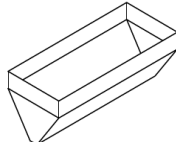
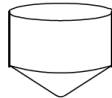

El tamaño del silo lo determina la relación entre la alimentación y la descarga; depende de la cantidad de material a almacenar. Descargas muy rápidas requieren tolvas de paredes muy inclinadas y altas. Los silos de fondo plano se utilizan cuando la velocidad de descarga que se necesita es baja, el tiempo de almacenamiento es largo y el volumen de material es grande.

La relación entre la altura del silo y su diámetro influye en las cargas que produce el material almacenado.

Las tolvas son generalmente troncocónicas, piramidales u otras formas. Las tolvas piramidales son más fáciles de construir, aunque pueden presentar problemas en el flujo de descarga debido a la acumulación del material en las esquinas. Las salidas pueden ser concéntricas o excéntricas. Deben evitarse en lo posible las descargas excéntricas ya que es más difícil evaluar la distribución de presiones y puede presentar problemas de solidificaciones del material almacenado.

El ángulo de inclinación de las paredes de las tolvas se adopta con el fin de obtener una descarga continua que proporcione el flujo de material deseado.

Tabla I. **Geometría común en silos**

Silo cuadrado con tolva piramidal	
Depósito de tolva	
Flujo de embebido en silo cilíndrico con tolva	
Silo de flujo masivo	

Fuente: elaboración propia.

1.3.4.3. Patrón de flujo

Los flujos de material que se desarrollan en el interior del silo son importantes, ya que determinan las acciones internas sobre las paredes del silo que este deberá soportar estructuralmente.

Se pueden clasificar los diferentes tipos de flujo que puede desarrollar el producto ensilado en:

- Flujo en masa: Es aquel en el que todas las partículas almacenadas se movilizan durante el vaciado; todo el contenido fluye como una masa única y el flujo sucede de manera que el material que entra primero sale primero. El patrón de flujo está bien definido, y las condiciones para que se consiga este tipo de flujo se cumplen fácilmente si se adopta una tolva de pendiente y superficie lisa (poca rugosidad) adecuadas.
- Flujo en embudo: También puede denominarse flujo de núcleo. Es aquel en el que se produce un canal de flujo de material dentro de una zona confinada por encima de la salida, mientras que el material adyacente a la pared cercana a la salida permanece quieto; el material fluye por un canal central y, por tanto, el último que entra es el primero que sale. Normalmente conducen a la segregación del sólido almacenado, por lo que solo son útiles para albergar sólidos en los que la segregación no sea un problema. El patrón de flujo en un silo en el que se desarrolla flujo en embudo sigue siendo un tema en el que se requiere una investigación en profundidad, ya que las asimetrías que se pueden producir en este patrón de flujo pueden poner en peligro la integridad estructural del silo.

1.3.4.4. Configuración

Dentro de la clasificación de silos se puede distinguir por la cantidad de células y se clasifican en unicelulares y multicelulares

1.3.4.4.1. Unicelulares

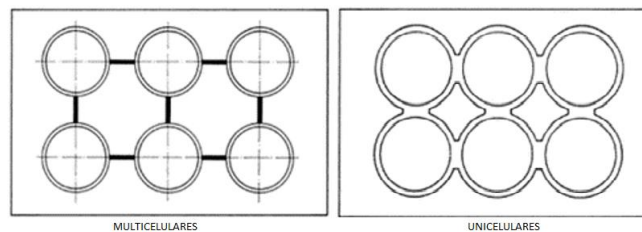
Se construyen normalmente cuando el sistema es prefabricado, lo que hace muy difícil la conexión entre ellos; o bien cuando se efectúa un cálculo aislado de la instalación.

1.3.4.4.2. Multicelulares

Este tipo de silos se encuentran unidos y esta es la razón de su nombre, el tipo más generalizado de esta clasificación consiste en uniones tangenciales, con una cierta longitud de unión. Otro tipo de unión es la unión entre las celdas cilíndricas, esto para conseguir intercedas mayores.

En la siguiente figura se observan configuraciones que se pueden encontrar en un silo.

Figura 11. Configuraciones multicelulares y unicelulares



Fuente: CATALÁN, Juan Ravenet. *Silos*. p.34

Estos tipos de instalaciones constituyen el caso más generalizado y complejo del cálculo de silos, ya que los múltiples factores para tener en cuenta son:

- Esfuerzos de tracción en las paredes debidas a la presión del producto ensilado.
- Momentos causados a la conexión entre celdas y que aparecen al tener celdas llenas frente a celdas vacías.
- Efectos producidos por la retracción del material estructural.
- Momentos producidos por las variaciones de temperatura exterior e interior.
- Momentos producidos por la distribución no uniforme de la presión lateral sobre la pared.

1.3.4.5. Material estructural

La mayoría de los silos son de acero u hormigón armado. La elección depende, desde el punto de vista económico, de los costes de materiales, de la fabricación y el montaje. Hay otros factores tales como el espacio disponible y el material a ensilar.

1.3.4.5.1. Metálicos

- Chapa lisa

Este tipo de silos, su construcción inicialmente era soldada; pero a partir de los años 60, ha pasado a ser atornillada, por el mejor desempeño que presenta.

Este tipo de silos, para diámetros no superiores a los 6 metros y capacidades no superiores a las 500 toneladas, puede llegar a realizarse elevados sobre pilares y provistos de una tolva metálica suspendida.

Generalmente, la mayoría de los silos que se construyen de tipo cilíndricos son para almacenamiento de grandes cantidades de cereales y otros productos, y van apoyados sobre una losa de hormigón armado, plana, o sobre una tolva de hormigón armado que descansa sobre el terreno.

- Chapa ondulada

Estos silos son normalmente unicelulares y la mayoría se construye con chapa galvanizada, la unión de las chapas se realiza mediante tornillos.

- Chapa plegada trapezoidal

Este diseño de silo se ha extendido ampliamente en los campos de industria por las múltiples aplicaciones de este. Estos silos se construyen en taller mediante paneles prefabricados, que son transportados al lugar de ubicación de la obra y montados. La unión de estos paneles antiguamente se realizaba mediante soldadura; actualmente, se realiza mediante el atornillado.

- Octogonal de chapa plegada

Este tipo de silo se utiliza como silo portuario para la recepción, el almacenamiento y la expedición de cereales, harinas, productos cohesivos y

granulares, productos químicos, fosfatos, entre otros. Desde el punto de vista económico este tipo de instalación puede competir con los silos de hormigón armado y representa una económica de costo con relación al cuadrado de chapa trapezoidal.

Figura 12. **Silo metálico de chapa lisa**



Fuente: CATALÁN, Juan Ravenet. *Silos*. p. 45.

Figura 13. **Silo cilíndrico de chapa ondulada**



Fuente: *Tienda ganadera*. <https://tiendaganadera.com/Silos-de-almacenamiento-avicola/>.

Consulta: 24 de enero de 2018.

Figura 14. **Silo cuadrado de chapa trapezoidal**



Fuente: *Agriexpo*. <http://www.agriexpo.online/es/fabricante-agricola/silo-cuadrado-1108.html>,
Consulta: 27 de enero de 2018.

Figura 15. **Silo octogonal de chapa plegada para el almacenamiento de harina**



Fuente: CATALÁN, Juan Ravenet. *Silos*. p. 50.

Figura 16. **Silo octogonal de chapa lisa (industria del café)**



Fuente: DISCAF. *Silos industriales*. <http://discaf.e.telefonica.net/ficha-tecnica-silos-industrialesoctogonales.htm>. Consulta 12 de enero de 2018.

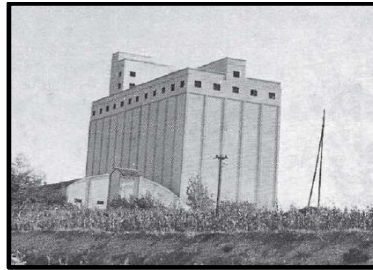
1.3.4.5.2. Hormigón armado

Los silos de hormigón son idóneos para el almacenamiento de materiales a granel cuando se dispone de una superficie constructiva limitada. Gracias a la óptima protección contra las oscilaciones de temperatura, los silos de hormigón también son aptos para el almacenamiento a largo plazo.

- Silos cuadrados multicelulares

Utilizados para el almacenamiento de harinas y otros cereales o granos; este tipo de silos se utiliza normalmente para el almacenamiento de grandes cantidades y para largo plazo.

Figura 17. **Silo cuadrado de hormigón para almacenaje de harinas**



Fuente: CATALÁN, Juan Ravenet. *Silos*. p. 37.

- Silos circulares unicelulares

Este tipo de silos se construyen a menudo para el almacenamiento de grandes cantidades de los más diversos productos, cereales, productos químicos, cemento, carbón, pulverizado, entre otros.

Figura 18. **Silo circular de hormigón para almacenaje de cemento**



Fuente: CATALÁN, Juan Ravenet. *Silos*. p. 70.

1.4. Diseño del silo

En los procesos de fabricación de morteros secos y agregados se manejan grandes cantidades de sólidos pulverulentos de diferente naturaleza, que deben almacenarse y descargarse convenientemente. Durante la descarga de estos materiales pueden producirse interrupciones del flujo por formación de bóvedas en los silos. Estos problemas pueden minimizarse e incluso anularse con un adecuado diseño de los silos

1.4.1. Reseña de teorías relacionadas al diseño a partir de ensayos experimentales

Se hace mención de los científicos y teorías desarrolladas con relación a presiones de fondo y presiones laterales que inciden en los silos.

1.4.1.1. Teoría de presiones hidrostáticas en el diseño de un silo

En los inicios de los silos, construidos a partir de hormigón armado, se consideraron presiones hidrostáticas de valor:

$$P = h\gamma$$

Donde:

- P = presión vertical
- h = altura desde el borde superior de la sección considerada
- γ = peso específico del material ensilado

Esto resultaba en valores muy altos de presiones hidrostáticas por lo que los espesores de las paredes de los silos eran muy grandes y por otro lado esta teoría no tomaba en cuenta los esfuerzos de rozamiento que aparecen en las paredes.

1.4.1.2. Ensayos de Isaac Roberts

Isaac Roberts en Inglaterra desarrolló ensayos utilizando una serie de maquetas (hexagonales y cuadradas) de madera, para determinar la presión sobre el fondo de las celdas altas. A partir de estos ensayos se obtuvo una fórmula para determinar el peso total de la masa ensilada:

$$P = AHCW$$

Donde:

- P= peso sobre el fondo
- A= área de la celda
- H= diámetro de la celda

1.4.1.3. Teoría de Pleizner

- La relación entre la presión lateral y la vertical es mayor para pequeñas alturas de grano.
- El valor de K varía en función del tipo de pared de la celda y su rugosidad.
- Que la presión lateral a veces se dobla cuando se produce el vaciado del silo.

- Que, en el caso de un vaciado excéntrico, la presión aparece en el lado opuesto a la boca de salida.

1.4.1.4. Teoría de Airy

Airy deriva su teoría para obtener las presiones laterales sobre las paredes de un silo, así como el peso del producto ensilado que es absorbido por las paredes por rozamiento. Airy también distingue dos tipos de celdas en los silos (celdas bajas y celdas altas).

1.4.1.4.1. Ecuaciones de presiones laterales

- Celdas bajas

$$P = \left(\frac{wh^2}{2tg\theta} \right) \left(\frac{tg\theta - \mu}{1 - \mu\mu' + (\mu + \mu')tg\theta} \right)$$

- Celdas altas

$$P = \left(\frac{wb}{2} \right) (2h - b tg\theta) \left(\frac{tg\theta - \mu}{1 - \mu\mu' + (\mu + \mu')tg\theta} \right)$$

La presión sobre el fondo es la diferencia entre el peso total almacenado en la celda y la fuerza absorbida por las paredes por rozamiento.

1.4.1.5. Teoría de Marcel Reimbert

Tras ensayos realizados se llegó a la conclusión que:

- La presión de los granos sobre las paredes de los silos sigue una ley diferente a las presiones del empuje de tierras y a las presiones hidrostáticas.
- La relación entre presiones laterales y presiones sobre el fondo no es constante, sino que varía con las características del grano y la geometría de la celda.
- Las presiones de los cereales en movimiento es como máximo un 10 % como máximo.
- Las presiones laterales y verticales son función de la geometría de la celda.

1.4.1.6. Teoría de Caughey, Tooles, Scheer

Investigación centrada en las presiones laterales y sobre el fondo de las celdas de gran altura. En los ensayos realizados se demuestra que el valor K no es constante y que varía tanto en diferentes alturas como en materiales ensilados.

En esta teoría se calcula la presión horizontal siguiendo el siguiente proceso: conociendo la presión sobre el fondo, el peso total del material almacenado en la celda y el coeficiente de rozamiento; se calcula la diferencia entre el peso total del material almacenado en la celda, el peso que gravita sobre el fondo y se obtiene el peso de material que carga sobre las paredes.

Este valor, dividido por el coeficiente de rozamiento grano-pared, da la presión lateral total sobre las paredes. Este valor, finalmente dividido por el área lateral, da la presión en Kg/m².

- Para el caso de vaciado centrado no aparecen sobrepresiones de vaciado, de acuerdo con los valores obtenidos experimentalmente.
- Para el caso de vaciado excéntrico, el lado opuesto a la boca de salida sufre un incremento de presiones del 20 %.
- Para el caso de semillas de soja, grava y arena, los valores de K no siguen la teoría de Janssen.
- Los resultados experimentales obtenidos son válidos para silos con relación altura-lado o diámetro igual a 3,6.

1.4.1.7. Teorías de Hoffman, Caquot y Despeyroux

Pueden aparecer dos tipos de vaciado en una celda:

- Vaciado centrado y uniforme de la celda
- Vaciado por un conducto central de toda la masa

En el caso de flujo másico, el rozamiento del grano con la pared es insuficiente para evitar el movimiento de la masa ensilada, por lo que la presión sobre la pared en movimiento es igual a la presión en reposo.

En el caso del flujo de conducto, el rozamiento con las paredes es suficiente para evitar el movimiento de la masa ensilada en contacto con la pared, aparece en el centro y produce fuerzas horizontales suplementarias sobre las paredes.

Al inicio del vaciado, se presenta el flujo másico; a la mitad del vaciado aparece una combinación entre el flujo másico; luego aparece una combinación entre el flujo másico y el de embudo; y al final del vaciado, se presenta el caso de flujo de embudo.

1.4.1.8. Teorías de Kvpil

En el año 1955, efectuó un estudio exhaustivo de la descarga de productos granulares en maquetas. Llegó a la conclusión de que hay un primer movimiento vertical que tiende a romper el contacto vertical de granos. Posteriormente hay un segundo movimiento donde los granos ruedan y cambian de posición en dirección horizontal, con el efecto del movimiento vertical. Ambos volúmenes en movimiento forman elipsoides.

1.5. Normas alemanas DIN 1055 (norma alemana referente al diseño de silos)

Para el cálculo de la resistencia de las barras del silo, de las uniones y de la cimentación se ha utilizado la normativa vigente

1.5.1. Definición y alcance

Dentro de la normativa vigente para el diseño de silos se estará considerando a la Norma DIN 1055, parte 6.

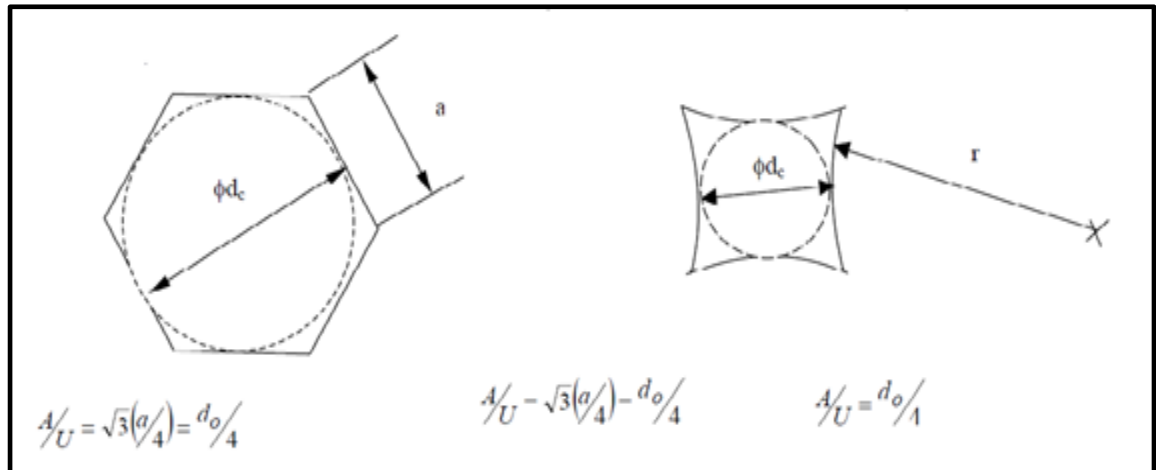
1.5.1.1. Definición

Norma DIN 1055 Parte 6 (Acciones en estructuras- Diseñar cargas para edificios y cargas en silos.)

1.5.1.2. Alcance

- Esta norma contiene principios generales e información relacionada con las influencias para el diseño y los cálculos de los silos para el almacenamiento de materiales a granel y para tanques. Se aplicará en asociación con las otras partes de la serie DIN 1055.
- Este estándar también contiene estipulaciones para acciones en silos y tanques que se extienden más allá de la acción directa causada por el material a granel o fluidos almacenados (por ejemplo, los efectos de las diferencias de temperatura).
- Al aplicar las reglas para los cálculos realizados para silos y estructuras de silo, se deben tener en cuenta las siguientes limitaciones geométricas:
 - Las secciones transversales de los silos se limitan a las instancias que se muestran en la figura 19. Se permiten desviaciones menores con la condición de que se tengan en cuenta los posibles efectos en las estructuras del silo debido a los cambios de presión resultantes de estas desviaciones.

Figura 19. Secciones transversales de silos



Fuente: CATALÁN, Juan Ravenet. *Silos*. p. 63.

- Las influencias en las presiones del silo debido a cosas incorporadas o restricciones personalizadas y cosas incorporadas como conos de descarga, vigas de descarga, consolas y manchas, entre otros. No están cubiertas (aparte de las tolvas de descarga).
- Al aplicar las reglas para los cálculos realizados para silos y estructuras de silos, se deben tener en cuenta los siguientes límites con respecto al material a granel almacenado:
 - El cálculo de una propiedad particular del material a granel debe hacerse para cada silo individual.
- El material a granel fluye libremente o se puede garantizar que en casos especiales se comporte como material de flujo libre.

- El tamaño de grano máximo del material a granel no es más que $0,03 d_c$.

nota: si las partículas de material a granel son grandes en comparación con el grosor de la pared del silo; los efectos del contacto de partículas grandes individuales con la pared deben considerarse como una forma de depósito de cargas individuales.

- Al aplicar las reglas para los cálculos realizados para silos y estructuras de silos, se deben tener en cuenta los siguientes límites con respecto a las condiciones operacionales durante el llenado y la descarga:
 - Durante el llenado, la acción de las fuerzas de inercia e impacto es muy leve y puede ser ignorada.
 - En caso de uso de dispositivos auxiliares de descarga (por ejemplo, equipo de transporte (alimentadores) o pozo central con abertura de absorción), el flujo de material a granel es uniforme, no se altera y es central.
- Los depósitos de carga dados en las tolvas del silo son aplicables solo para tolvas cuneiformes (generalmente con paredes verticales en las partes delantera y trasera) con forma cónica (generalmente forma axial simétrica o forma de pirámide con secciones cuadradas o rectangulares). Las tolvas que se desvían de esta o las tolvas con objetos incorporados requieren una atención especializada y mayor.
- Los silos con ejes simétricos del tipo de proyección geométrica horizontal que cambian a lo largo del eje vertical no están cubiertos por esta norma.

Por ejemplo, los silos con una tolva que se mezcla de una forma cilíndrica en una forma cuneiforme caen en esta categoría.

- Las reglas para el cálculo de tanques se aplican solo para fluidos bajo presión atmosférica normal.
- Las cargas en los techos de los silos y tanques están sujetas a las normas pertinentes DIN 1055-3, DIN 1055-4, E DIN 1055-5, DIN 1055-9 y DIN 1055-10.
- Los cálculos para silos con operación rotativa no están dentro del alcance de esta norma.
- Los cálculos para silos contra tensiones dinámicas, que pueden aparecer durante la descarga, tales como temblores de silo, sacudidas, ululación y golpeteo de silo, no están dentro del alcance de este estándar.

Por lo tanto, en términos de la aplicabilidad de esta norma, no se puede descartar su ocurrencia ni asegurar que la estructura del silo esté suficientemente dimensionada para las tensiones que provocan.

1.5.2. Cálculo de cargas

Se definirá como:

- P_v = Presión vertical que actúa sobre una sección del producto ensilado en kg/m^2 .

- P_v =Presión horizontal que actúa sobre las paredes del silo en kg/m^2 .
- P_w =Fuerza de rozamiento producto ensilado-paredes en kg/m^2 .
- F =Superficie de la sección interior en m^2 .
- U =Perímetro interior en metros.
- γ =Peso específico del producto ensilado kg/m^3 .
- δ =Ángulo de rozamiento entre el producto ensilado y la pared del silo.
- $\text{tg } \delta = P_w/P_h = \mu$ =Coeficiente de rozamiento producto-pared.
- ρ =Ángulo de rozamiento interno del grano.
- Para un producto granular con diámetro medio de granulo 0,2 mm.
 - Ángulo de rozamiento durante llenado $\delta_f = 0,75 \rho$
 - Ángulo de rozamiento durante vaciado $\delta_e = 0,60 \rho$

Para un producto ensilado polvoriento con diámetro medio del granulo 0,06 mm, ángulo de rozamiento durante llenado y vaciado $\delta_e = \delta_f = 1 \rho$

- Para diámetros de gránulo, entre 0,2 mm y 0,6 mm.

Tomar en cuenta que la humedad del producto ensilado altera los valores anteriores.

- λ =relación entre presión horizontal y presión vertical= P_h/P_v
 - Para el llenado $\lambda_f = 0,50$
 - Para el vaciado $\lambda_e = 1,00$

La presión horizontal es máxima durante el vaciado, mientras que la presión vertical y la fuerza de rozamiento son máximas durante el llenado.

1.5.2.1. Cargas a profundidad

Cálculo de las cargas a profundidad considerando como finita e infinita

1.5.2.1.1. Finita

La presión lateral a la profundidad Z:

$$P_z = P_{max} \left(1 - e^{-\frac{Z}{Z_o}}\right)$$

Donde:

$$Z_{of} = \frac{P_{vf \max}}{\lambda} = \frac{F}{\lambda_f \mu_f U}$$

$$Z_{oe} = \frac{P_{ve \max}}{\lambda} = \frac{F}{\lambda_e \mu_e U}$$

1.5.2.1.2. Infinita

- Llenado

- Presión horizontal máxima

$$P_{hf \max} = \frac{\gamma F}{\mu_f U}$$

- Presión vertical máxima

$$P_{vf \max} = \frac{\gamma F}{\lambda_f \mu_f U}$$

- Fuerza de rozamiento

$$P_{vf \max} = \frac{\gamma F}{U}$$

- Vaciado

- Presión horizontal máxima

$$P_{he \max} = \frac{\gamma F}{\mu_e U}$$

- Presión vertical máxima

$$P_{ve \max} = \frac{\gamma F}{\lambda_e \mu_e U}$$

- Fuerza de rozamiento

$$P_{ve\ max} = \frac{\gamma F}{U}$$

1.5.2.2. Influencias incrementadoras de carga

- Puentes de producto ensilado: la formación de bóvedas y su posterior caída produce presiones mayores sobre el fondo. Para estos casos esta norma prevé que las presiones sobre el fondo deben multiplicarse por un coeficiente de seguridad de 2.
- Conducción de aire: para el caso de los silos para almacenamiento de productos granulosos, la presión horizontal se ha de aumentar en la presión de insuflado, que varía linealmente desde el punto de insuflado hasta la superficie. Para el caso de productos polvorientos no se han apreciado aumentos de presión dignos de tenerse en cuenta.
- Influencias reductoras de la carga: la presión lateral sobre las paredes y a partir de una altura máxima de 1,2 d, o bien 0,75 h, puede reducirse hasta alcanzar en la parte más baja de las celdas, el valor de la presión de llenado.

1.6. Mantenimiento

Necesario para la conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada y evitar su degradación

1.6.1. Definición

El mantenimiento se refiere a la actividad o actividades que se realizan con la finalidad de mantener un activo (maquinaria o incluso, gestiones administrativas) en su estado funcional. El dar mantenimiento no es algo que se realiza una única vez, se realiza a través del paso del tiempo, por la cantidad de uso o por algún cambio externo que lo requiera.

El tema de mantenimiento tiene vital importancia en empresas industriales ya que principalmente la maquinaria que se utiliza en las plantas necesita ser confiable cada vez que se usa; además de estar siempre disponible cuando se le requiera; y esto se logra a través de un mantenimiento continuo en ella.

Cabe mencionar que el encargado de llevar a cabo el mantenimiento debe ser alguien que conozca el activo a mantener y experto en la materia.

1.6.1.1. Clasificación

Se logra apreciar una distinción entre varios tipos de mantenimiento: mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo y mantenimiento en uso. A continuación, se especifican dos tipos:

1.6.1.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en mantener las funciones del activo al mismo nivel, sin necesidad de presenciar algún síntoma o alguna falla en el bien. Consiste en el desarrollo de un plan en donde se realicen acciones de mantenimiento de forma anticipada.

El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es la evasión de futuras fallas y anomalías en la maquinaria o en el bien que se esté tratando. Para lograrlo es importante el establecimiento de un programa de inspección y de control.

1.6.1.1.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo o también llamado mantenimiento de conservación es el más básico y el más primitivo de todos; ya que, consiste básicamente en la reparación del daño que se presente.

Este tipo de mantenimiento se realiza inmediatamente al ser detectada la falla o la pieza que falla. Puede corregirse por medio de la reparación o por el remplazo. El mantenimiento correctivo es inevitable en cualquier industria, sin embargo, se intenta mitigar por medio del mantenimiento preventivo, ya que, aunque no se desee, el mantenimiento correctivo implica tiempos muertos en el proceso y repercute en la calidad y productividad de la empresa.

1.7. Morteros

Generalmente, se utilizan para obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de paredes.

1.7.1. Definición

Se define como mortero a las mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos, agua, áridos y, en ocasiones, aditivos o adiciones. El mortero tiene la peculiaridad de ser empleado en muy distintas aplicaciones en edificación.

1.7.2. Usos

Los morteros principalmente tienen un uso enfocado hacia la albañilería común, si bien pueden tener otras aplicaciones derivadas de las prestaciones específicas de los morteros especiales.

1.7.3. Ejemplos

Se detallan a continuación ejemplos de los morteros con prestaciones específicas

1.7.3.1. Morteros diseñados

Son morteros cuya composición y sistema de fabricación se han elegido por el fabricante con el fin de obtener unas propiedades demandadas específicamente por el cliente.

1.7.3.2. Morteros de receta o prescritos

Son morteros que se fabrican con unas composiciones determinadas y cuyas propiedades dependen de las proporciones de los componentes declarados.

1.7.3.3. Morteros industriales

Son aquellos que se han dosificado, mezclado y, en su caso, amasado con agua en una fábrica y suministrado al lugar de construcción.

1.7.3.3.1. Morteros húmedos

Son mezclas ponderales de sus componentes primarios (conglomerantes o conglomerantes, áridos y aditivos). Además, pueden tener adiciones en proporciones adecuadas. Se amasan en una fábrica con el agua necesaria hasta conseguir una mezcla homogénea para su utilización. Los morteros húmedos precisan añadir retardadores.

1.7.3.3.2. Morteros secos

Son mezclas ponderales de sus componentes primarios (conglomerante o conglomerantes y áridos secos). Además, pueden tener aditivos o adiciones en proporciones adecuadas preparadas en una fábrica. Se suministran en silos o en sacos y se amasan en la obra, con el agua precisa, hasta obtener una mezcla homogénea para su utilización.

1.8. Agregados

Los agregados, compuestos de materiales geológicos tales como la piedra, la arena y la grava, se utilizan virtualmente en todas las formas de construcción. Se pueden aprovechar en su estado natural o bien triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños.

1.8.1. Definición

Son sustancias o materiales añadidos, antes o durante la mezcla del mortero, en pequeñas cantidades con relación a la masa del cemento (su proporción no supera el 5 % en masa del contenido de cemento). Su función es

aportar a las propiedades del mortero, tanto en estado fresco como endurecido, determinadas modificaciones bien definidas y con carácter permanente.

Los agregados pueden ser de piedra triturada, grava, arena, entre otros. Sirven como refuerzo para adicionar fuerza al material compuesto total. A los agregados gruesos a veces se les llama gravas; a los finos, arenas.

1.8.2. Usos

Estos componentes pueden producir una única modificación en las características del mortero la cual es su función principal y pueden venir acompañados de funciones secundarias dependiendo de las características de su composición.

1.8.3. Ejemplos

Dentro de los principales agregados podemos mencionar a los aireantes, plastificantes, retardantes, hidrofugantes y retenedores de agua.

1.8.3.1. Aireante

Modifican el contenido de aire, este efecto consiste en la introducción dentro de la masa de mortero de pequeñas burbujas de aire y tienen como beneficios:

- Debido a su forma esférica y flexible actúan como lubricante. Interrumpe la red capilar de la masa del mortero, impidiendo la penetración de agua y productos de hidratación del cemento.

1.8.3.2. Plastificante

Este efecto provoca que aumente la docilidad del mortero en estado fresco. Se consigue mediante la dispersión temporal de las partículas de cemento, que da como resultado:

- Reducción de la relación agua/cemento en beneficio de la resistencia mecánica y la durabilidad.
- Aumento de la plasticidad del mortero permaneciendo la mezcla trabajable durante un mayor período de tiempo.

1.8.3.3. Retardantes

Son aditivos que retrasan el tiempo de fraguado del cemento, de modo que aumenta el periodo necesario para que los morteros pasen del estado plástico al estado sólido. Así, prolongan el tiempo de trabajabilidad del mortero.

1.8.3.4. Hidrofugantes

Están compuestos principalmente por ácidos grasos saturados o insaturados. El principal efecto de estos aditivos es minimizar la absorción de agua por los capilares del mortero endurecido.

1.8.3.5. Retenedores de agua

Estos aditivos aumentan enormemente la capacidad de retención de agua e impiden, así, que el mortero pierda agua con demasiada rapidez

1.9. Legislación

En base a la legislación aplicable vigente se puede mencionar al código de trabajo de Guatemala y normas municipales

1.9.1. Código de trabajo de Guatemala

La empresa se rige con base en el *Código de trabajo* de Guatemala, el cual estipula lo siguiente:

“Artículo 88. Salario o sueldo es la retribución que el patrono debe pagar al trabajador en virtud del cumplimiento del contrato de trabajo o de la relación de trabajo vigente entre ambos. Salvo las excepciones legales, todo servicio prestado por un trabajador a su respectivo patrono debe ser remunerado por éste.

El cálculo de esta remuneración, para el efecto de su pago, puede pactarse:

- a) por unidad de tiempo (por mes, quincena, semana, día u hora);
- b) por unidad de obra (por pieza, tarea, precio alzado o a destajo); y
- c) por participación en las utilidades, ventas o cobros que haga el patrono, pero en ningún caso el trabajador deberá asumir los riesgos de pérdidas que tenga el patrono.”

“Artículo 103. Todo trabajador tiene derecho a devengar un salario mínimo que cubra sus necesidades normales de orden material, moral y cultural y que le permita satisfacer sus deberes como jefe de familia.

Dicho salario se debe fijar periódicamente conforme se determina en este capítulo, y atendiendo a las modalidades de cada trabajo, a las particulares condiciones de cada región y a las posibilidades patronales en cada actividad intelectual, industrial, comercial, ganadera o agrícola.

Esa fijación debe también tomar en cuenta si los salarios se pagan por unidad de tiempo, por unidad de obra o por participación en las utilidades, ventas o cobros que haga el patrono y ha de hacerse adoptando las medidas necesarias para que no salgan perjudicados los trabajadores que ganan por pieza, tarea, precio alzado o a destajo.”¹

¹ Congreso de la República de Guatemala, *Código de Trabajo*, Decreto Número 1441. Fecha de vigencia: 16 de agosto de 1961.

1.9.2. Normas municipales

El proyecto para implementar se rige de acuerdo con el acuerdo COM-13-2016 el cual, con base en el *Código de trabajo* de Guatemala, el cual estipula lo siguiente:

“Artículo 5. Conforme la clasificación que determina el artículo 9 del *Reglamento de Tránsito*, Acuerdo Gubernativo número 273-98, se restringe la circulación de vehículos pesados y especiales de lunes a viernes, en el horario de 5:00 a.m. a 9:00 horas y de 16:30 a 21:00 horas, teniéndose como vehículo pesado el que tiene más de 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo, que son: autobuses, camiones, remolcadores o cabezales; y, camiones con remolque, y, como vehículo especial, los de peso y dimensiones de autorización especial: vehículos agrícolas; y vehículos especiales movibles con o sin grúa.

La señalización que corresponda se instalará en los ingresos al municipio de Guatemala. La restricción se aplica en las vías de circulación, que se enumeran a continuación:(...)”²

² Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala, *Acuerdo COM-13-2016*. Fecha de vigencia:05 de octubre de 2016.

2. SITUACIÓN ACTUAL

El funcionamiento de cada una de las áreas de la empresa difiere entre ellas, se realizan tareas distintas y la forma de trabajo del personal es única. En el presente capítulo se evalúa el departamento involucrado en el trabajo de graduación, bodega de materia prima. Indicar su manera de operar actual. Para proporcionar posteriormente una propuesta de mejora y comparar los resultados.

2.1. Procesos del área de almacenamiento

El área de almacenamiento, bodega, es el área encargada de darle recepción a las materias primas brindadas por los proveedores, también son los responsables que estos cumplan con las características adecuadas para darle ingreso al proceso productivo.

2.1.1. Descarga de materia prima

La descarga de materias primas se hace de diversas maneras dependiendo de cómo llegue a la planta, comúnmente se utiliza un montacargas para descargar las plataformas que llegan a bodega.

2.1.2. Control de materia prima

Actualmente para el control en bodega de materia prima se utiliza en método de valuación de inventarios: Primero en entrar, primero en salir, más conocido como por sus iniciales como: PEPS; este método permite realizar la valuación de inventario, tiene en cuenta que los primeros artículos o materiales

que ingresan al inventario son los primeros que salen; es decir, que para enviar al proceso de producción se utilizan los artículos que están desde hace más tiempo almacenados. Se utiliza una plantilla auxiliar llamada *kardex* para llevar este control.

El Kardex es un registro de manera organizada de la mercancía (artículos) que se tiene en bodega. Para hacerlo, es necesario hacer un inventario de todo el contenido, la cantidad, un valor de medida y el precio unitario.

Figura 20. **Kardex utilizado para control de inventarios**

CONTROL DE INVENTARIO												
ARTÍCULO			CAL	EXISTENCIA MÍNIMA								
MÉTODO			PEPS	EXISTENCIA MÁXIMA								
FECHA			DETALLE	ENTRADAS			SALIDAS			EXISTENCIAS		
Día	Mes	Año		Cant	P/un	Total	Cant	P/un	Total	Cant	P/un	Total

Fuente: elaboración propia.

2.2. Costos indirectos de almacenaje

Llamados así a los gastos comunes que no se pueden atribuir a ningún artículo.

2.2.1. Mano de obra indirecta

Los costos indirectos de almacenaje influyen en la mano de obra por la formación y entrenamiento hacia los colaboradores, así como los costos de administración y de estructura. La mano de obra indirecta participante en el proceso de fabricación de los morteros secos y agregados proviene del equipo de colaboradores de bodega.

- Jefe de bodega, auxiliares y operadores

2.2.2. Abastecimiento

Los costos de abastecimiento son en los que cae la empresa por el pedido de reabastecimiento de materia prima del proveedor y los costos incurridos para la descarga de plataformas.

Tabla II. **Costos de abastecimiento**

Costos de abastecimiento	
Costo de abastecimiento por plataforma	Q. 1 895,00
Costo de abastecimiento por saco <i>big bag</i>	Q. 1 700,00

Fuente: elaboración propia.

2.3. Método de reabastecimiento

La empresa para la producción de morteros secos y agregados se abastece de dos maneras, por saco y por plataforma; estos se detallan a continuación:

2.3.1. Por saco

Proceso automatizado que permiten una mayor capacidad de almacenamiento y reduce las necesidades de mano de obra, ajustando la alimentación del sistema de transporte a tolvas en función de la capacidad requerida en cada momento.

Consiste en la recepción de plataformas que contienen 20 toneladas de cal, dispuestas en 20 sacos *Big Bag* con 1 tonelada métrica cada uno. Estos deben ser descargados de la plataforma y luego llevados hasta el área de carga del silo de 30 toneladas.

Figura 21. **Saco de alimentos**

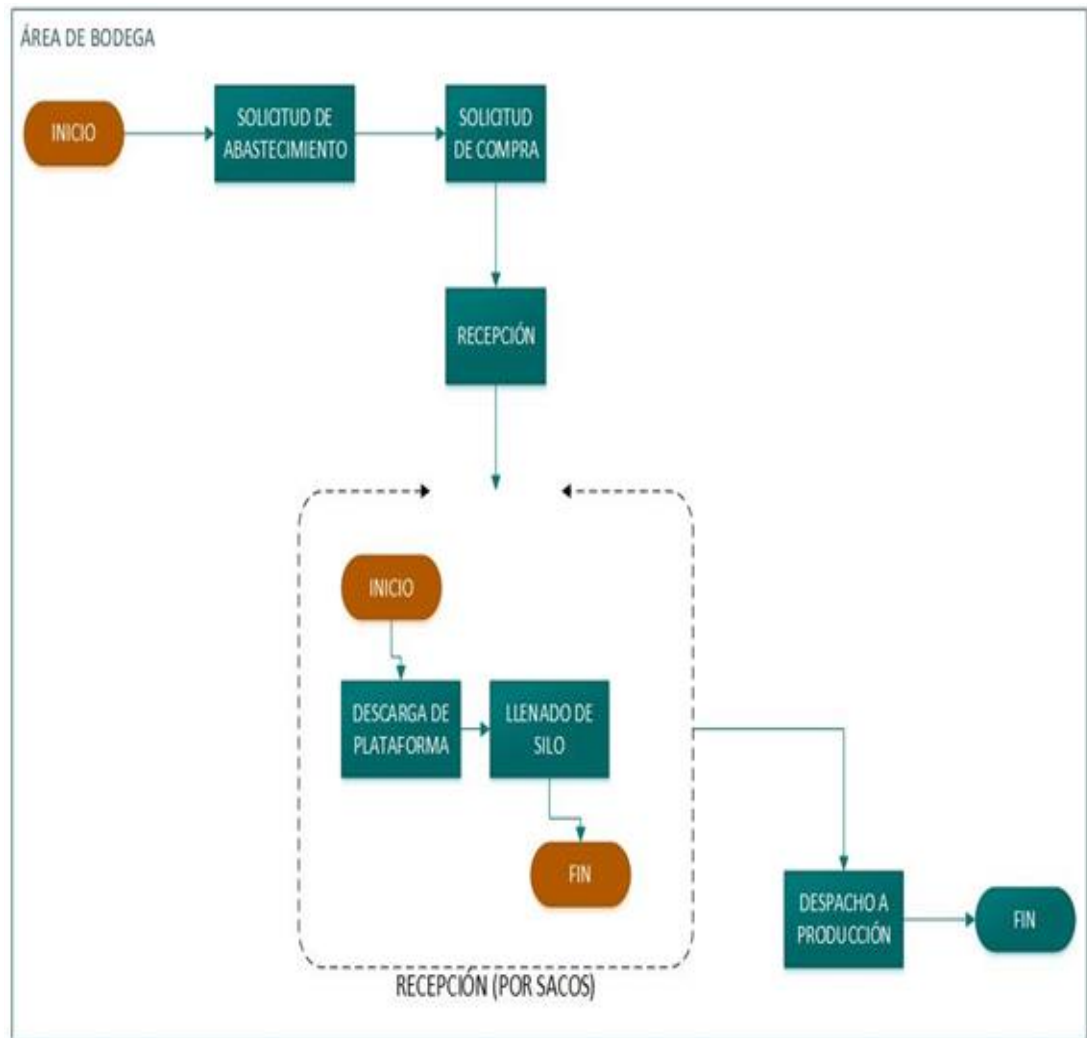


Fuente: *Bolsones Avellaneda*. <http://avellaneda.anunciosgratis.com.ar/bolsones-big-bag-para-aridos-alimentos-cal-en-avellaneda-tGy5>. Consulta: 31 de enero de 2018.

2.3.1.1. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de abastecimiento para bodega utilizado en la empresa; en este caso, se emplean *big bags*.

Figura 22. Diagrama de flujo del método de abastecimiento



Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. Costos

Dentro de los costos del abastecimiento a granel se puede destacar que se reduce el costo por pedido y se obtiene como beneficio; es el aumento de suelo disponible del área de bodega para almacenar otros insumos o artículos.

2.3.1.2.1. Por descarga

La mano de obra requerida para la descarga de los sacos y puesta en el silo de almacenaje es:

- 1 supervisor en planta
- 1 operador de grúa (3 turnos)
- 1 operador de montacargas
- 2 maniobristas (3 turnos)

Tabla III. Costos de reabastecimiento por saco

Costos de reabastecimiento por Saco <i>big bag</i>			
Descripción	Salario (sin prestaciones)	Cantidad (mensual)	Total
Supervisor de bodega	Q.4 000,00	1	Q.4 000,00
Operador de grúa	Q.3 200,00	1	Q.3 200,00
Operador de montacargas	Q.3 000,00	1	Q.3 000,00
Costo por pedido	Q.1 895,00	10	Q.18 950,00
		Total	Q.29 150,00

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Por plataforma

Proceso de abastecimiento en el cual llegan a la planta plataformas cargadas con tarimas *pallets* de cemento, cada una con 40 sacos de 25 kg; estas plataformas son descargadas con montacargas y dispuestas en la bodega de materia prima.

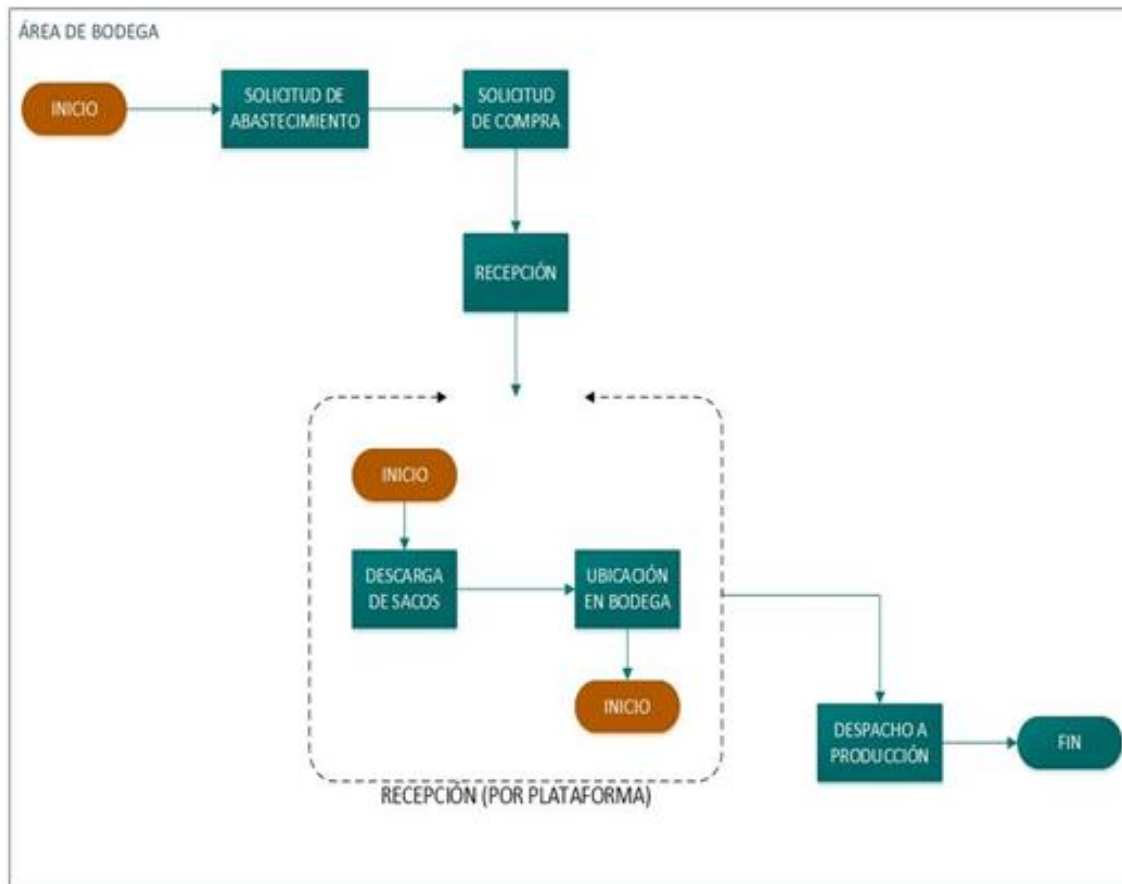
Luego, estos sacos son utilizados para alimentar una tolva equipada con una compuerta de barras para el corte del flujo de material durante operaciones de mantenimiento. Luego, se descarga el material en una cinta equipada con variador de velocidad de forma que se asegure un caudal de alimentación continuo a la siguiente cinta inclinada encargada de la elevación del material hasta la zona alta de las tolvas.

Las tolvas se dimensionan para distintas capacidades dependiendo del porcentaje de material necesario en la mezcla, que será determinado a partir del tipo de mortero o agregado que se desee fabricar.

2.3.2.1. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de reabastecimiento utilizado en la empresa, empleando plataforma. Involucrando a los procesos principales Desde el inicio del proceso con la solicitud de abastecimiento, la generación de la solicitud de compra hasta el despacho a producción de los materiales.

Figura 23. Diagrama de flujo por plataforma



Fuente: elaboración propia.

2.3.2.2. Costos

Se enlistan a continuación los por descarga y reabastecimiento por plataforma.

2.3.2.2.1. Por descarga

- 1 supervisor de bodega

- 1 operador de montacargas
- 1 colaborador para abastecimiento de líneas de producción

Tabla IV. **Costos por descarga, reabastecimiento por plataforma**

Costos de reabastecimiento por plataforma			
Descripción	Salario (sin prestaciones)	Cantidad (mensual)	Total
Supervisor de bodega.	Q.4 000,00	1	Q.4 000,00
Operador de montacargas.	Q.3 000,00	1	Q.3 000,00
Operadores de abastecimiento de líneas.	Q.3 000,00	1	Q.3 000,00
Costo por pedido.	Q.1 700,00	11	Q.18 700,00
Total			Q.28 700,00

Fuente: elaboración propia.

2.4. Infraestructura actual de almacenamiento

En la empresa se cuenta con el área de bodega con 5 colaboradores distribuidos en cinco puestos de trabajo. Encargados de la supervisión y operación de la bodega.

2.4.1. Bodega

Denominado así al espacio destinado, bajo ciertas condiciones, al almacenamiento de distintos bienes. En la empresa la bodega tiene las siguientes características.

2.4.1.1. Colaboradores

Actualmente, el área de bodega de materia prima cuenta con los siguientes colaboradores:

Tabla V. **Colaboradores de bodega de materia prima**

Colaboradores bodega de materia prima	
Descripción	Cantidad
Supervisor de bodega	1
Operador de montacargas	1
Operador de abastecimiento de líneas	1
Operador de grúa	1
Maniobristas	1

Fuente: elaboración propia.

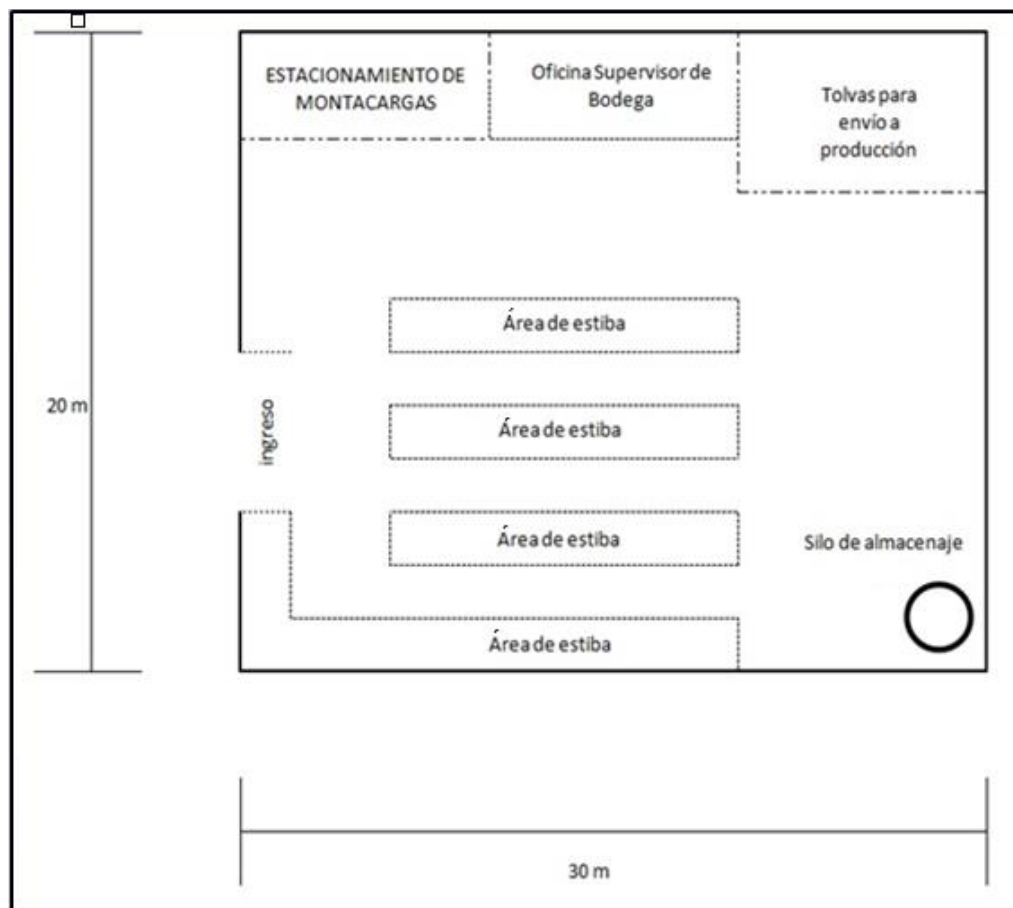
2.4.1.2. Dimensiones

En la siguiente figura se observan las diferentes áreas de la bodega actual de la empresa, se incluyen las dimensiones totales, así como la ubicación del silo de almacenaje de cal

- Área de estiba

- Estacionamiento de montacargas
- Oficina supervisor de bodega
- Tolvas para envío a producción
- Silo de almacenaje

Figura 24. Dimensiones de bodega de materia prima



Fuente: elaboración propia.

2.4.1.3. Capacidad

En la siguiente tabla se puede observar la capacidad instalada actual para almacenar cal en el silo dentro de la bodega.

Tabla VI. **Capacidad instalada de almacenaje**

Tipo	Capacidad
Espacio de estiba para cal	50 toneladas

Fuente: elaboración propia.

2.5. Indicadores

Todo proceso para que pueda ser mejorado debe ser previamente medido y controlado.

2.5.1. Índice de productividad

Puede utilizarse para comparar el nivel de eficiencia de la empresa, ya sea en un conjunto, o respecto de la administración de uno o varios recursos en particular.

Tabla VII. **Productividad laboral**

Índice	Dimensiones	Actual
Índice de productividad	Sacos/hora	62

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Tiempo de traslados

Los tiempos de traslados se presentan en la siguiente tabla, aquí se incluyen las horas-hombre utilizadas en la descarga de las materias primas utilizadas en el proceso actualmente.

Tabla VIII. **Horas hombre para descarga de materia prima**

Procedimiento	Horas requeridas	Colaboradores requeridos	Total de horas-hombre requeridas
Tiempo de descarga, cargas paletizadas.	4	6	24
Tiempo de descarga, cargas no paletizadas.	3	7	21

Fuente: elaboración propia.

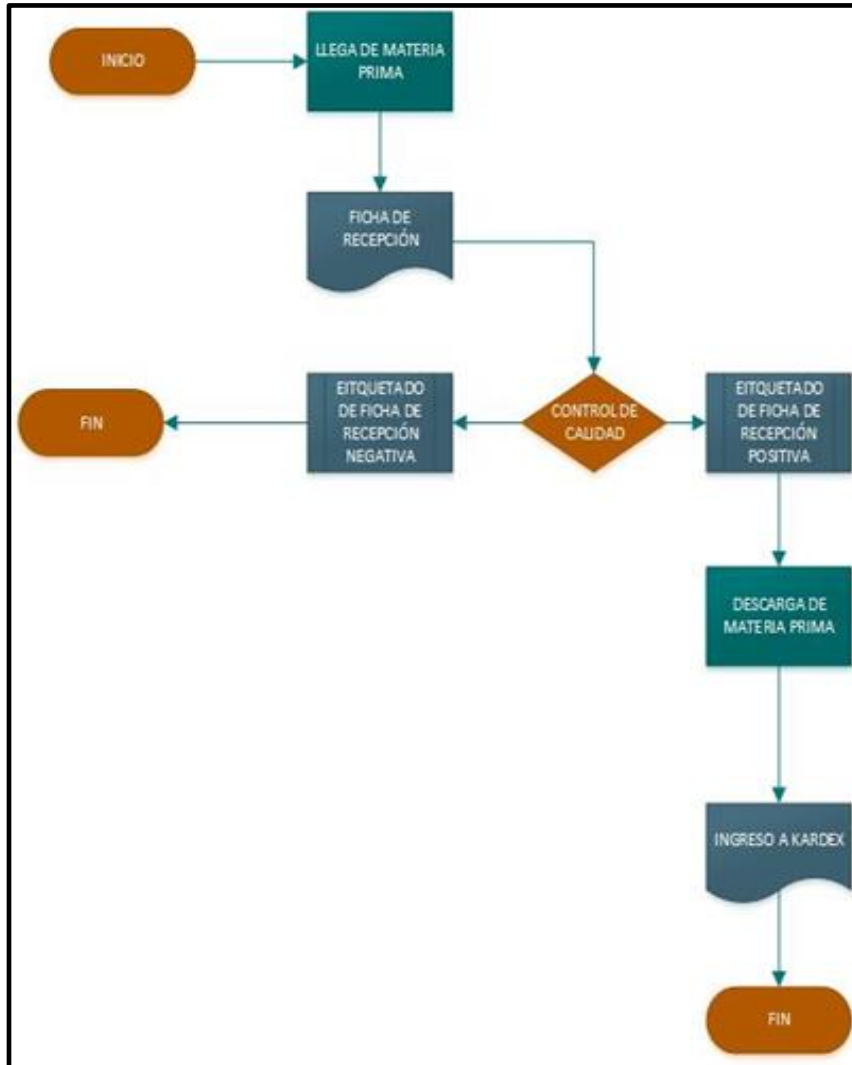
2.6. Diagramas de flujo

Los diagramas nos ayudan, como una guía gráfica a tener un mejor entendimiento de los procesos.

2.6.1. Entrada de materia prima

En el siguiente diagrama se observa el proceso utilizado actualmente en la empresa para la entrada de la materia prima y sus procesos principales

Figura 25. **Entrada de materia prima**

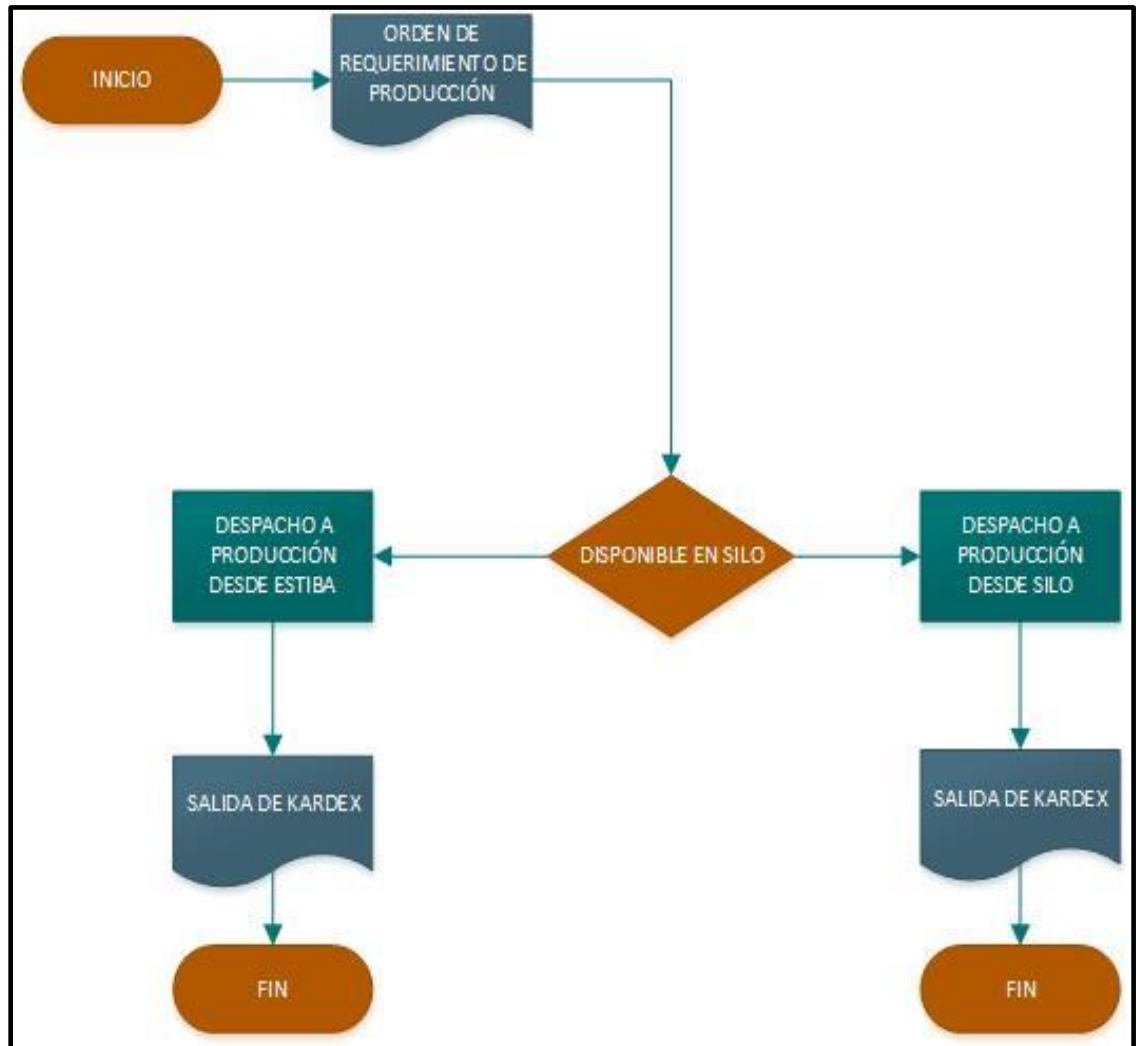


Fuente: elaboración propia.

2.6.2. **Salida de materia prima**

Se presenta mediante el siguiente diagrama el despacho de la materia prima hacia producción.

Figura 26. **Salida de materia prima**



Fuente: elaboración propia.

2.7. **Procesos de producción**

Sistema de acciones que interrelacionadas de forma dinámica orientan la transformación de las materias primas en productos terminados.

2.7.1. Morteros secos

El proceso de producción del mortero consta básicamente de un sistema de silos, para el acopio de las materias primas y desde estos se realiza la dosificación de forma analítica; se cuantifica la cantidad de las sustancias según su peso, hasta una mezcladora, donde se realiza la mezcla con la composición exacta del mortero solicitado.

Luego, se procede a su almacenaje como producto terminado.

2.7.2. Agregados

En el caso de la arena se criba; pero, si se trata de grava, se tritura en diversas fases, según se requiera, hasta que, mediante bandas de transportación arriba a una quebradora, en donde se obtiene el material en las medidas requeridas; este se clasifica y almacena como producto terminado cuidadosamente para evitar contaminación.

3. PROPUESTA PARA REDISEÑO Y MONTAJE DE UN SILO PARA MATERIAL CALIZO

3.1. Diseño del silo

En este apartado se hace referencia a las dimensiones que tendrá el tanque de almacenamiento metálico para el material calizo.

3.1.1. Diseño mecánico

Un diseño efectivo nos garantiza un funcionamiento adecuado y seguro para la operación.

3.1.1.1. Descripción de la propuesta

Silo vertical de 20 metros cúbicos de capacidad para contener 30 toneladas métricas de material calizo, las dimensiones serán de 210 cm de diámetro por 660 cm de altura.

Construido en acero inoxidable autentico del tipo 304 resistente a las condiciones atmosféricas. La forma del cuerpo es cilíndrica con fondo elíptico. El tanque de almacenamiento dispone de un indicador de nivel local que permite controlar el volumen almacenado y de una escalera para acceder a su techo.

Figura 27. **Tanque de almacenamiento previo al izaje**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Obra civil

El terreno de la planta de TRATESA se encuentra en una zona plana sin accidentes naturales que puedan presentar riesgos de desprendimientos de tierras ni arrastres de aguas.

3.1.3. Diseño de componentes

En la selección de los componentes del silo es necesario tomar en cuenta la cantidad de material que se almacenará en el contenedor, así como el flujo de descarga.

3.1.4. Diseño de equipos periféricos

- Conexión brida diámetro 670 mm para filtro
- Conexión brida cuadrada 1 000 x 1 000 para panel de venteo
- Rejilla debajo del panel
- Brida entre DN150 y DN250 para válvula de seguridad
- Conexión brida entre DN100 y DN150 para entrada de producto
- Juego de ganchos de izado necesarias
- Sufridera perimetral
- Conexión 2" para interruptor de nivel
- Conexión brida soporte para extractor vibrante (salida diámetro 1 800 mm)

3.2. Selección de estructura a utilizar

La estructura dependerá del uso que se requiera para el silo, en este caso la adecuada es una estructura soldada.

3.2.1. Estructura soldada

La estructura del silo es soldada mediante el siguiente proceso se erguirá el silo:

3.2.1.1. Trazado

Después de proteger las chapas con adhesivo para que no se dañe su superficie se realiza el trazado del despiece para máximo aprovechamiento de chapa.

3.2.1.2. Corte y curvado

El corte de las chapas metálicas se realizará mediante el proceso de Cizalla, este permitirá un corte recto de lámina y placa. Se emplearán dos cuchillas que se deslizan entre sí que efectúan el corte basándose en un aplastamiento.

En la siguiente figura se observa una máquina curvadora, utilizada para la operación de moldeo de chapas metálicas.

Figura 28. **Curvadora de rodillo**



Fuente: elaboración propia.

3.2.1.3. Operaciones de mecanizado

El plegado de chapas y flejes se realiza en prensas plegadoras, los trabajos de embutido se subcontratan a empresas especializadas en este tipo de trabajos; se realizan generalmente en prensa. Se utilizará un torno de bancada horizontal.

Las costuras longitudinales y circulares con soldadura con doble protección de argón. El pulido se realizará con pulidoras manuales para limar asperezas en la superficie metálica.

3.3. Cumplimiento de normas

El cumplimiento de la normativa vigente aplicable a cada país es de vital importancia para brindar la seguridad necesaria y cumplir con las regulaciones.

3.3.1. Normas eléctricas

De acuerdo con las normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., hace referencia a las acometidas eléctricas en el anexo IV: normas de condiciones generales para el servicio en baja tensión y requisitos constructivos para acometidas de servicio eléctrico (MT 2.60.03), se toma en cuenta para el montaje del silo:

- El punto de medición será determinado por la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., de común acuerdo con el usuario.
- El equipo de medida irá en un armario o celda, en el lado de baja tensión y estará ubicado en un local cerrado; para ese uso específico, con acceso desde la vía pública y provisto de puerta y cerradura normalizada por

Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. de tal modo que facilite la lectura, inspección y verificación del equipo.

3.4. Selección de grúa articulada para el izaje de los componentes

La selección de la grúa debe considerar la capacidad de carga y ángulos de giro en el espacio en que se operará.

3.4.1. Consideración de capacidad de carga

El silo tiene una Altura máxima de 6,6 metros; tiene una sección circular de 2,5 metros, con un peso vacío teórico de 2 500 kilogramos; por factores de seguridad se añade el 5 % al peso teórico y se añade 0,5 Tm. Un total de 1,69 Tm de carga máxima.

3.4.2. Consideración de ángulos de giro

La grúa requerida debe maniobrar dentro del espacio destinado para el montaje, el cuáles es un terreno rectangular de 40 metros de largo por 27 de ancho.

3.4.3. Selección de grúa

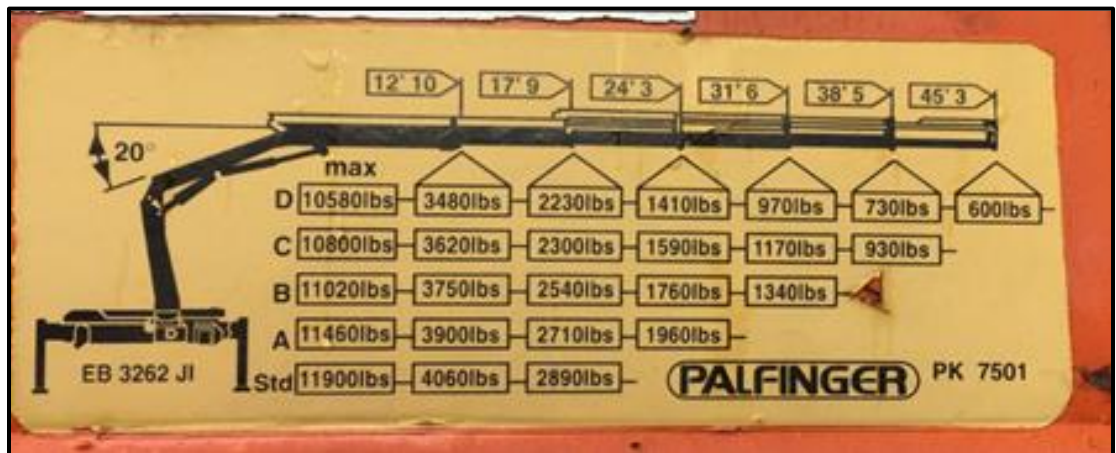
De acuerdo con la disponibilidad de arrendamiento de grúas dentro de Guatemala, se selecciona la grúa articulada tipo: grúa sobre camión, marca Palfinger, serie 7501, modelo: B. La cual tiene las siguientes especificaciones de trabajo:

Tabla IX. **Especificaciones de trabajo grúa articulada**

Atributo	Capacidad
Radio de giro	13,7 metros
Capacidad de izaje	5,5 toneladas métricas
Altura máxima	9,6 metros

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Capacidad de izaje en cada segmento del brazo de grúa**



Fuente: elaboración propia.

3.5. Armado mecánico del tanque de almacenaje

- Seleccionar una posición en el sitio de trabajo donde el suelo esté seco, compactado, nivelado y estable, para garantizar la estabilidad del silo.

- Un suelo más suave requerirá el uso de zapatas o bases de concreto de 24 x 24 x 6 pulg de hormigón reforzado, con una resistencia a la compresión mínima de 3,500 psi.
- Las bases deben construirse con tres piezas separadas de madera contrachapada tratada de 24 x 24 pulgadas que tienen un grosor de 3/4 de pulgada y se laminan entre sí con tornillos o con chapas de acero de 24 x 24 x 1 pulg.
- Asegurar el tercer punto de contacto entre el silo y la grúa elevadora utilizando una cadena, este tercer punto de contacto es necesario para evitar que el silo se resbale.
- Levantar y reclinar lentamente la posición de la grúa mientras despeja el silo de la grúa.
- Colocar la torre.
- Instalar una escalera inferior que permite la admisión a la plataforma de barandas de seguridad cuando se accede.
- Revisar la cesta de flujo de material para determinar la posición u obstrucciones.
- Colocar y asegurar firmemente el anillo de seguridad en la parte superior del silo utilizando los pasadores de seguridad.
- Fijar la cortina antipolvo al anillo de seguridad.

- Levantar la torre a la altura deseada hasta que los orificios en la base del silo coincidan con los orificios en el conjunto del tubo receptor.
- Asegurar el silo insertando los cuatro pasadores de la base a la altura deseada, luego insertar los pasadores de seguridad en los orificios de los cuatro pasadores de la base para bloquear los pasadores en su lugar.
- Apretar a mano los pernos del estabilizador y luego apretar completamente con una llave.

3.6. Ensamble de componentes

Se describe, a continuación, el ensamble de los diversos componentes de la estructura.

3.6.1. Indicador de nivel

Los indicadores de nivel de contenedor de tipo ILT están diseñados para la señalización eléctrica por acción rotativa del nivel mínimo o máximo de material dentro de contenedores, tolvas o silos.

3.6.2. Elevadores

El sistema de elevación de tornillo vertical VE consiste en un alimentador de tornillo horizontal y un transportador de tornillo vertical. El material de alimentación del alimentador de tornillo horizontal desde un silo o tolva o que lo transporta alimentado por un dispositivo de alimentación corriente arriba; consiste en una cubeta de acero al carbono en forma de U o tubular con un acabado de superficie adecuado.

La zona de salida del alimentador de tornillo horizontal consiste en una sección tubular corta bridada tangencialmente en ángulo recto en la sección inferior del transportador de tornillo vertical. Una brida está soldada en cada extremo del alimentador de tornillo horizontal.

El canal o tubo contiene un tornillo giratorio con casquillos de acoplamiento en cada extremo conectado con los ejes de los dos conjuntos de cojinetes de extremo.

El alimentador de tornillo horizontal está equipado con uno o más cojinetes de suspensión intermedios en caso de que su longitud total los requiera; además, el alimentador de tornillo horizontal está equipado con una unidad de accionamiento adecuada para su aplicación.

El transportador de tornillo vertical consiste en un alojamiento tubular completo con la entrada tangencial mencionada anteriormente en la sección inferior que se conecta con la salida del alimentador de tornillo horizontal, un pico de salida inclinado en la sección superior, bridas de extremo soldadas en cada sección del tubo del transportador, un tornillo giratorio en una o más secciones con casquillo de acoplamiento de eje en cada extremo, un conjunto de cojinete de base completo con casquillo deslizante y una serie de cojinetes de suspensión intermedios en caso de que la altura total del transportador los requiera.

La unidad de accionamiento montada en la parte superior con un conjunto de cojinete de extremo integrado (del cual se suspende el tornillo) y el sello del eje autoajutable es adecuado para la aplicación.

3.6.3. Transportador helicoidal

Fabricados de acero al carbono con un acabado de superficie adecuado y un recubrimiento en polvo. Están formados por una cubeta tubular con una boquilla de entrada y salida, una brida soldada en cada extremo del tubo, un tornillo helicoidal enroscado en un tubo central con casquillo de acoplamiento en cada extremo, dos conjuntos de cojinetes de extremo completos con autoajuste sello del eje.

3.6.4. Barandas de seguridad

Las barandas de seguridad son montadas en la parte superior de silo, esta es fabricada a partir de perfiles de acero estructural, laminados en caliente y galvanizados por inmersión. Habitualmente, se soporta por otra estructura de acero independiente o por la torre del elevador.

3.6.5. Panel de control

El sistema es controlado por un panel de operador. Los interruptores de nivel del silo, los filtros, las válvulas, la fuente de alimentación del camión cisterna, el sensor de presión del silo, el suministro de aire comprimido y las condiciones de alarma se controlan y funcionan de manera continua. Todos los parámetros de operación pueden ser ajustados por el usuario. Las operaciones de silo son manejadas por un controlador PLC.

3.6.6. Colectores de partículas

Se utiliza para aplicaciones de ventilación y aspiración. El diseño único del sistema integrado de limpieza por chorro de aire comprimido garantiza una alta

eficiencia, minimizando así el mantenimiento y reduciendo la propiedad del costo total de la planta.

3.6.7. Panel central de control

- Paso 1: conecta el cable a una entrada de red del panel en el PCS.
- Paso 2: enrutar y conectar los cables de la pantalla del panel de control al centro de control del panel.
- Paso 3: para dispositivos adicionales, siga conectando el cable como se describe arriba.
- Paso 4: asegurar de que los terminadores de red machos proporcionados de fábrica estén insertos en las entradas vacías de los dispositivos habilitados para el panel que están al principio y al final de la red. Cuando una red está completamente conectada, no deben existir entradas de red vacías en ningún dispositivo habilitado para el panel.

3.6.8. Panel de potencia individual

El panel de potencia individual se debe acondicionar a un costado del panel de control centra, en este van encajados los botones de emergencia que cortan el suministro de energía al tanque de almacenamiento.

3.7. Graduación de componentes

La correcta operación es derivada de componentes correctamente ensamblados y graduados.

3.7.1. Alineación

La alineación de los componentes del silo es de vital importancia para el buen funcionamiento del silo, para el hermetismo y preservación del material calizo con la húmeda correcta. Este debe ser un proceso meticuloso en el cual se verifiquen todas las uniones y soldaduras de la estructura. Esto evitará posibles rozamientos en bordes de la estructura.

3.7.2. Calibración de torque

La calibración de los tornillos se hará en base a la Tabla X: Calibración de Torque de acuerdo con el grado de tornillo según el diámetro del tornillo y su grado. Tomando como referencia los siguientes criterios

- Diámetro en pulgadas
- Hilos por pulgada
- Estado (seco o lubricado con aceite)
- Grado

Se tienen los parámetros establecidos de calibración para todos aquellos tornillos de grado dos a grado ocho, con diámetros desde 0,25 pulgadas a 1 pulgada.

Tabla X. **Calibración de torque de acuerdo al grado de tornillo**

Grado		2	2	5	5	7	7	8	8
Diámetro pulgadas	Hilos por pulgada	seco	con aceite	seco	con aceite	seco	con aceite	seco	con aceite
1/4	20	4	3	8	6	10	8	12	9
1/4	28	6	4	10	7	12	9	14	10
5/16	18	9	7	17	13	21	16	25	18
5/16	24	12	9	19	14	24	18	29	20
3/8	16	16	12	30	23	40	30	45	35
3/8	24	22	16	35	25	45	35	50	40
7/16	14	24	17	50	35	60	45	70	55
7/16	20	34	26	55	40	70	50	80	60
1/2	13	38	31	75	55	95	70	110	80
1/2	20	52	42	90	65	100	80	120	90
9/16	12	52	42	110	80	135	100	150	110
9/16	18	71	57	120	90	150	110	170	130
5/8	11	98	78	150	110	140	140	220	170
5/8	18	115	93	180	130	210	160	240	180
3/4	10	157	121	260	200	320	240	380	280
3/4	16	180	133	300	220	360	280	420	320
7/8	9	210	160	430	320	520	400	600	460
7/8	14	230	177	470	360	580	440	660	500
1	8	320	240	640	480	800	600	900	680
1	12	350	265	710	530	860	666	990	740

Fuente: elaboración propia.

3.8. Programa de mantenimiento

Con la finalidad de asegurar el buen funcionamiento de la estructura es necesario contar con un programa adecuado de mantenimiento.

3.8.1. Lubricación

Se le debe dar un mantenimiento preventivo al motor que hacer funcionar el alimentador, para este se utilizará grasa lubricante; es necesario este mantenimiento cada 8 meses de uso del equipo de almacenaje.

3.8.2. Calibración de celdas de carga

La causa más común de problemas de precisión en medición de carga es el montaje incorrecto de la célula de carga y la falta de calibración de la misma luego del montaje; esto ocasiona imprecisión en la verticalidad de la carga, generando errores con relación a las fuerzas involucradas.

Las cargas tienen que actuar precisamente en la dirección de la célula de carga. La calibración de esta se debe dar cada 2 años de uso del equipo para garantizar la precisión y exactitud en los valores reportados.

3.8.3. Limpieza mecánica de filtros

Para los filtros recolectores de polvos se debe dar una limpieza con un cepillo de cerdas plásticas y aire comprimido, con la finalidad de remover las partículas alojadas en este. Este paso se realizará cada 6 meses.

3.8.4. Engrase de transportadores

Los transportadores al igual que la caja de engranajes debe ser lubricada cada 8 meses con grasas lubricantes, para evitar el desgaste y alargar la vida útil del equipo.

3.8.5. Mantenimiento de guarda niveles

El guarda nivel o medidor de nivel dentro del silo debe ser calibrado por lo menos 1 vez cada 2 años de uso del equipo de almacenamiento para garantizar lecturas precisas y exactas.

3.8.6. Medición del consumo del motor

La medición del combustible debe ser realizada cada dos años para descartar su mal aprovechamiento y para detectar alguna fuga o desaprovechamiento.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Descripción de la propuesta

Silo vertical de 20 metros cúbicos de capacidad para contener 30 toneladas métricas de material calizo; las dimensiones serán de 250 cm de diámetro por 660 cm de altura. Construido en acero inoxidable autentico del tipo 304 resistente a las condiciones atmosféricas y diseñadas y calculadas con la nueva normativa europea.

La forma del cuerpo es cilíndrica con fondo elíptico. El tanque de almacenamiento dispone de un indicador de nivel local que permite controlar el volumen almacenado y de una escalera para acceder a su techo.

4.2. Plan de acción

El plan de acción se detalla mediante diagramas de Gantt en los cuales se enlistan las principales actividades, duración en semanas y calendarización del proyecto según sus distintas fases, diseño y planificación de montaje; posteriormente, se detalla el recurso humano necesario para esta tarea

4.2.1. Fase de diseño

La fase de diseño se realiza en 6 actividades a lo largo de 17 semanas que inician en el mes de agosto del año 2018 y se ejecutan según el diagrama de Gantt que se muestra a continuación

Figura 30. Fase de diseño del silo

No.	Actividad	Agosto 2018				Septiembre 2018				Octubre 2018				Noviembre 2018				
		32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	Diagnóstico situación actual	■	■	■														
2	Estimación de necesidades				■	■	■											
3	Validación de presupuesto						■	■	■									
4	Cotización de materiales								■	■	■	■	■					
5	Diseño de propuesta												■	■	■	■	■	■
6	Presentación de propuesta																	■

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Planificación de montaje

La fase de montaje se realiza en 15 semanas según la planificación observada en el diagrama de Gantt, desarrollando un total de 11 actividades a lo largo de 4 meses.

Figura 31. Planificación de montaje de la estructura

No.	Actividad	Diciembre 2018				Enero 2019					Febrero 2019				Marzo 2019			
		49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Compra de materiales	■	■	■	■													
2	Preparación de espacio de montaje					■												
3	Cimentaciones						■	■	■	■								
4	Arribo de materiales a planta						■	■	■	■								
5	Contratación de grúa										■							
6	Montaje de bases											■						
7	Montaje de componentes												■					
8	Pruebas de arranque													■				
9	Pruebas eléctricas														■			
10	Pruebas de combustible															■		
11	Auditorías																■	■

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Realización de montaje

De acuerdo con la planificación realizada, se iniciará el montaje; se tiene el inicio del montaje en la semana 2 del mes de enero del año 2019, la semana 23 del proyecto. Se contará con el siguiente personal en la obra:

- 1 jefe de obra civil
- 1 operador de grúa
- 2 auxiliares

4.3. Proceso logístico para trazar la ruta de grúa articulada desde predio hasta punto de montaje

Para el efecto se hace necesario definir cuáles son los puestos considerados estándar por su criticidad para el negocio; el impacto de los puestos se clasificará en alto, medio y bajo para cada uno de los puestos que integren o formen parte de esta categorización.

4.3.1. Consideraciones generales

La principal consideración para el trazado de la ruta es la restricción de horario para el transporte pesado, según el Acuerdo 12-2016 con el cual se prohíbe la circulación de cabezales de lunes a viernes de las 5:00 a 9:00 horas y de 16.30 a 21:00 horas. Dentro de las áreas con restricciones consideradas en la ruta están:

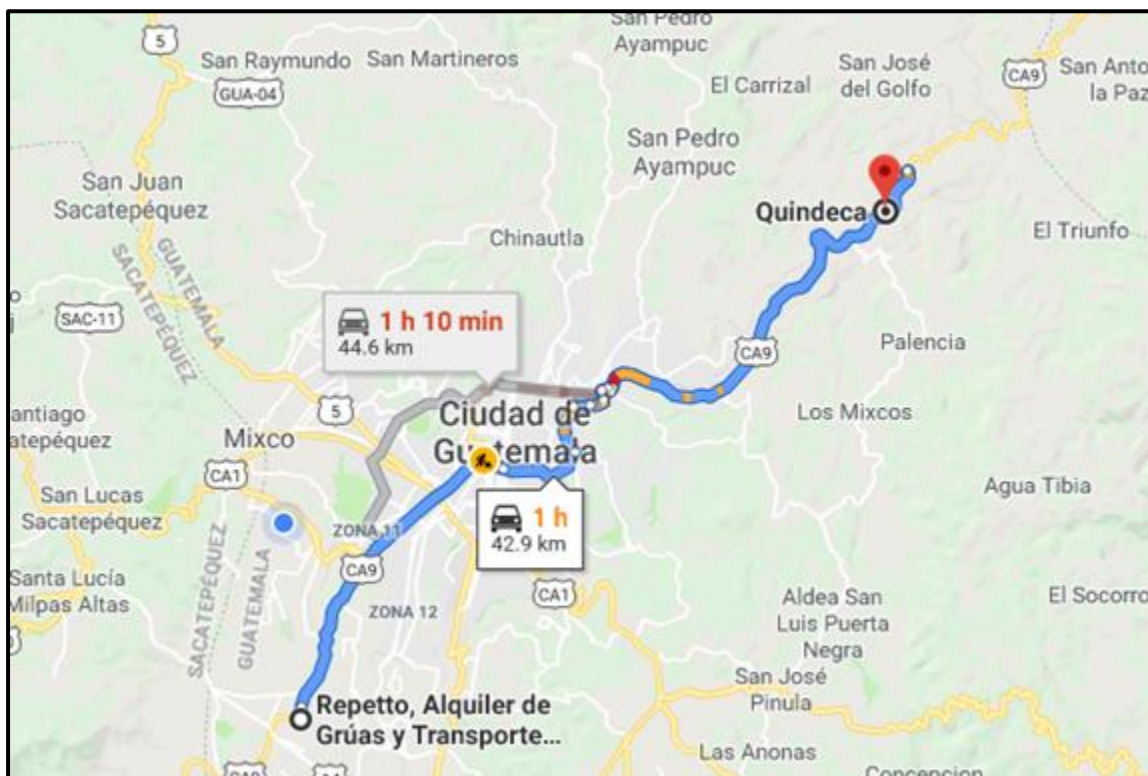
- Ingreso a la ciudad de Guatemala por CA-9 sur, desde el km 20

- Ciudad de Guatemala
- Calzada José Milla y Vidaurre

4.3.2. Trazado de ruta

Se traza sobre la imagen satelital del mapa de la ciudad de Guatemala. La ruta para seguir desde el predio de la grúa hasta el lugar de la realización del montaje.

Figura 32. Ruta de grúa articulada desde estacionamiento hasta el punto del montaje



Fuente: elaboración propia.

4.4. Pruebas técnicas

Estas buscan poner a prueba el buen desempeño de la estructura con el fin de evaluar posibles defectos.

4.4.1. Mecánicas

Pruebas realizadas para la verificación estructural mecánica del silo.

4.4.1.1. Pruebas a presión

Pruebas a presión con agua; en caso excepcional que no sea posible, se podrá sustituir por una prueba neumática utilizando gas como medio, siempre que se provean medidas especiales de seguridad y se recoja en la documentación de la prueba.

4.4.2. Eléctricas

Medición de consumo eléctrico y validación de potencia utilizada por el equipo.

4.4.3. Operaciones de acabado

Las operaciones de acabado se deben realizar una vez que el recipiente se haya sometido al ensayo de presión. Si es estrictamente necesaria cualquier operación térmica o mecánica después de las pruebas de presión y de fugas, se debe repetir de nuevo el tratamiento, las pruebas de presión y de fugas.

4.5. Pruebas de arranque

Además de la inspección por parte del vendedor, un representante del propietario podrá inspeccionar el equipo y presenciar la prueba; en todo momento, derecho a rechazar los materiales de fabricación insatisfactorios.

Cualquier defecto que se encuentre será satisfactoriamente reparado: una vez terminada la reparación, el equipo y sus partes, será completamente probados de nuevo.

Los métodos de examen no destructivos para las soldaduras y los criterios de aceptabilidad deberán ser opcionales por el vendedor, sujetos; sin embargo, a la aprobación del propietario.

4.5.1. Chequeo de consumo de combustible

Se realiza un chequeo del consumo de combustible de sistema, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

- Llenado de tanque de combustible.
- Operación del silo por 4 días.
- Llenado de tanque de combustible.
- Tomar en cuenta cuanto combustible es necesario para esta operación y obtención del dato.

4.5.2. Chequeo de calibraciones

Para el proceso de chequear validaciones se utiliza la siguiente lista de verificación:

Tabla XI. Lista de verificación de calibraciones

No.	Calibración	Estado
1	Celdas de carga	Validado
2	Torque pernos y tornillos	Validado
3	Medidor de nivel	Validado
4	Medidor de combustible	Validado
5	Inclinación	Validado
6	Panel de control	Validado
7	Alineación tolva	Validado

Fuente: elaboración propia.

4.6. Toma de tiempos de abastecimiento a granel

Se realiza la toma de tiempo de abastecimiento para la posterior evaluación de resultados obtenidos.

4.6.1. Comparación de tiempos

Se hace la comparación de tiempos para el abastecimiento a producción de diez lotes de tamaño variable de materia calizo con ambos procesos y la mejor obtenida utilizando el silo metálico de almacenamiento. Se comparan los siguientes procedimientos

- Procedimiento manual

- Procedimiento semiautomático

Durante el ejercicio realizado se obtiene un promedio de mejora del 51 % en el proceso semiautomático con relación al procedimiento manual.

Tabla XII. **Comparación de tiempos de abastecimiento**

Lote	Manual [minutos]	Semiautomático [minutos]	Porcentaje de mejora
20190511	17	9	47 %
20190512	13	6	54 %
20190513	20	10	50 %
20190514	16	7	56 %
20190515	19	10	47 %
20190516	23	11	52 %
20190517	17	8	53 %
20190518	19	9	53 %
20190519	25	12	52 %
20190520	18	10	44 %

Fuente: elaboración propia.

4.7. Procedimiento de uso

El uso adecuado es primordial para el buen funcionamiento del equipo.

4.7.1. Capacitación de colaboradores

El buen procedimiento se logra mediante la correcta capacitación de los colaboradores que tendrán a su cargo el equipo sobre las indicaciones de uso.

4.7.1.1. Indicaciones de uso

- No aplicar más cargas externas al depósito, que las indicadas en este proyecto.
- Evitar en lo posible vibraciones innecesarias.
- Evitar en lo máximo posible las cargas de impacto.
- Temperaturas tanto exteriores e interiores, mínimas de 10 °C.
- Temperaturas tanto exteriores e interiores máximas de 50 °C.
- No manipular en ningún caso la válvula de seguridad.
- El acceso al recipiente quedará exclusivamente autorizado al personal de mantenimiento contratado.
- Mantenimiento en las rutinas indicadas en el plan.
- Evitar impactos sobre la estructura.
- Evitar aplicar agentes corrosivos en la superficie de silo.

4.8. Control de costos

El correcto control de los costos incurridos en la operación permite tener una visual más certera de los procesos críticos.

4.8.1. Abastecimiento

Se detalla el control de costos de reabastecimiento en las 8 semanas posteriores a la implementación del silo.

Tabla XIII. **Control de costos de reabastecimiento**

Semana	Demanda [TM]	Costo de abastecimiento por saco		Costo de abastecimiento silo metálico	
		Cantidad de abastecimiento	Costo	Cantidad de abastecimiento	Costo
1	16	3	Q.5 685,00	2	Q.5 000,00
2	15	2	Q.3 790,00	1	Q.2 500,00
3	15	3	Q.5 685,00	2	Q.5 000,00
4	17	2	Q.3 790,00	1	Q.2 500,00
5	19	3	Q.5 685,00	2	Q.5 000,00
6	18	2	Q.3 790,00	1	Q.2 500,00
7	19	3	Q.5 685,00	2	Q.5 000,00
8	23	2	Q.3 790,00	1	Q.2 500,00

Fuente: elaboración propia.

4.8.2. Almacenaje

Se detallan los costos de reabastecimiento del silo metálico tomando en cuenta los salarios (sin prestaciones) de los colaboradores del área de almacenaje (supervisor de bodega, operadores de abastecimiento de líneas) y costo por pedido. Y el total de los costos para calcular el costo de reabastecimiento por medio del silo metálico.

Tabla XIV. **Costos de reabastecimiento silo metálico**

Descripción	Salario (sin prestaciones)	Cantidad (mensual)	Total
Supervisor de bodega	Q.4 000,00	1	Q.4 000,00
Operadores de abastecimiento de líneas	Q.3 000,00	1	Q.3 000,00
Costo por pedido	Q.2 500,00	6	Q.15 000,00
Total			Q.22 000,00

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA Y SEGUIMIENTO

5.1. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se realiza con la finalidad que el equipo permanezca en un estado operable y eficiente.

5.1.1. Lubricación

La lubricación de sus componentes permite una operación silenciosa y reduce el desgaste de las piezas que están expuestas a constante fricción.

Figura 33. **Plantilla de lubricación por equipo**

Máquina: tanque de almacenamiento de cal	Versión: 1.0	Fecha: abril 2019				
No.	Elemento	Periodicidad				
		Turno	Diario	Semanal	Mensual	Anual
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Calibración

La correcta calibración del equipo se estará controlando mediante la plantilla de calibración por equipo en la cual se lleva el control de los elementos y su revisión periódica.

Figura 34. **Plantilla de calibración por equipo**

Máquina: tanque de almacenamiento de cal	Versión: 1.0	Fecha: abril 2019				
No.	Elemento	Periodicidad				
		Turno	Diario	Semanal	Mensual	Anual
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Limpieza

El equipo por estar expuesto a condiciones de mucho polvo es necesario incluir dentro de este programa limpiezas periódicas para mantener en buen estado los componentes.

Figura 35. **Plantilla de limpieza por equipo**

Máquina: tanque de almacenamiento de cal	Versión: 1.0	Fecha: abril 2019				
No.	Elemento	Periodicidad				
		Turno	Diario	Semanal	Mensual	Anual
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: elaboración propia.

5.2. Estadísticas

La evaluación de la situación con el nuevo tanque de almacenamiento permite obtener conclusiones sobre el montaje realizado.

5.2.1. Relacionadas a reducción de costos de mano de obra

Se obtiene una reducción total de costos del 25 %, considerando un 31 % de reducción de costos en mano de obra en bodega de materia prima y un 21 % en los costos de reabastecimientos.

Tabla XV. **Comparación de costos de reabastecimientos**

Costos	Reabastecimiento por saco	Reabastecimiento por silo	Porcentaje de reducción de costos
Reabastecimiento	Q.18 950,00	Q.15 000,00	21 %
Mano de obra	Q.10 200,00	Q.7 000,00	31 %
Total	Q.29 150,00	Q.22 00,00	25 %

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Referentes al aumento de la capacidad de almacenaje

Se hace la relación de aumento de capacidad de almacenaje que la situación previa, estiba de sacos y la situación actual, almacenamiento mediante el tanque.

Tabla XVI. **Comparación de capacidad de almacenamiento**

Capacidad de almacenamiento de cal [TM]	
Estiba	50
Silo metálico	30
Porcentaje de aumento de capacidad de almacenaje	60 %

Fuente: elaboración propia.

5.3. Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costo se obtiene mediante el cociente de los beneficios netos del proyecto entre el costo de este.

5.3.1. Cuantificación del beneficio

Se realiza una proyección de los costos y beneficios del proyecto, dentro de los beneficios se considera la disminución de los costos de reabastecimientos y mano de obra; adicional, el aumento de unidades producidas por la instalada de almacenaje de la materia prima.

Por el lado de costos se considera en los meses 2 y 3 costos más altos por el tiempo de capacitación de los operarios del silo y se nivela a partir del tercer mes que únicamente restan los costos de operación y mantenimiento del silo.

Tabla XVII. **Proyección de costos y beneficios**

Mes	Beneficio	Costo
1	0	Q.47 000,00
2	Q.14 000,00	Q.1 600,00
3	Q.14 000,00	Q.1 600,00
4	Q.16 000,00	Q.1 400,00
5	Q.16 000,00	Q.1 400,00
6	Q.16 000,00	Q.1 400,00
7	Q.16 000,00	Q.1 400,00
8	Q.16 000,00	Q.1 400,00
9	Q.16 000,00	Q.1 400,00
10	Q.16 000,00	Q.1 400,00
11	Q.16 000,00	Q.1 400,00
12	Q.16 000,00	Q.1 400,00
13	Q.16 000,00	Q.1 400,00
14	Q.16 000,00	Q.1 400,00
15	Q.16 000,00	Q.1 400,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Valor presente neto**

Mes	Valor presente (beneficios)	Valor presente (costos)
1	Q0,00	-Q46 383,10
2	Q13 634,90	-Q1 558,27
3	Q13,455,94	-Q1 537,82
4	Q15 176,37	-Q1 327,93
5	Q14 977,17	-Q1 310,50
6	Q14 780,59	-Q1 293,30
7	Q14 586,59	-Q1 276,33
8	Q14 395,13	-Q1 259,57
9	Q14 206,19	-Q1 243,04
10	Q14 019,73	-Q1 226,73
11	Q13 835,71	-Q1 210,62
12	Q13 654,11	-Q1 194,73
13	Q13 474,90	-Q1 179,05
14	Q13 298,03	-Q1 163,58
15	Q13 123,49	-Q1 148,31
TOTAL	Q196 618,84	-Q64 312,90

Fuente: elaboración propia.

Utilizando una TMAR de 1,33 % mensual, se considera una inflación anual del 6 % y 10 % de intereses anuales; se obtiene un valor presente neto total de Q.132 305,94.

5.4. Auditorías internas

Como parte del proceso de entrega del proyecto se llevan a cabo las auditorías internas, para esto es necesario llenar los formatos internos de control para los componentes, normas y calibraciones. Se valida con el gerente de planta y firma en muestra de conformidad con lo obtenido en el desarrollo del proyecto del montaje del silo.

5.4.1. Componentes

Dentro del proceso de validación del equipo, la Auditoría realiza una evaluación de los componentes del tanque de almacenamiento se encuentren en buen estado y listos para su uso.

5.4.2. Cumplimiento de normas

Previo a la entrega se valida el cumplimiento de las normas eléctricas dictadas por la Empresa Eléctrica de Guatemala referente a las acometidas eléctricas.

5.4.3. Calibraciones

En su proceso de evaluación del equipo, la auditoría, toma como apoyo la plantilla de inspección del equipo, para evaluar inicialmente los componentes del tanque y sus calibraciones primarias, previo al inicio de la operación.

CONCLUSIONES

1. El diseño del tanque para almacenar materia prima dentro de la empresa aumentará la productividad en por lo menos un 12 % a partir de su montaje y utilización.
2. El montaje y su planificación cumplen con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 226-2014 y 33-2016, *Reglamento de salud y seguridad ocupacional y sus reformas*, vigente actualmente en el país.
3. Un tanque con las siguientes dimensiones: 210 cm de diámetro por 660 cm con cuerpo es cilíndrico y con fondo elíptico permitirá minimizar los costos de bodega de materia prima dentro del silo.
4. El diseño propuesto en este trabajo de graduación reduce en un 7 % la cantidad de mano de obra involucrada en el proceso de abastecimiento.
5. Con la ruta de grúa propuesta en este trabajo se optimizan los costos de arrendamiento en la empresa, la reducción de costos equivale aproximadamente al 3 % del costo actual de arrendamiento.
6. La capacidad de abastecimiento en la bodega de materia prima se incrementa en un 60 %, lo que equivale a 30 toneladas adicionales que pueden ser almacenados en dicha bodega.

7. El diseño, el montaje y puesta en marcha del tanque con las dimensiones propuestas cumple con las regulaciones de medio ambiente vigentes en Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Considerar que la productividad debe ser monitoreada periódicamente para asegurar que el diseño del tanque es funcional y que los niveles de productividad se mantengan dentro de lo planificado en la empresa.
2. Revisar periódicamente los artículos que están relacionados directamente con el Decreto 226-2014 y 33-2016; de esta forma se minimizan los impactos negativos que pueden presentarse en temas como seguridad industrial y salud ocupacional.
3. Se sugiere realizar una revisión semestral del organigrama de la parte de Operaciones de la empresa a efecto de monitorear la cantidad de trabajadores asignados a dicha área y mantener los descriptores de puesto actualizados.
4. Realizar mediciones periódicas en los rubros de costos de bodega y costos de arrendamiento en la empresa, deben ser porcentajes menores de los actuales; de lo contrario realizar los ajustes que sean necesario de tal forma que se mantenga la tendencia a la reducción de los costos en la empresa.
5. Determinar el porcentaje de crecimiento en producción anual para los siguientes cinco años, de tal manera que la capacidad del silo siempre sea superior a la capacidad instalada de producción; de lo contrario la misma puede verse afectada y no ser suficiente en caso el crecimiento supere la capacidad de almacenaje.

6. Asesorarse con expertos en el tema ambiental, sobre las actualizaciones que se realizan periódicamente sobre este tema tan específico, para evitar potenciales complicaciones de tipo legal administrativo por temas de generación de impactos negativos al medio ambiente.

7. Se debe buscar operar cumpliendo por encima de los estándares de la normativa regulatoria vigente para garantizar el uso adecuado de los recursos.

BIBLIOGRAFÍA

1. GÓMEZ ZAMORANO, Lauren. *Hidratación y microestructura de cemento Portland sustituido parcialmente con sílice ultrafina Escalante. Saltillo y Monterrey*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2009. 16 p.
2. GRIMALDI, John; *La seguridad industrial, su administración*. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1979. 185 p.
3. JENIKE, Andrew. *Storage and flow of silos*. Estados Unidos: Universidad de Utah, 1964. 123 p.
4. MEJÍA DE GUTIÉRREZ, Ruby. *Propiedades y comportamiento de cementos nacionales*. Cali, Colombia: Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle, 2001. 9 p.
5. RAVENET, Juan. *Silos*. España: Reverte, 1992. 399 p.
6. RODRÍGUEZ VALENCIA, Joaquín. *Administración moderna de personal*. 7a ed. México: Cengage Learning Editores, 2007. 704 p.

