



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

**OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA TERCERIZACIÓN EN EL
MANEJO DEL INVENTARIO DE REPUESTOS DEL DEPARTAMENTO DE
SILOS DE UNA EMPRESA CEMENTERA**

Oscar Estuardo Pineda Moncrieff

Asesorado por el Ing. Harold Cardona Muñoz

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA TERCERIZACIÓN EN EL
MANEJO DEL INVENTARIO DE REPUESTOS DEL DEPARTAMENTO DE
SILOS DE UNA EMPRESA CEMENTERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSCAR ESTUARDO PINEDA MONCRIEFF

ASESORADO POR EL ING. HAROLD CARDONA MUÑOZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jimenez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Chocoj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. César Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Francisco Gómez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA TERCERIZACIÓN EN EL MANEJO DEL INVENTARIO DE REPUESTOS DEL DEPARTAMENTO DE SILOS DE UNA EMPRESA CEMENTERA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 2009.



Oscar Estuardo Pineda Moncrieff

Guatemala 28 de Septiembre, 2011

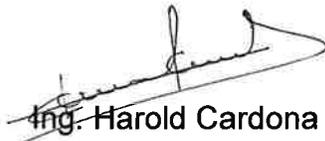
Ing. Cesar Urquizu
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala

Señor Director:

Me es grato informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación que lleva por título **Optimización y análisis financiero de la tercerización en el manejo del inventario de repuestos del departamento de silos de una empresa cementera**, desarrollado por el estudiante Oscar Estuardo Pineda Moncrieff.

Considerando que el trabajo realizado cumple con los objetivos delineados en su inicio y llena los requisitos académicos y de práctica necesaria, me permito solicitarle se sirva aprobarlo, en el entendido de que el autor y asesor asumimos la responsabilidad del contenido, las conclusiones del mismo.

Atentamente,



Ing. Harold Cardona
Colegiado No. 7197

Harold Alexander Cardona Muñoz
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7197



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA TERCERIZACIÓN EN EL MANEJO DEL INVENTARIO DE REPUESTOS DEL DEPARTAMENTO DE SILOS DE UNA EMPRESA CEMENTERA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Estuardo Pineda Moncrieff**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Jaime Roberto Ruiz Díaz
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



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 **OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA TERCERIZACIÓN EN EL MANEJO DEL INVENTARIO DE REPUESTOS DEL DEPARTAMENTO DE SILOS DE UNA EMPRESA CEMENTERA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Estuardo Pineda Moncrieff**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, marzo de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LA TERCERIZACIÓN EN EL MANEJO DEL INVENTARIO DE REPUESTOS DEL DEPARTAMENTO DE SILOS DE UNA EMPRESA CEMENTERA**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Estuardo Pineda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo de 2012



ACTO QUE DEDICO A:

Al Creador

Porque lo es todo y está siempre a mi alrededor, obsequiándome la dicha de estar vivo y en el servicio de los demás.

Esposa e hijos

Lorena, Sara y Diego, por su eterno amor y apoyo, darme la fuerza para seguir adelante cuando más cansado y derrotado me siento.

Padres y hermanos

Por permitirme iniciar la aventura de la vida con ustedes a su lado, no existe ni elegiría otro lugar para estar en este planeta.

Amigos

Por permitirme acercarme a sus vidas, gracias por su paciencia, consejos, apoyo y lágrimas que hemos derramado juntos. Nuestra amistad y actitud es la diferencia.

AGRADECIMIENTOS A:

**Cadena de suministros
CEMPRO**

Por creer en mí y darme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos.

**Ing. Harold Cardona e
Ing. Carlos Montepeque**

Por su amistad y compromiso para que este trabajo se llevara a cabo.

Taller Sacramento y Seic

Por sus consejos y enseñanzas buscando siempre ser lo mejor de lo mejor.

**Universidad de San Carlos de
Guatemala**

Especialmente a la Facultad de Ingeniería, por su exigencia, ya que sólo con disciplina se logran alcanzar los objetivos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCION	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.2. Descripción del departamento de silos	4
1.3. Estructura administrativa	6
1.4. Actividades y servicios que presta del departamento de silos	7
1.4.2. El mantenimiento y atención a fallas.....	8
1.5. Servicios y repuestos utilizados.....	10
1.5.1. Servicios	11
1.5.2. Repuestos.....	12
1.6. Compra y control de repuestos.....	15
2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y OPCIONES PARA EL MANEJO DEL INVENTARIO	17
2.1. Servicios prestados por el departamento de silos	17
2.1.1. Proyectos nuevos	18
2.1.2. Mantenimiento preventivo	20
2.1.3. Mantenimiento correctivo	21
2.2. Situación actual del inventario	22

2.2.1.	Inventario de repuestos para proyectos nuevos, mantenimiento y atención a reclamos	25
2.2.2.	Controles del inventario	26
2.3.	Método actual para calcular el <i>stock</i> de inventario	26
2.3.1.	Proceso de compra	28
2.3.2.	Tiempos de entrega.....	30
2.3.3.	Variables de costos	30
2.4.	Tipos de inventario	34
2.4.1.	Modelos de inventario.....	36
2.4.2.	Punto de reorden	37
2.4.3.	Control de inventario	37
	2.4.3.2. Inventarios estocásticos	40
	2.4.3.3. Inventario determinista	41
2.4.4.	Existencias de seguridad.....	41
2.5.	Determinación del mejor sistema para el control de inventario.....	42
2.5.1.	Costos por falta de existencias	45
2.5.2.	Variables de costos	46
2.6.	Qué es la tercerización.....	46
2.7.	Razones estratégicas más importantes para utilizar la tercerización	47
2.8.	Riesgos y beneficios	48
2.8.1.	Riesgos.....	48
2.8.2.	Beneficios	49
2.9.	Aspectos necesarios en un compromiso de tercerización.....	49
2.9.1.	Características de la empresa-cliente	50
2.9.2.	Características del proveedor	51
2.9.3.	Acuerdo del nivel de servicio	52
2.9.4.	Variables de costo	53

3.	PROPUESTA DE LA MEJOR OPCIÓN PARA EL MANEJO DEL INVENTARIO	55
3.1.	Análisis y comparación del entorno para método actual, sistema de control de inventarios y tercerización.	55
3.2.	Comparación de costos	59
3.2.1.	Costos del inventario calculado bajo el método actual	59
3.2.2.	Costos del inventario calculado bajo un sistema de control de inventario.....	63
3.2.3.	Costos del inventario calculado bajo la tercerización.....	66
3.3.	Comparación de tiempos en atención a reclamos y proyectos nuevos.....	67
3.3.1.	Tiempos en desarrollo de proyectos nuevos bajo el método actual.....	67
3.3.2.	Tiempos en desarrollo de proyectos nuevos bajo el sistema de control de inventario	68
3.3.3.	Tiempos en desarrollo de proyectos nuevos bajo la tercerización.....	69
3.3.4.	Tiempos en atención a reclamos bajo el método actual y sistema de control de inventario	70
3.3.5.	Tiempos en atención a reclamos bajo la tercerización.....	70
3.4.	Parámetros con que debe cumplir la mejor opción.....	71
3.5.	Determinación de la mejor opción para el manejo del inventario	71
3.6.	Ventajas de la mejor opción	72
3.6.1.	Reducción de costos.....	73
3.6.2.	Tiempo de reacción	73

4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN PARA EL MANEJO DEL INVENTARIO	75
4.1.	Estadística del uso de repuestos.....	75
4.1.1.	Mantenimiento	77
4.1.2.	Proyectos nuevos	79
4.2.	Catalogar el inventario	80
4.3.	Estadística de los reclamos y su relación con el inventario de repuestos.....	82
4.4.	Estandarización de la mejor opción para el manejo del inventario.....	83
4.5.	Estandarización de tiempos de entrega y atención a proyectos nuevos y solicitudes de clientes	85
5.	SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA	87
5.1.	Control de costos	87
5.1.1.	Repuestos utilizados	90
5.1.2.	Costos de operación.....	91
5.2.	Evaluación de repuestos utilizados defectuosos	91
5.3.	Respaldo de proveedores de repuestos.....	92
5.4.	Respaldo de proveedores de servicios	92
5.5.	Evaluación continua de la instalación de repuestos y buen uso de los equipos instalados	93
5.6.	Evaluación de variables y criterio para mejora	96
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general	2
2.	Esquema de silo y equipos	5
3.	Organigrama administrativo	7
4.	Proceso para la instalación de un silo	19
5.	Proceso para monitorear <i>status</i> de inventario.....	24
6.	Cronograma de ejecución proyecto nuevo.....	68
7.	Grafica demanda vs. <i>Stock</i>	77

TABLAS

I.	Repuestos usados por silos	13
II.	Tabla para el manejo del <i>stock</i>	27
III.	Materiales con alta rotación.....	43
IV.	Comparativo riesgo e implicaciones.....	58
V.	Costos K del inventario bajo la administración actual	59
VI.	Costos C del inventario bajo la administración actual	60
VII.	Costos H del inventario bajo la administración actual	61
VIII.	Costos del inventario bajo la administracion actual.....	61
IX.	Costos K del inventario bajo sistema de control de inventarios.....	62
X.	Costos C del inventario bajo sistema de control de inventarios	63
XI.	Costos H del inventario bajo sistema de control de inventarios	64
XII.	Costos del inventario bajo sistema de control de inventarios	64
XIII.	Comparación C del inventario bajo la tercerización	66

XIV. Comparación de variables de costo72

XV. Consumo de repuestos años anteriores76

XVI. Clasificación de equipos para el mantenimiento preventivo
o correctivo80

XVII. Clasificación de equipos para proyectos nuevos81

XVIII. Administración del inventario bajo sistema sugerido83

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Cantidad óptima de pedidos
H	Costo de conservación, costos del almacenamiento
B	Costo de déficit
K	Costo de pedidos, costo de organización
Ct	Costo total
C	Costo unitario del artículo
Dm	Demanda
N	Número de pedidos
L	Período que toma recibir el pedido
R	Punto de reorden

GLOSARIO

Capex	Del idioma inglés, <i>capital expenditure</i> , inversiones realizadas para el mantenimiento o mejora.
CFR	<i>Cost and freight</i> , costo y flete.
CIF	<i>Cost insurance and freight</i> , costo, seguro y flete.
CIP	<i>Carriage and insurance paid to</i> , transporte y seguro pagado hasta...
CPT	<i>Carriage paid to</i> , transporte hasta...
DAF	<i>Delivered at frontier</i> , entregado en la frontera.
Déficit	Falta, escasez de algo que se considera necesario.
DES	<i>Delivered ex ship</i> , entregado a partir de navío.
Determinística	Fijar los términos de una cosa, señalar con precisión.
DEQ	<i>Delivered ex quay</i> , entregado a partir del muelle.
DDP	<i>Delivered duty paid</i> , entregado derechos pagados.

DDU	<i>Delivered duty unpaid</i> , entregado derechos no pagados.
Dosificación	Establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen un producto.
Envasar	Poner o echar en un envase o recipiente de los materiales que componen un producto.
Estocástico	Concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias que evolucionan en función de otra variable, generalmente del tiempo.
EXW	<i>Ex Works</i> , obligaciones del vendedor se limitan a colocar las mercaderías en su establecimiento.
FAS	<i>Free alongside</i> , libre en el costado navío.
FCA	<i>Free carrier</i> , transporte libre.
Fluctuación	Movimientos alternos de subida y bajada, movimiento ondulatorio.
FOB	<i>Free on board</i> , libre a bordo.
Granel	Presentación del producto que no tiene orden ni envase.

<i>Incoterms</i>	<i>International commercial terms</i> , cláusulas de comercio internacional.
Lote	Conjunto de objetos similares que se agrupan con un fin determinado.
Presurizar	Acondicionar una cápsula, cabina o recipiente a manera que, aunque en el exterior se le someta a presiones normales, la del interior se conserve.
MRP	Sistema basado en <i>software</i> para planear, programar y controlar componentes del inventario.
Probabilístico	Basado en, o adaptarse a una teoría de la probabilidad, implica una variación al azar.
SAC	Sistema de administración general, contiene políticas y procedimientos de la cementera.
SAP	<i>Software</i> enfocado a la gestión y planificación que integra las distintas áreas de productividad de la empresa.
Silo	Estructura diseñada para almacenar granos u otros materiales a granel; son parte integral de acopio.
Stock	Mercaderías almacenadas.
Spot	Punto, localizar, identificar, único.

Tercerizar

Es el proceso económico de la subcontratación, en el cual una empresa determinada mueve o destina recursos orientados a ciertas tareas, a una empresa externa, por medio de un contrato.

RESUMEN

Para la construcción en Guatemala al igual que en muchos países, existen usuarios constructores y usuarios fabricantes de prefabricados y vibrocompactados. En la industria que tiene el cemento como materia prima para la fabricación de sus productos, la cementera debe proveer y garantizar el abastecimiento continuo del cemento a granel, a diferencia del usuario constructor que utiliza los productos de estos fabricantes y el cemento como un adhesivo para lograr la construcción.

La entrega del cemento a granel debe hacerse hacia un contenedor que sea capaz de proteger el volumen y peso despachado, comúnmente conocido como silo, el mantenimiento de este contenedor está bajo la responsabilidad del departamento de silos, que forma parte del almacenamiento de graneles y con el departamento de transportes integran la parte de operaciones, asimismo, planificación y control, forman la distribución de Logística.

El departamento de silos es el encargado de brindar el mantenimiento preventivo y correctivo, así como la ejecución de proyectos nuevos para la instalación de los mismos. Para el desarrollo del montaje y mantenimiento es necesario contar con un inventario de repuestos que elimine la posibilidad de un paro no programado en proyectos y prevención en alguno de los silos instalados actualmente en las industrias que utilizan el cemento como materia prima, para conformar sus productos.

Para el control del inventario de estos repuestos, el departamento de silos lo ejecuta de forma empírica, es decir, el supervisor de silos revisa

periódicamente uno por uno el *stock* de los diferentes componentes del inventario, sin ningún análisis de costos, tanto por déficit como por exceso de *stock*, procede a solicitar nuevos componentes del inventario basado en la estadística y estacionalidad de ventas de cemento de años anteriores.

Para eliminar la posibilidad del déficit de repuestos se sugiere la implantación de un sistema de control de inventarios, o bien la posibilidad de tercerizar el inventario con un proveedor de conocida trayectoria, administración que permite mejorar tiempos de respuesta a paros no programados, clasificados como emergencias.

Para determinar la mejor opción del manejo del inventario se hace la comparación de variables de costo, riesgos y beneficios de las 3 opciones planteadas y se sugieren algunos aspectos importantes a considerar para su correcta y eficiente implantación.

OBJETIVOS

General

Establecer el manejo del inventario con base en la comparación de costos del sistema de control de inventario y la tercerización.

Específicos

1. Identificar la mejor opción para el manejo del inventario a través de un sistema de control para minimizar tiempos en atención a paros no programados y proyectos a corto plazo.
2. Calcular los requerimientos en cuanto a tamaño de lotes óptimos, inventario de seguridad, inventario máximo permitido, tiempo guía, número de pedidos por ciclo, utilizando las fórmulas y procedimientos adecuadas que permitan minimizar los costos a la empresa.
3. Calcular los costos de almacenamiento y manejo de *stock* para un inventario.
4. Analizar la tercerización como una opción que se adecúe a los objetivos de la empresa.
5. Establecer variables que puedan compararse entre el sistema de control de inventario y la tercerización.

6. Determinar las ventajas y desventajas de la situación actual, el sistema de control de inventario y la tercerización.
7. Determinar los requisitos que debe cumplir el proveedor de la tercerización.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, para que las empresas sean competitivas deben lograr operaciones a bajos costos, situación que incide directamente en el almacenaje y distribución, no sólo de materias primas sino de repuestos e insumos necesarios, para garantizar la producción diaria.

Los silos son parte esencial en la producción diaria para empresas que consumen cemento a granel, por lo que su funcionamiento, preservación y dosificación debe mantenerse en óptimas condiciones.

Mantener un inventario de repuestos para garantizar producciones continuas, con tiempos mínimos en paros no programados, ocasionados por fallas en los equipos se vuelve una necesidad. Adicionalmente, deben contratar los servicios de mantenimiento, instalación de repuestos y atención a fallas.

El manejo actual del inventario contempla la existencia de una amplia gama de repuestos para todos los equipos; sin embargo, el manejo del inventario debe estar definido por un sistema que unifique los criterios técnicos, contables, administrativos y operativos que facilitan al personal de la empresa tomar decisiones sobre cómo, cuánto y cuándo pedir los artículos indispensables para el funcionamiento de la misma.

Adicionalmente a los sistemas para el control de inventarios, existe la opción de tercerización o sub contratación que permite a empresas externas desarrollar actividades para una organización. De esta manera, las empresas pueden centrarse en lo que mejor saben hacer, focalizando, por lo tanto su

atención y sus recursos. Aquellas actividades que pasan a desarrollar empresas externas, pueden ser las que no son estratégicas para el negocio y principalmente aquéllas en las que no se tienen especiales capacidades para realizarse internamente.

Por lo tanto, es necesario conocer los costos del inventario actual, analizar y determinar el sistema que mejor se adapte basado en los criterios antes mencionados, conocer los costos del manejo bajo este sistema, y por último, conocer los costos de utilizar la tercerización. La determinación de la mejor opción estará basada en el análisis de costo y tiempo de respuesta a solicitud del cliente que reporten falla en equipos.

El análisis antes mencionado permitirá decidir entre utilizar la tercerización o realizar internamente el manejo del inventario de repuestos del departamento de silos de una empresa cementera.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción del área

Como parte de la cadena de suministro, específicamente de logística, que armoniza la relación entre clientes y proveedores, planificando, ejecutando y controlando el movimiento y almacenamiento de forma eficaz la materia prima, producto en fabricación y producto terminado, desde su origen hasta el lugar de consumo, y con el fin de satisfacer las necesidades del cliente, el departamento de silos provee las condiciones necesarias para la recepción, almacenamiento y dosificación del cemento consumido por éstos.

Los principales procesos de la cadena de suministro son: distribución de pedidos, administración de inventarios, detalles específicos requeridos por clientes, el transporte adecuado y su almacenamiento.

La cadena de suministro debe ser integrada en cada uno de sus procesos al plan general de la empresa, para que le permita mantener niveles adecuados de inventarios de materiales en la producción, así como de productos terminados, de tal manera, que alcance niveles satisfactorios de distribución coordinados directamente por logística permitiendo la entrega de pedidos como han sido convenidos con el cliente.

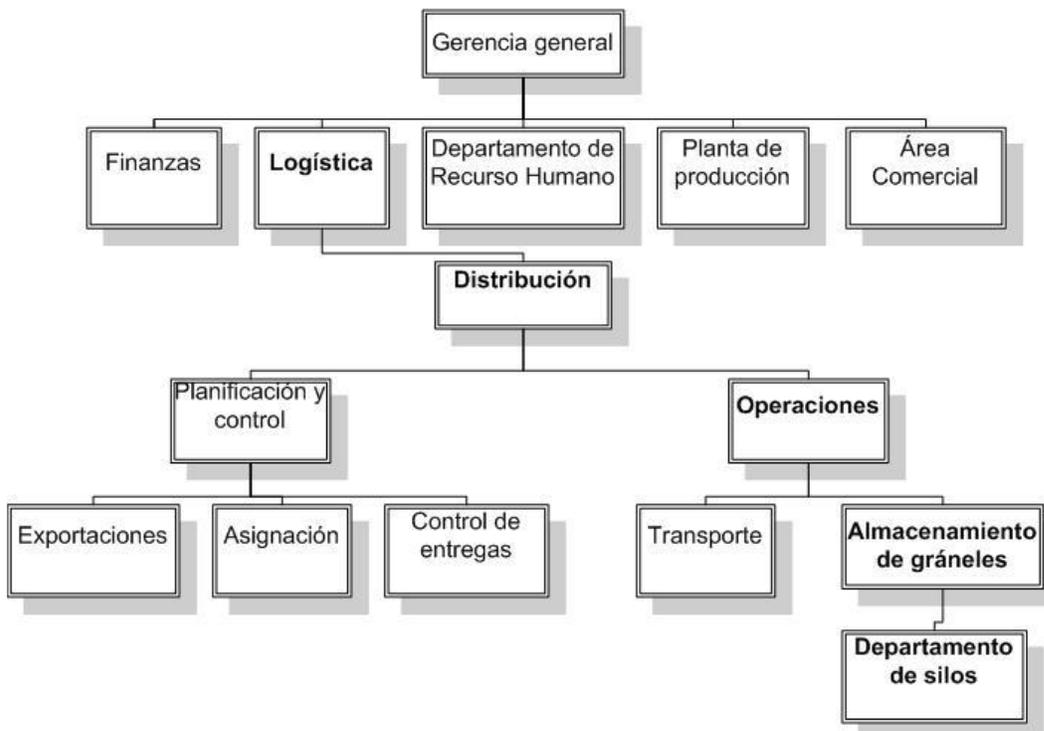
Una de las funciones más críticas de logística es proporcionar productos a los consumidores en las cantidades y condiciones convenidas. Si se parte de la premisa que se produce para satisfacer las necesidades del mercado, debe rediseñarse las especificaciones en empaque, entrega y dosificaciones; si la

compra es a granel, implica estar más cerca del consumidor para conocer con claridad sus exigencias y satisfacerlas.

El área de silos juega un papel importante en determinar las condiciones adecuadas para abastecer al cliente de producto a granel en cantidades necesarias para lograr una producción ininterrumpida, automatizada, buscando la optimización de recursos y homogenización de la calidad.

Para ubicar el departamento de silos dentro de la organización, específicamente, el departamento de logística se detalla el siguiente organigrama en la figura 1.

Figura 1. **Estructura organizacional**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la distribución está dividida en 2 áreas: Operaciones, Planificación y Control.

- Planificación y control: está encargada de la programación del movimiento de materias primas para que la fabricación cuente con los componentes necesarios en la producción, y finalmente organiza el envío de producto terminado a los clientes, procurando la disminución de costos en almacenamiento y entrega óptima de producto terminado.
- Operaciones: se encarga del movimiento, distribución, entrega de materias y producto terminado, que el área de planificación y control programa de acuerdo a la capacidad instalada de la planta de producción buscando satisfacer los pronósticos de ventas.

Área de operaciones se encuentra dividida en transporte y almacenamiento de graneles, siendo a este último al que pertenece el departamento de silos.

El departamento de almacenamiento, como lo indica su nombre, cuenta con bodegas para proteger, envasar y despachar a granel el producto terminado, ubicadas de forma estratégica para abastecer las zonas del país con más consumo.

El departamento de transportes realiza tres actividades de distribución: transporte de materias primas, de producto terminado envasado y transporte de producto terminado a granel, esta última es despachada a los silos que instala el departamento.

1.2. Descripción del departamento de silos

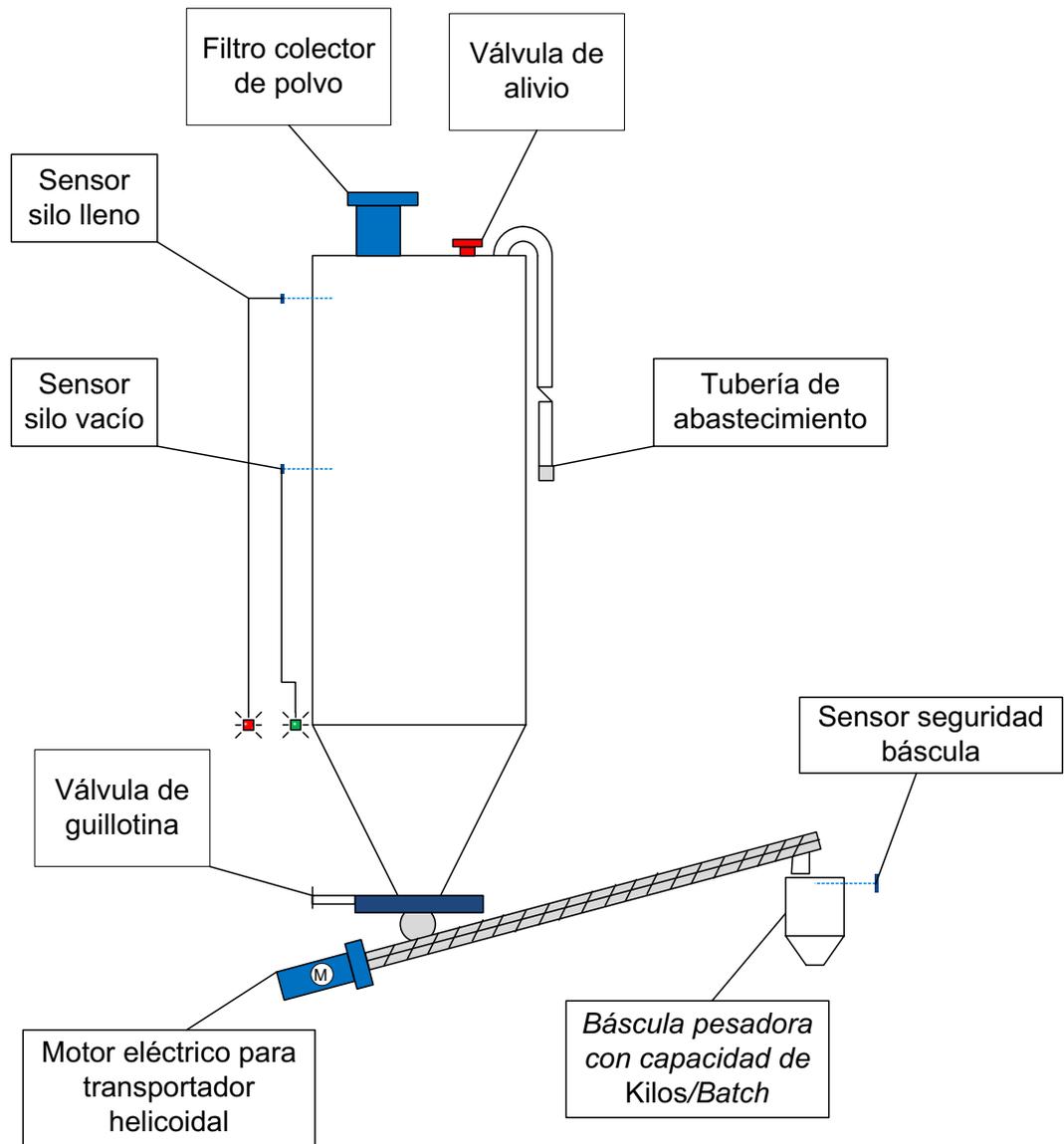
Está encargado de planificar, coordinar, controlar y ejecutar actividades relacionadas con el sostenimiento de los equipos que se instalan a clientes, con una configuración de equipos acordes a las necesidades de éstos, consumo de cemento a granel aproximado, recepción segura y eficiente del granel, buscando abastecer al comprador por el período determinado ante cualquier eventualidad.

Comúnmente, la configuración de equipos que contempla la instalación de un silo está compuesta por:

- Silo fabricado en acero al carbón
- Filtro colector de polvo
- Válvula de alivio
- Sensores de nivel
- Válvula de guillotina
- Transportador helicoidal
- Báscula pesadora de cemento

El esquema del equipo instalado por el departamento de silos para dosificar los productos a granel que adquieren los clientes se describe en la figura 2.

Figura 2. Esquema de silos y equipos



Fuente: Manual de equipos departamento de silos.

Este departamento planifica y atiende los mantenimientos preventivos, correctivos y rutinas de inspección a silos, y a equipos en el menor tiempo posible, coordinando con el proveedor y cliente las actividades a realizarse bajo las condiciones que permitan trabajar con seguridad.

Ejecuta proyectos para clientes nuevos, al tamaño y consumo proyectados del comprador, buscando el desarrollo tecnificado de él, con sistemas de dosificación automatizados, la ejecución del proyecto abarca, desde la creación del presupuesto hasta la capacitación del usuario final de los equipos.

Busca la implantación de equipos de última generación, así como investiga nueva aplicación de éstos para la dosificación eficiente y segura, controla y planifica el inventario de repuestos de silos y equipos que lo integran.

Coordina una secuencia de capacitaciones sobre seguridad industrial impartidas a proveedores que prestan servicios con mucha frecuencia al departamento de silos.

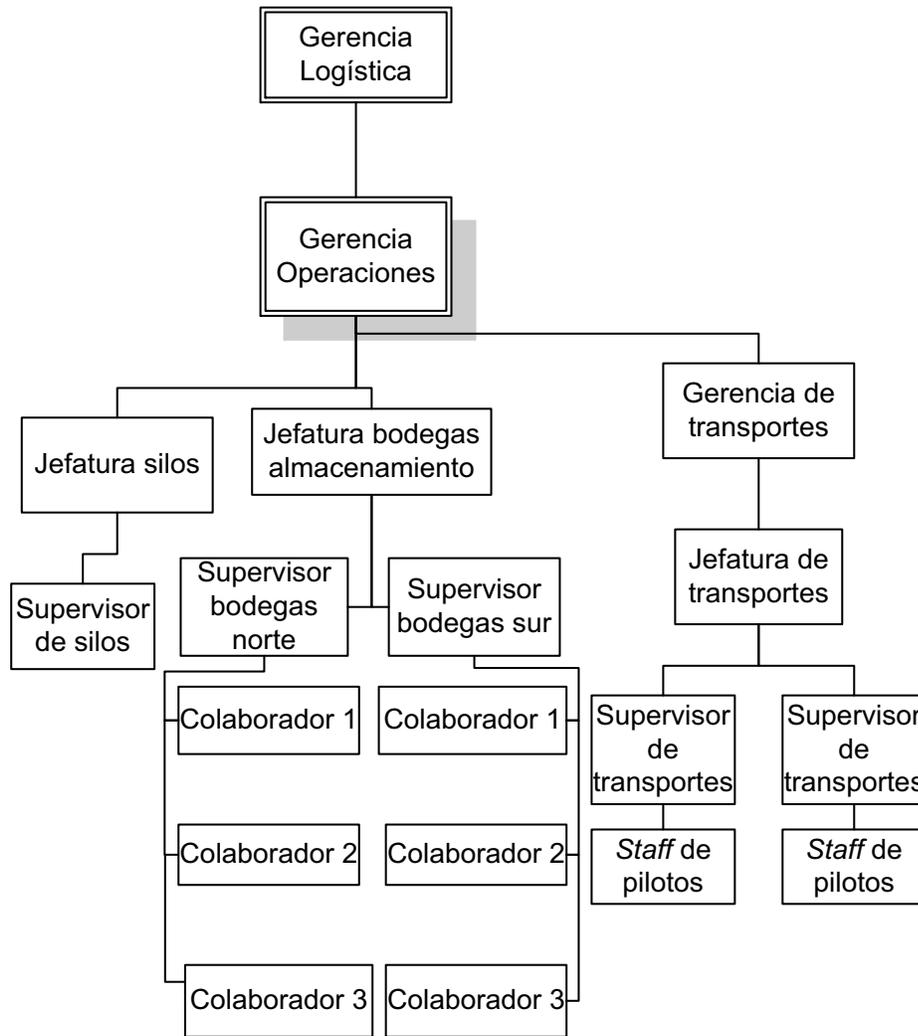
1.3. Estructura administrativa

El departamento de logística y el área operativa a la que pertenece el departamento de silos está organizado a través de la siguiente jerarquía:

- Gerencia general departamento logística
- Gerencias por área
- Jefaturas
- Supervisores
- Colaboradores

El área operativa se encuentra bajo la dirección de la Gerencia de cadena de suministro y el organigrama administrativo del área de operaciones está estructurado de la siguiente manera. Ver figura 3.

Figura 3. Organigrama administrativo



Fuente: elaboración propia.

1.4. Actividades y servicios que presta del departamento de silos

El departamento de silos responde a la Gerencia de Operaciones; sin embargo, el cliente principal de éste es el área comercial, y son ellos quienes solicitan y determinan la factibilidad de los proyectos que ejecuta el departamento de silos.

El mayor volumen de actividades está enfocado a definir y mantener proyectos que satisfagan las necesidades del cliente principal y del cliente final, consumidor de cemento a granel, que por su grado de industrialización y proceso productivo necesita cantidades mayores a las que proporciona el cemento despachado en saco.

El cemento a granel es despachado por la cementera a través del departamento de transportes que cuenta con contenedores presurizables, seguros para el transporte y bombeo al silo.

Dentro de las solicitudes planteadas por el cliente principal del departamento se menciona:

1.4.1. Proyectos nuevos

Consiste en visitas programadas a las instalaciones del consumidor final para conocer y determinar la factibilidad del presupuesto y proyecto, asimismo a las que, en muchos casos, deben adaptar equipos para el almacenamiento y dosificación y recabar información para brindar un esquema de los equipos.

1.4.2. El mantenimiento y atención a fallas

Ejecuta el programa de acuerdo a estrictos controles de mantenimiento preventivo en los silos y equipos instalados a clientes que consumen cemento a granel, dentro de las principales actividades que se derivan del mantenimiento son:

- Modificación a equipos instalados

La evaluación de equipos propiedad de la cementera ya instalados en plantas de clientes que consumen cemento a granel, que en su momento y por las condiciones que presentaba el cliente fueron funcionales; sin embargo, por el uso o modificaciones en el proceso de producción del cliente, requieren una modificación con el objetivo de buscar la mejora en reducción de tiempos y optimización de recursos.

- Evaluación de equipos con fallas continuas

Actividades cotidianas del departamento de silos, que por los procesos productivos y el uso continuo, exponen a condiciones extremas del medio ambiente y variaciones eléctricas los equipos, las vibraciones, humedad, agua y materiales abrasivos son los principales causantes de fallas diarias que deben ser reparadas, para minimizar el tiempo de paro no programado en producción.

- Evaluación de condiciones inseguras

Actividad con alto grado de importancia para el departamento, consiste en la evaluación de actividades de mantenimiento que pongan en riesgo la integridad física de los técnicos y el daño a la propiedad, esta evaluación implica la mejora en prácticas seguras como la modificación de estructuras e instalaciones de equipos. Por la naturaleza de las condiciones específicas de cada planta, las instalaciones pueden variar en dimensiones y ubicación, por lo que esta actividad demanda mucho tiempo en evaluación, ejecución y supervisión; con la finalidad específica de reducir variaciones.

- Investigación y automatización

Con el avance de la tecnología el departamento de silos se encuentra tras la búsqueda de equipos más eficientes y confiables que se adapten a las condiciones del mercado consumidor de cemento, optimizando tiempos de dosificación y menores paros no programados, brindando información necesaria para homogenizar el consumo y calidad de los productos que tienen como materia prima el cemento, así como la seguridad en operaciones de todos los involucrados en la fabricación de los mismos.

1.5. Servicios y repuestos utilizados

El mantenimiento y modificaciones dictado por el departamento de silos, son ejecutados por empresas contratistas que deben cumplir con los requisitos de seguridad, respaldo y costos necesarios para satisfacer las demandas de la cementera.

Los contratistas deben contar con técnicos especializados en fabricación, montaje y mantenimiento de equipos mecánicos industriales, con amplios conocimientos de electricidad industrial y electrónica.

Las necesidades del departamento de silos son planteadas al departamento de compras que se encarga de evaluar a los posibles proveedores en los aspectos antes mencionados, actualmente el departamento cuenta con un listado de proveedores que han ejecutado proyectos de montaje y automatización que permite la ejecución en menor tiempo con la menor cantidad de errores posibles.

1.5.1. Servicios

Dentro de los servicios prestados por contratistas al departamento de silos están los siguientes:

- Montaje de proyectos nuevos

Instalación de equipos completamente nuevos en plantas de clientes donde el departamento de silos, conjuntamente con el área comercial determinó como factible, la instalación de un silo y sistema de dosificación.

Parte del servicio consiste en la entrega de un cronograma y el estricto apego a las fechas del mismo, instalando los equipos entregados por la cementera.

- Mantenimiento preventivo

El contratista debe ejecutar el mantenimiento preventivo en los silos y equipos que el departamento determine en un período no mayor de 30 días, las rutinas de mantenimiento y puntos de inspección fueron determinados con anterioridad y el proveedor cuenta con la experiencia necesaria así como el conocimiento de las ubicaciones de los mismos y es él quien determina las fechas en que lo llevará a cabo.

- Mantenimiento correctivo y modificaciones

Se ejecuta diariamente por el proveedor con mayor experiencia y disponibilidad. Éste cuenta con el conocimiento necesario y determina con rapidez la reparación correspondiente, para concluir con la producción diaria y

programar la instalación del repuesto cuando sea posible. Las reparaciones correctivas demandan una ejecución en el menor tiempo posible debido a la urgencia.

En la mayoría de los casos cada corrección está acompañada de una modificación que permite mejorar las instalaciones y vida útil del equipo, así como la seguridad para operarlo y darle mantenimiento.

Las modificaciones son ejecutadas bajo la dirección del departamento de silos, éste a su vez, determina la modificación en conjunto con el usuario del equipo, estas modificaciones deben cumplir con el estándar preestablecido a lo largo de la experiencia y normas de seguridad industrial.

1.5.2. Repuestos

Para la ejecución de proyectos y mantenimiento que realiza el departamento de silos, es necesario contar con una gama de equipos y repuestos que garantice la disponibilidad para proyectos nuevos y mantenimiento correctivo.

En la tabla I se describen algunos de los repuestos utilizados por el departamento de silos.

Tabla I. Repuestos usados por silos

No.	Material	Descripción del equipo
1	6710-0120	Accionador neumático para válvula mariposa de 12"
2	6710-0009	Accionador neumático para válvula mariposa de 8"
3	6103-0051	Acople rápido para manguera de 4"
4	6208-0020	Actuador manual para válvula de guillotina
5	6208-0250	Actuador válvula guillotina 10" <i>cmg.250</i>
6	6208-0252	Actuador válvula guillotina 8" <i>cmg.200</i>
7	6714-0267	Aireador interno cono de silo <i>u.25</i>
8	6714-0266	Aireador interno cono de silo <i>vb</i>
9	6710-0151	Anillo de 3.5 metros de diámetro para silo <i>wam</i>
10	6710-0003	Báscula pesadora de cemento
11	6799-0125	Boquillas para fludificación de cemento en silos
12	6609-0084	Caja reductora tipo <i>m15.05.200.es5</i> marca <i>wam</i>
13	6714-0207	Cartuchos de filtro
14	6316-0014	Celda de carga <i>ssb500</i> tolva pesadora
15	6710-0004	Celdas de carga tipo "b" de 75 kg.
16	6710-0005	Celdas de carga tipo "s" de 500 kg.
17	6714-0205	Codos de distribuidores de aire
18	6764-0022	Cojinete final de tornillo sin fin 10" <i>d.273</i>
19	6764-0014	Cojinete final de tornillo sin fin 6" <i>d.168</i>
20	6764-0018	Cojinete final de tornillo sin fin 8" <i>d.219</i>
21	6710-0142	Controlador de peso <i>hi2151/30wc-pm-a1-b12</i>
22	6322-0381	Controlador electrónico <i>sigma (increment weight)</i>
23	6710-0143	Controlador <i>m/1000 1761-l20awa5a 120/240</i>
24	6710-0147	<i>Display</i> remoto transmisor de nivel <i>fhx40</i>
25	6710-0010	Electro válvulas accionador neumático
26	6878-1062	Electro válvulas para filtros colectores de polvo
27	6714-0203	Filtro colector de polvo
28	6714-0265	Filtro colector polvo <i>silotop 24m2</i> superficie filtrante
30	6413-0247	Guarda niveles
31	6799-0077	Gusano transportador de 10"
32	6714-0206	Juego de distribuidores de aire
33	6710-0144	<i>Kit modem cat 9300 radkit</i> acceso remoto
34	6710-0152	<i>Kit polipeat para silotop</i> (7 cartuchos)
35	6878-1063	<i>Limit switch telemecanique</i>
36	6710-0012	Micro vibrador
37	6710-0121	Micro vibradores para básculas
38	6605-0002	Moto vibrador <i>1133 lbf</i>

Continuación tabla I.

39	6605-0001	Moto vibrador <i>697 lbf</i>
40	6609-0303	Motor 10 hp, trifásico, 220/440 v, 1800 rpm, <i>bs flange</i>
41	6609-0304	Motor 20 hp, trifásico, 220/440 v, 1800 rpm, <i>bs flange</i>
42	6609-0302	Motor 4 hp, trifásico, 220/440 v, 1800 rpm
43	6609-0301	Motor 7.5 hp, trifásico, 220/440 v, 1800 rpm, <i>bs flange</i>
44	6609-0317	Motor de 30 hp, 220/440 v, 1725 rpm marca <i>wam</i>
45	6609-0318	Motor de 40 hp, 1770 rpm 220/440 v <i>modl mete400-2001</i>
46	6764-0212	Motor eléctrico tornillo <i>wam</i> 11kw, 230/460v, 60hz <i>mt.1600.m.04.45</i>
47	6764-0211	Motor eléctrico tornillo <i>wam</i> 18.5kw, 230/460v, 60hz <i>mt.1800.m.04.45</i>
48	6764-0213	Motor eléctrico tornillo <i>wam</i> 4kw, 230/460v, 60hz <i>m.1120.m.04.45</i>
49	6710-0140	Panel de medición <i>k3havlac100240</i>
50	6764-0023	Reductor <i>m12</i> para tornillo de 10" ϕ
51	6764-0015	Reductor <i>m12</i> para tornillo de 6" ϕ
52	6764-0019	Reductor <i>m12</i> para tornillo de 8" ϕ
53	6764-0207	Reductor tonillo <i>wam</i> 6" brida motor 15hp
54	6764-0204	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor 15hp
55	6764-0203	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor 20hp
56	6764-0202	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor 25hp
57	6764-0208	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 10hp
58	6764-0210	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 5.5hp
59	6764-0209	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 7
60	6764-0206	Reductor tornillo <i>wam</i> 8" brida motor 15hp
61	6764-0205	Reductor tornillo <i>wam</i> 8" brida motor
62	5643-0001	Resortes
63	6710-0145	<i>Rslinx oem drivers cat 9355-waboemene</i>
64	6799-0076	Sección de tornillo trasportador de 12"
65	6799-0078	Sección de tornillo trasportador de 6"

Fuente: inventario departamento de silos, Cementera.

1.6. Compra y control de repuestos

La adquisición de repuestos es determinada actualmente por el supervisor del departamento, basado en el chequeo del inventario y la estadística de necesidades de repuestos por época.

A continuación se describe el proceso necesario para controlar, y posteriormente solicitar al departamento de compras los repuestos necesarios:

- *Status* del inventario de repuestos

El supervisor del departamento de silos ingresa a la base de datos dentro de la herramienta de *Software* de nombre *SAP*, donde se encuentra el número de unidades por repuesto, el chequeo permite observar el *stock* de los repuestos que han sido retirados de bodega, esto con la finalidad de determinar el ingreso de los que han sido solicitados con anterioridad y la cantidad actual en almacenamiento, ya que de forma empírica permite priorizar la compra de los repuestos con más rotación.

Una a una es chequeada la cantidad de repuestos, esta información es trasladada al cuadro comparativo, donde estadísticamente se detalló el número mínimo de unidades con que debe contarse.

De forma manual en un período de 30 días, se busca re-abastecer el inventario hasta un *stock* que se ha manejado, basado en datos históricos.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y OPCIONES PARA EL MANEJO DEL INVENTARIO

2.1. Servicios prestados por el departamento de silos

Existen dos tipos de clientes a quienes el departamento de silos atiende, definidos de la siguiente manera:

- Cliente interno: diferentes departamentos de la cementera que solicitan información, atención y asesoría, siendo el área comercial la de mayor participación en la conformación de este cliente.
- Cliente externo: compradores, usuarios directos de los silos y equipos instalados dentro sus plantas fabricantes de productos derivados del cemento.

Las solicitudes de los clientes externos son trasladadas al departamento de silos por algún cliente interno, siendo este el único canal de comunicación entre el departamento de silos y el cliente externo; las etapas de los proyectos o el avance en atención a fallas se reportan principalmente al cliente interno.

Las actividades del área de silos se focalizan en la planificación, organización, dirección y control de los proyectos, mantenimiento y atención a reclamos, divididos de la siguiente manera:

2.1.1. Proyectos nuevos

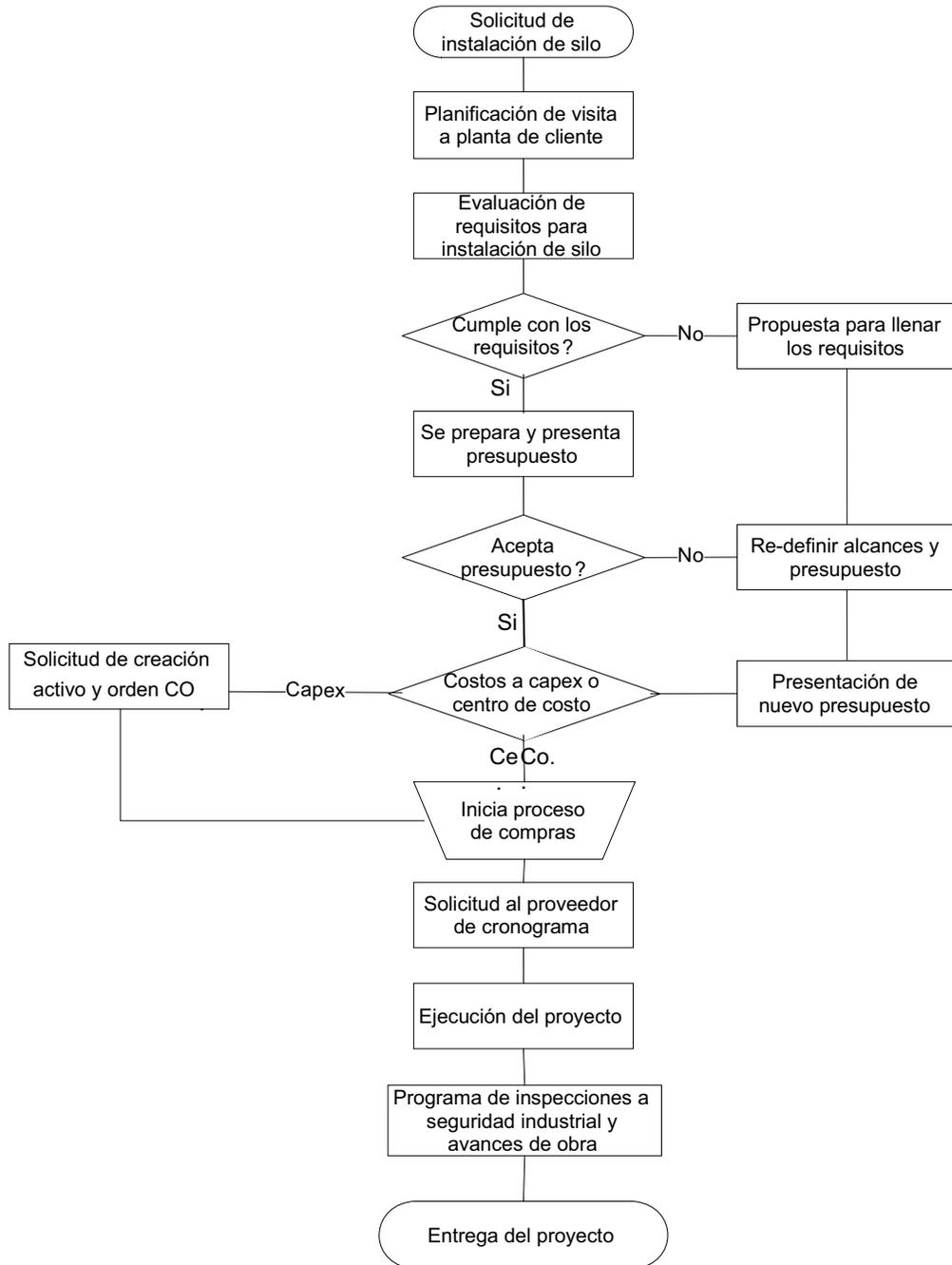
Solicitudes generadas por el cliente interno, principalmente área comercial, donde se requiere la instalación de silo y/o equipos para dosificar cemento, como se mencionó con anterioridad, el servicio inicia desde la planificación con la visita a las instalaciones del cliente externo, evaluación de las condiciones generales del mismo, preparación del presupuesto, propuesta, cronograma de actividades.

Para la organización se tienen establecidos los procesos de creación de activos, compras de servicios y equipos, programa de supervisiones *in situ*.

Asimismo, es el departamento de silos quien dirige la ejecución del proyecto, al coordinar la fecha de inicio, etapas, buenas prácticas de ingeniería, y para terminar, ejerce control sobre los estándares establecidos para la instalación de silos y/o equipos.

El diagrama de flujo que se encuentra en la figura 4 detalla los pasos antes mencionados.

Figura 4. **Proceso para la instalación de silo**



Fuente: formato SAG para la instalación de silo nuevo, Cementera.

2.1.2. Mantenimiento preventivo

Esta actividad se realiza bajo los parámetros establecidos por el departamento de silos, que consta del estudio de las especificaciones técnicas establecidas por el fabricante contra el tiempo que tomaría dosificar el volumen de cemento adquirido por el cliente; es importante mencionar que estos mantenimientos son tercerizados.

El equipo se somete a mantenimiento preventivo con períodos establecidos por el fabricante. Con apoyo de herramientas de *software*, se conoce con exactitud el consumo que el cliente ha tenido durante un mes; la comparación entre consumo y dosificación determinan el mantenimiento.

Se detectan componentes deteriorados, que de ser posible se sustituyen en el momento, de no contarse con los repuestos el proveedor del servicio solicita al departamento de silos los mismos y se sustituyen en el menor tiempo posible.

Cuando las condiciones del equipo no permiten el cambio de los componentes deteriorados se notifica al departamento de silos y a través del cliente interno se solicita al externo el paro programado del tiempo aproximado que tome la reparación, es importante enfatizar que el tiempo debe ser el menor posible, ya que éste, es tiempo de producción, en caso contrario los equipos que no sean sustituidos podrían ocasionar un paro no programado incurriendo en mayores costos por tiempo muerto.

Cuando el mantenimiento preventivo está concluido, es inspeccionado estrictamente por el supervisor de silos, no todos los mantenimientos pasan por ese proceso, el supervisor de silos crea rutas en las distintas regiones del país

tratando de visitar cinco silos diarios, procurando que algunos de éstos hayan estado bajo mantenimiento.

2.1.3. Mantenimiento correctivo

Por las condiciones climáticas, propiedades del cemento e instalaciones de clientes, los equipos son sometidos a actividades extremas que aceleran el deterioro de componentes de los mismos, estas fallas son clasificadas como reclamos de clientes y reciben atención de emergencia, ya que se traducen en paros no programados provocando atrasos en producción y por consiguiente pérdidas para clientes externos usuarios de equipos instalados por la cementera.

Las fallas son notificadas por los clientes externos a los distintos departamentos que conforman los clientes internos para que éstos lo notifiquen, los usuarios en muchos casos detallan el tipo de actividad que se encontraban realizando y el equipo involucrado a fin de que el departamento de silos pueda realizar un diagnóstico general y determine con mayor aproximación las fallas y posibles repuestos necesarios para reparar el equipo, posteriormente informa al proveedor de servicios que debe aproximarse a las instalaciones del cliente en el menor tiempo posible.

En caso contrario, el proveedor de servicio viaja a las instalaciones del cliente, determina y verifica la falla, retorna a las instalaciones de la cementera para obtener el repuesto necesario, que en el mejor de los casos, es entregado el mismo día, posteriormente se dirige nuevamente a las instalaciones del cliente, ya sea el mismo día o el siguiente, esta actividad se traduce en demora con tiempos muertos.

Cuando se realiza esta actividad en el territorio central, el tiempo de atención es razonable, lamentablemente sólo cierto porcentaje de silos y equipos se encuentran dentro de esta región.

Una vez realizada la reparación, los equipos son probados mecánica y eléctricamente, informando al cliente externo que puede continuar con su producción diaria, posteriormente en el tiempo prudencial el departamento de silos se aproxima al lugar donde ocurrió la falla a fin de determinar si ésta puede ser evitada con una reinstalación y/o modificación de los equipos, previo consentimiento del usuario, este cambio o mejora se enfoca en: ayudar a simplificar la operación de los clientes externos, prolongar la vida útil del equipo y crear ambientes de trabajo seguros.

2.2. Situación actual del inventario

Cada uno de los repuestos consta de un código que contiene su descripción, departamento que lo utiliza y ubicación dentro de la bodega de almacenaje.

Para validar un pedido de materiales y ser tratado por el departamento de compras debe contarse con el visto bueno de la gerencia del área a la que pertenece el departamento de compras y la gerencia de almacenes, esto con la finalidad de no caer en el error de un sobre *stock*.

Obtenida la mejor oferta para los repuestos, el departamento de compras crea la orden, que al igual que la solicitud de pedido, debe cumplir con liberaciones o vistos buenos dentro de los cuales vuelve a estar la gerencia de operaciones a donde pertenece el departamento de silos. Estas liberaciones son necesarias, ya que el presupuesto que se necesita para la adquisición de los mismos no es

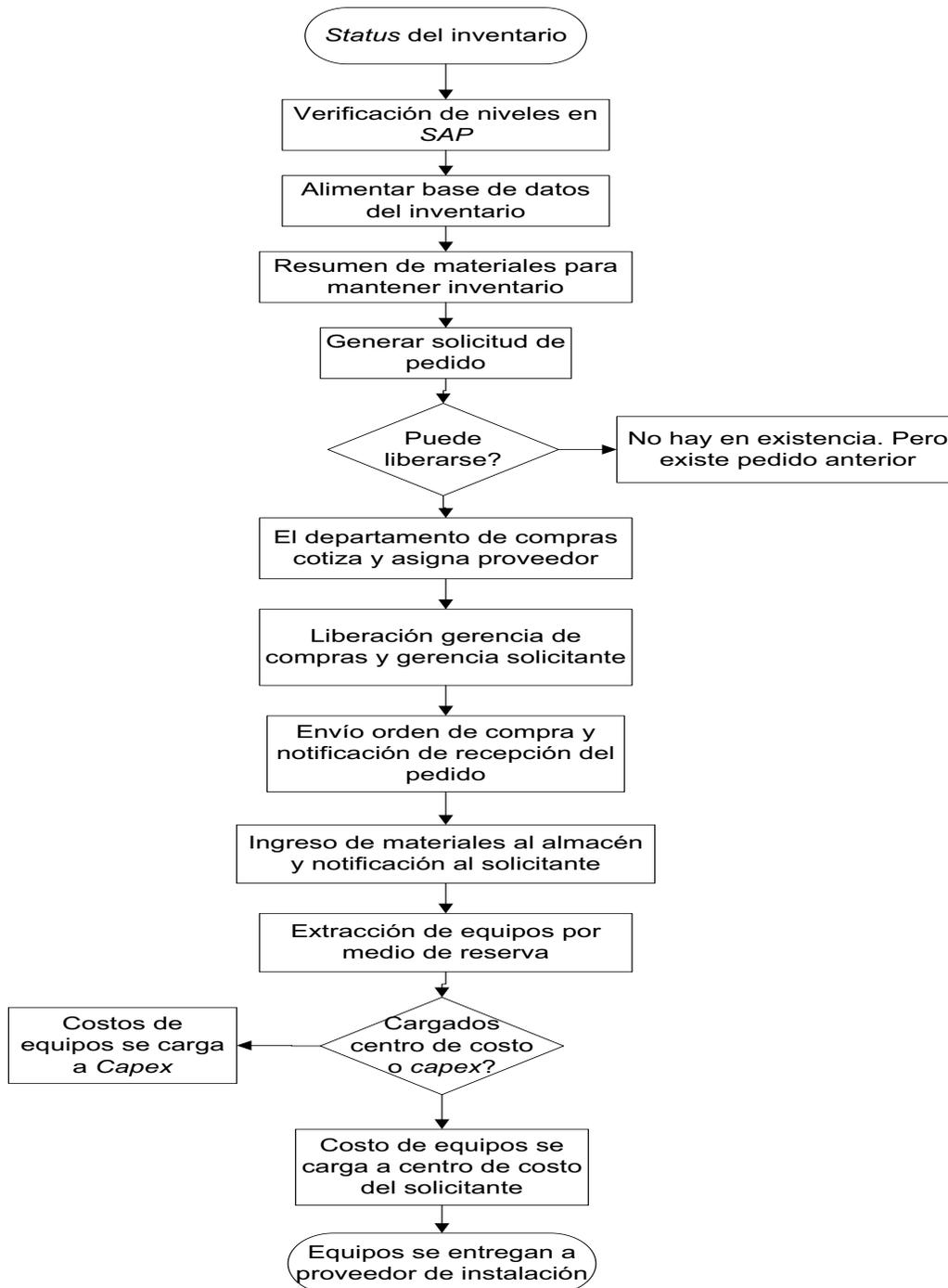
el planificado por el departamento de silos, es del departamento de almacenes, y por medio de una reserva de material es retirado del almacén y cargado al presupuesto del departamento solicitante, que para el presente caso, es el departamento de silos.

Los repuestos o equipos necesarios para la ejecución de los proyectos nuevos no son cargados al presupuesto del departamento de silos, sino a inversiones de capital, denominadas *CAPEX (capital expenditures)*, creadas específicamente para cada uno de los proyectos nuevos bajo el presupuesto que el departamento de silos determine dependiendo de las necesidades del cliente interno, externo y alcances de proyecto.

El ingreso a bodega de almacenaje puede ser monitoreado a través de la herramienta *Software SAP*, con un número a la solicitud, posteriormente a la orden de compra se asigna un correlativo que indica que la compra fue recibida.

En la figura 5 se presenta un diagrama de flujo para monitorear el *status* del inventario y pedidos.

Figura 5. **Proceso para monitorear el inventario**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Inventario de repuestos para proyectos nuevos, mantenimiento y atención a reclamos

Basado en la experiencia de mantenimiento y procurando cubrir los reclamos de clientes, se mantiene un *stock* que no responde a ningún modelo de inventario, más que la estadística de ciertas épocas en la utilización de estos equipos. El *stock* de repuestos del departamento de silos no está dividido para proyectos nuevos, mantenimiento preventivo, correctivo o reclamos de clientes.

Es necesario diferenciar las necesidades de repuestos para la ejecución de proyectos nuevos, así como las necesarias para el mantenimiento preventivo y correctivo, ya que en los proyectos nuevos no se requiere de componentes, sino del equipo completo para su instalación, a diferencia en el mantenimiento preventivo o correctivo, se necesitan componentes y no equipos completos, aunque no puede descartarse que en caso remoto sea necesaria la instalación de un equipo completo.

Adicionalmente, para la ejecución de los proyectos nuevos se realiza una planificación, en la cual la adquisición y tiempo de entrega de los equipos puede incluirse y realizarse alguna actividad paralela que no requiera del ingreso a bodega de almacenaje en los equipos solicitados.

Para atender los reclamos de clientes, se utiliza el inventario de repuestos, éstos son entregados a los proveedores de servicios designados para atender la emergencia.

2.2.2. Controles del inventario

El inventario de repuestos es general para el área de silos y demás áreas que requieran de algún equipo, y los controles del mismo están basados en la cantidad descrita en una hoja de *Microsoft Excel*.

La herramienta de *Software SAP* con que opera la cementera, permite verificar las existencias en bodega de cada uno de los materiales utilizados, proceso que se realiza antes de cada extracción de repuestos y cuando se desea alimentar el inventario.

En muchos casos los pedidos de repuestos se realizan hasta que su existencia llega a 0, la herramienta *SAP* permite crear puntos de reorden para cada uno de los repuestos que se utilizan en el área de silos.

2.3. Método actual para calcular el stock de inventario

El inventario actual de repuestos para mantenimientos preventivos, atención a reclamos y proyectos nuevos, se calcula con la comparación periódica del archivo de *Microsoft Excel*, donde cada material por código se ingresa en la herramienta de *Software SAP*, se observa el *stock* actual, posteriormente este valor se copia al archivo de *Microsoft Excel* donde se encuentra el número correspondiente al *stock* que se ha manejado, siendo la diferencia la que debe ser solicitada al departamento de compras, esta acción puede denominarse punto de reorden.

La periodicidad con que esta revisión se lleva a cabo es de 30 días, es importante resaltar que durante este período para la extracción de repuestos y/o equipos, únicamente se revisa la existencia en almacén.

En la tabla II se describe una síntesis de la gráfica donde actualmente se maneja el *stock* de todo el inventario de repuestos:

Tabla II. **Tabla para el manejo del *stock***

Código	Descripción	Existencia	Pedir	Puntos de reorden	Stock máximo
6710-0003	Báscula pesadora de cemento	2	0	1	2
6714-0207	Cartuchos de filtro	108	48	42	156
6764-0022	Cojinete final de tornillo sin fin 10"	4	0	2	4
6764-0014	Cojinete final de tornillo sin fin 6"	6	2	2	8
6764-0018	Cojinete final de tornillo sin fin 8"	5	1	2	6
6714-0265	Filtro colector polvo <i>silotop</i>	7	0	2	7
6413-0247	Guarda niveles	6	6	4	12
6710-0152	<i>Kit Polipeat para silotop (7 cartuchos)</i>	6	4	2	10
6710-0012	Micro vibrador	1	3	1	4
6710-0121	Micro vibradores para básculas	6	0	2	6
6609-0303	Motor 10 hp, TRIFASICO, 220/440 V	0	1	0	1
6609-0301	Motor 7.5 hp, TRIFASICO, 220/440 V	0	1	0	1
6764-0212	Motor eléctrico tornillo WAM 11kw	0	1	0	1
6764-0211	Motor eléctrico tornillo WAM 18.5kw, 230/460v	1	0	0	1
6764-0213	Motor eléctrico tornillo WAM 4kw, 230/460v	1	0	0	1
6764-0023	Reductor m12 para tornillo de 10" ϕ	0	1	0	1
6764-0019	Reductor m12 para tornillo de 8" ϕ	1	0	0	1
6799-0098	Sistema de control de pesaje marca <i>Hardy</i>	0	1	0	1
6764-0021	Soporte interno de sin fin de tornillo 10"	3	7	3	10
6764-0013	Soporte interno de sin fin de tornillo 6"	8	10	4	18
6764-0017	Soporte interno de sin fin de tornillo 8"	8	0	4	8
6714-0204	Tarjetas de control para colectores de polvo	6	0	2	6
6764-0012	Tornillo transportador de 6"	1	0	0	1
6764-0020	Tornillo transportador de 10"	1	0	0	1
6204-0044	Válvula de alivio	4	0	2	4
6208-0019	Válvula de guillotina de 12"	7	1	4	8
6799-0073	Vibrador 1100 Lbs	0	1	0	1
6799-0074	Vibrador 660 Lbs	4	0	2	4

Fuente: inventario del departamento de silos, Cementera.

2.3.1. Proceso de compra

Para satisfacer las necesidades de los distintos departamentos que conforman la cementera se creó el proceso de compra, en el que se contemplan los siguientes pasos:

- Identificación de la compra: ésta pretende diferenciar la compra de un servicio o un equipo, cuando la adquisición de un servicio involucra la compra de equipos, se debe clasificar según el costo; si el valor del equipo es mayor al costo de la instalación ésta es la compra de un equipo, en caso contrario, donde el servicio de instalación es mayor que el costo de los equipos o repuestos, ésta es la compra de un servicio.
- Crear solicitud de pedido: se ingresa a la transacción solicitud de pedido dentro de la herramienta de *Software SAP*.

Para la compra de un servicio, se debe describir con detalles, necesidad del departamento, si es posible se incluyen fotografías y contacto del solicitante para que al posible proveedor se le brinden detalles específicos, y la cotización presentada por éste sea lo más ajustada posible a la realidad.

Para la compra de equipos, en planta se debe crear un código de material. Para la creación de este código se detalla: el fabricante, número de serie del fabricante para este equipo, departamento que lo utiliza y detalles técnicos.

Durante la creación de la solicitud de pedido se ingresa el código si es material o bien la descripción del servicio, y demás detalles antes

mencionados, una vez completados los campos necesarios ésta debe ser grabada proporcionando un número el cual es importante para su seguimiento respectivo.

Al ser grabada la solicitud de pedido, por el tipo de compra, la herramienta de *Software SAP* clasifica la compra y envía la información a los departamentos involucrados bajo el criterio de quiénes se verán afectados en su presupuesto por la compra requerida.

- Orden de compra: con el visto bueno o liberación de los involucrados, esta solicitud es enviada al comprador designado por el departamento de compras para la adquisición de equipos o servicios. El comprador cuenta con un tiempo límite de ocho días hábiles para asignar proveedor a la compra, durante este período se solicitan cotizaciones a los posibles proveedores y se le asigna la mejor opción en conjunto con el solicitante.

Al ser asignada se graba y automáticamente se genera otro número, éste se denomina número de orden de compra.

Nuevamente es enviada una notificación a los departamentos involucrados para que liberen la orden de compra, ya que ésta cuenta con el valor real que afectará el presupuesto del departamento solicitante.

- Notificación orden de compra: completamente liberada la orden de compra se envía una copia del documento al proveedor de servicio o equipo y al solicitante a través de correo electrónico.

2.3.2. Tiempos de entrega

Notificados él o los proveedores, para el caso de los servicios, la cementera a través del departamento solicitante contacta al proveedor y acuerdan la fecha en la que se inicia el trabajo, dependiendo del tipo de necesidad que sea.

Para el caso de los repuestos, se le envía al proveedor vía correo electrónico y éste informa de la fecha estimada en que los equipos estarán arribando al país, en el caso de los equipos solicitados por el departamento de silos es aproximadamente de tres meses.

Todos los repuestos o equipos utilizados por el departamento de silos son importados de diferentes países, en su mayoría de Italia y Estados Unidos de Norte América, por lo que en promedio toma de tres a cuatro meses su recepción en bodega.

2.3.3. Variables de costos

Un costo es todo desembolso monetario o su equivalente no monetario en que incurre la empresa durante sus operaciones de producción, administración y conservación de la materia prima, productos en proceso, productos terminados, maquinaria y repuestos.

A continuación se describen las variables de costo para el inventario bajo la administración actual:

- Variable K, costo de pedidos: es el asociado con el reabastecimiento de un inventario, es un costo de pedidos o de organización, éste es fijo, independiente del número de unidades pedidas.

Se incurre en este costo cada vez que se coloca un pedido y puede incluir:

- Llamadas telefónicas
- Papelería y útiles
- Sueldos y viáticos del personal encargado de las cotizaciones
- Depreciación del equipo de cómputo

Para simplificar los cálculos suele asumirse un costo de preparación constante en todos los ciclos de un mismo período.

Para el inventario del departamento de silos en específico, el departamento de compras es el mayor involucrado en la creación de órdenes de compra para los distintos pedidos, ya sean de servicios o repuesto y se han tabulado sus costos K de la siguiente manera:

- Importaciones *spot*: en la gestión de compras internacionales, a través de la búsqueda y selección de la mejor opción disponible que cumpla con los requerimientos, dándole seguimiento a la mercadería en tránsito proveniente del extranjero desde que ésta deja su lugar de origen hasta su recepción en almacén.

K = Q. 404,19

- Compras de emergencia importación: consiste en gestionar compras no planificadas, originadas por emergencias justificadas, otorgándoles prioridad sobre los requerimientos normales, con el fin de atender la solicitud en el menor tiempo posible.

K = Q. 369,44

- Compras recurrentes: aquellas compras que son generadas por medio de un convenio previamente negociado y automatizado en el sistema (con términos a mediano y largo plazo), gestionado por el departamento de compras que permita una mayor eficiencia en el proceso de compra.

$$K = Q. 66,25$$

- Variable C, costo de compra: cada unidad incurre en un costo de compra, es directo por unidad, éste puede depender del número de unidades pedidas, debido a los descuentos por cantidad.

Este es el costo más fácil de calcular, ya que es el precio del proveedor.

- Variable H, costo de conservación: éste es por período, por cada artículo en inventario. Un costo de conservación puede incurrir en lo siguiente:

Los costos de almacenamiento están compuestos por los gastos generales del almacén, seguro, requerimientos de manejo especial, seguridad contra robo, objetos rotos, etc. Cuando se usa un almacén para productos diferentes, es difícil determinar qué cantidad de los costos de almacenamiento total pertenece a cada producto individual.

Una práctica común para el cálculo de los costos por unidad, consiste en estimar los costos fijos entre los cuales están el alquiler de bodega, seguros para materiales, limpieza, vigilancia, sueldos de los encargados de bodega, depreciación equipos de oficina, papelería y útiles. Y para los costos variables es necesario aclarar que éste está representado por el valor del dinero en el tiempo, representa la tasa de interés pagada por un banco al tener depositado el dinero en este lugar.

El costo de conservación queda definido de la siguiente manera:

$$H_{\text{total}} = \text{costos fijos} + \text{costos variables}$$

- Variable B, costo de déficit: este se asocia con la pérdida de clientes cuando no se les provee su mercadería a tiempo, cuando está incompleta, o en bodega no hay unidades pero sí demanda. Una gran cantidad de clientes buscará a otros distribuidores. En nuestro caso, procesos productivos de clientes externos, estos costos por faltantes depende de las pérdidas en la producción.

Cuando la materia prima no está disponible se interrumpe la producción, para éste caso, las máquinas instaladas por la cementera se detienen por falta de mantenimiento, se incurre en pérdidas que el cliente externo debe estimar y cargar al costo.

Para evitar este déficit, en el caso del departamento de silos, es necesario contar con la disponibilidad de equipos para que sean sustituidos en el momento justo, de lo contrario los costos por tiempo improductivo de clientes que consumen cemento a granel y lo dosifican con equipos instalados por la cementera podrían ser reclamados para que sean cubiertos por la cementera.

Es importante resaltar, que mientras el costo por faltantes durante un período no siempre estará presente, dependerá de la política de la empresa el no querer sufrir faltantes y anular toda posibilidad.

2.4. Tipos de inventario

Existen diferentes formas de clasificar los inventarios y cada una depende de la función que desempeñe en la organización, a continuación se describen las categorías principales:

- Según su función
 - Fluctuación: también llamamos de esta manera cuando la demanda de cierto artículo no se puede conocer con certeza, es decir su demanda no es constante, su función principal es evitar que los niveles de producción no tengan que cambiar drásticamente.
 - Para enfrentar las variaciones aleatorias que presenta la demanda.

Los inventarios de fluctuación también llamados de *stock* de seguridad o de estabilización, se denominan:

- ❖ Anticipación: son los inventarios hechos con anticipación cuando se conoce de antemano la demanda del producto, que para este caso son repuestos.
- ❖ Tamaño de lote: su enfoque principal es para los productores, son aquellos que se fabrican en un plan maestro de producción, generalmente es mayor a la demanda, pero se calcula según la proyección de ventas.
- ❖ Seguridad o protección: cuando los componentes del inventario tienden a variar en su precio y las empresas pueden obtener

grandes ahorros significativos comprando grandes cantidades cuando los precios están bajos.

- Tipos de inventario según la etapa de procesamiento del bien material:
 - Materias primas: son productos almacenados y están a la espera de ser procesados y transformados a productos terminados.
 - Productos en proceso: son parcialmente terminados, pero se encuentran en etapa intermedia del proceso productivo.
 - Productos terminados: es todo aquello que ha sido producido o comprado por la empresa para ser comercializado.
 - Suministros: artículos necesarios para la operación de la empresa con la diferencia que no tienen alguna relación con el producto que se fabrica, dentro de éstos se encuentran los repuestos, accesorios, papelería y útiles

- Tipos de inventarios según el tipo de demanda por el que se ven afectados:
 - Demanda dependiente: este tipo de inventario tiene la necesidad de otros artículos almacenados, son componentes de otros productos complejos, cuyo consumo dependerá del número de unidades a fabricar del producto final decidido en la planificación del producto.
 - Demanda independiente: este es aleatorio, ya que está en función de las condiciones del mercado y no relacionados directamente con la de otros artículos.

2.4.1. Modelos de inventario

Generalmente, los inventarios están relacionados con mantener cantidades suficientes de bienes para garantizar una operación fluida en un sistema o actividad comercial. La forma efectiva de manejar los inventarios es minimizando su impacto adverso, encontrando un punto medio entre la poca y el exceso de reserva.

Existen varios modelos de inventarios que dependen de la variación del tiempo y la demanda.

- Modelo 1 o diente de sierra: la demanda es determinística, los tiempos de espera se conocen y son constantes, la cantidad óptima que se ordena ha sido previamente determinada.
- Modelo 2: se utiliza cuando la demanda es variable y se pide una cantidad, para que el inventario llegue a un nivel predeterminado llamado cantidad máxima, y los pedidos se realizan en un mismo período.
- Modelo 3: la cantidad a pedir es fija y ha sido previamente determinada, se solicita siempre la cantidad óptima y el tiempo entre cada pedido varía dependiendo del nivel mínimo de reorden.
- Modelo 4: se utiliza cuando la demanda es variable, la cantidad a pedir es diversa y el tiempo entre pedidos también. La cantidad es previamente determinada para cada pedido, y se coloca uno cada vez que el inventario llega a un nivel predeterminado con anterioridad.

2.4.2. Punto de reorden

El punto de reorden es una práctica bastante extendida en las empresas industriales, consiste en la existencia de una señal al departamento encargado de colocar pedidos, indicando que la existencia de determinado material ha llegado a cierto nivel y que debe hacerse un nuevo pedido. El punto es aquel que permita seguir produciendo mientras llegue otro pedido.

Existen diversas técnicas para señalar el punto de reorden, desde papeles en los estantes o anaqueles hasta sistemas informativos que solicitan automáticamente los pedidos cuando se llega a un nivel mínimo de inventario.

Estos puntos de reorden deben ser aprobados y estudiados por los departamentos de compras y solicitantes para su establecimiento y serán responsabilidad del departamento solicitante junto con el almacén su control y vigilancia.

Deben existir instrucciones claras y precisas de lo que debe hacerse con las requisiciones colocadas.

2.4.3. Control de inventario

En el caso de inventario de materias primas es planificado basado en la proyección y presupuesto de ventas, esto permite conocer con exactitud los niveles del inventario, tanto de materiales como productos terminados, con esto queda definido cuánto y cuándo se debe comprar para producir satisfactoriamente la demanda.

Para el control es importante contar con los siguientes registros:

- Sistema de archivo: puede ser *Software*, que cuente con registro de entradas y salidas, fechas de ingreso de nuevos pedidos, inventario teórico de inicio y finalización del cierre contable.
- Inventarios físicos periódicos: se realizan en intervalos de tiempos establecidos y se utilizan cuando las existencias teóricas no coinciden con las físicas.
- Inventario general de cierre de año fiscal: la ley establece que se debe realizar un inventario general de las existencias, por lo menos una vez al año y registrar las variaciones o ajustes que esto provoque, esto asegura tener las cantidades físicas igual a la teóricas del sistema de inventarios.
- Control del nivel de inversión: es el resultado de las diferentes políticas fijadas por las áreas de ventas, producción y finanzas, para la administración financiera de los inventarios, que tendrá mucho que ver con la productividad de la empresa al rotar rápidamente sus inventarios durante un año. La fijación de las políticas de nivel de inventarios son complejas y deben satisfacer a las partes involucradas; el hecho es que cada individuo que interviene en la fijación o determinación de los parámetros, tiene un punto de vista diferente al de los demás, tomando en cuenta la operación de su área.

Para el presente, el inventario de repuestos para equipos instalados a clientes que consumen cemento a granel, se tienen registros de la máxima cantidad de repuestos utilizados en cierta temporada, y ninguno de los componentes del inventario es utilizado por otro departamento.

Es importante resaltar que de entrar en déficit este inventario de repuestos no impediría la producción de la cementera, afecta directamente al cliente, ya que es la fabricación de sus productos la que se vería afectada por el paro no programado de los equipos que le instaló la cementera.

2.4.3.1. Métodos para el control de inventario

A continuación se describen los métodos más usados para el control de inventarios:

- Método ABC: clasifica los artículos por porcentaje de valor monetario.
- La clase A abarca un valor aproximado al 15% de los componentes del inventario que registran el más alto valor y requieren de revisión constante, la cantidad aproximada del total del dinero invertido en el inventario es del 65 y 75%.
- La clase B constituye un 25% del total de unidades y dinero del inventario, la revisión de esta clase se debe llevar a cabo en un período aproximado de 30 días.
- La clase C comprende el 60% de los artículos, siendo ésta la de los de menor valor, permitiendo una revisión no tan periódica para descender a su realización semestralmente.

Este sistema permite administrar la inversión en tres categorías o grupos para poner atención en el manejo de los artículos A, para que a través de su estricto control y vigilancia se mantenga, o en algunos casos se llegue a reducir la inversión en los inventarios mediante una administración personalizada.

- Método de reorden: está diseñado para minimizar la cantidad de cada artículo, permitiendo su disponibilidad cuando sea requerido, y al encontrarse en menor nivel se coloque una orden por los mismos, admitiendo el manejo de menor cantidad.
- Método de conteo libre: la base de éste permite el conteo físico de los artículos, siempre que se esté atendiendo en determinada ubicación, tal como cuando se recibe una lote en re- abastecimiento o cuando se retira el último artículo de la ubicación, es decir conteo libre.
- Método de conteo por zona: por ubicación o zona, se cuenta de manera rotativa y se mantienen los conteos concentrados en un área.
- Otros métodos: además del valor monetario, algunas industrias puede utilizar criterios de clasificación según lo esencial que sea un producto para un determinado proceso, otra podría ser la clasificación dependiendo de la extensión del tiempo de consecución o la cantidad de espacio requerido para el almacenamiento.

2.4.3.2. Inventarios estocásticos

El modelo estocástico es probabilístico y la demanda se desconoce, el procedimiento que se utiliza está basado en datos históricos, reuniendo información sobre experiencias anteriores, haciendo uso de conceptos estadísticos.

2.4.3.3. Inventario determinista

Este modelo es más simple, ocurre cuando la demanda se conoce a través del tiempo con reabastecimiento instantáneo y sin escasez.

Este modelo se utiliza cuando se tiene certeza de la demanda de determinado producto, la cantidad que solicita el cliente, el tiempo de despacho es instantáneo y el precio varía con la cantidad ordenada.

2.4.4. Existencias de seguridad

Stock de reserva o seguridad: las empresas suelen tener esta clase de inventarios con el fin de hacer frente a los cambios impredecibles de las demandas de los consumidores.

La existencia de reservas es el precio que pagan los negocios por la filosofía de servicio al cliente, que con el tiempo produce una posición en el mercado.

Un enfoque para controlar el déficit cuando la demanda es probabilística es especificar un nivel de servicio, α , en la forma de una probabilidad el déficit ocurre sólo en el $1-\alpha$ de los casos atendidos.

Una forma de alcanzar la meta de un nivel de servicio específico es teniendo existencias de seguridad, que es un inventario adicional disponible para cubrir las fluctuaciones en la demanda durante el tiempo guía.

Es claro que si la cantidad de existencias de seguridad es muy grande, fácilmente se podría satisfacer el nivel de servicio; sin embargo, el tener estas

unidades eleva el inventario promedio, y por lo tanto, los costos de conservación adicionales.

2.5. Determinación del mejor sistema para el control de inventario

Lo más difícil es determinar la demanda, y ésta ya se encuentra calculada basada en estadísticas de años anteriores.

Para el presente caso en específico se pueden planificar los proyectos nuevos y mantenimientos preventivos, pero no la atención a reclamos, ya que éstas están condicionadas por circunstancias que se encuentran fuera del control del departamento de silos, provocando una demanda variable de cada uno de los integrantes del inventario de repuestos que utiliza el departamento de silos.

El método estocástico es un método probabilístico donde la demanda se desconoce, y para solucionarlo se utilizan datos históricos, reuniendo información sobre experiencias anteriores, a diferencia del método determinista la demanda es constante.

Adicionalmente para el presente caso se conoce el tiempo promedio del período que toma obtener un pedido y la variación no es suficientemente significativa, para poner en riesgo el nivel de servicio que el departamento de silos desea mantener.

Por lo antes descrito, el modelo que mejor se ajusta a las condiciones como el departamento de silos desea administrar el inventario de repuestos, es el modelo 2 de demanda variable y tiempo constante (Ver sección 2.4.1 modelos de inventario).

Antes de iniciar con el cálculo de las variables de costo, bajo la administración del inventario con demanda variable y tiempos conocidos se deben realizar los siguientes pasos:

- Análisis de los materiales básicos, mínimos, óptimos y necesarios, para eliminar el costo por falta de existencias:

La lista de materiales que se presenta a continuación contiene los de más alto consumo mensual, la falta de alguno de éstos puede ocasionar serios problemas en la producción de clientes, transformados en costos que aumentan el valor del inventario.

Tabla III. **Materiales con alta rotación**

No.	Número de material	Descripción del Equipo
12	6208-0020	Actuador manual para válvula de guillotina 12"
90	6208-0250	Actuador válvula guillotina 10"
92	6208-0252	Actuador válvula guillotina 8"
93	6714-0266	Aireador interno cono de silo <i>vb</i>
29	6710-0003	Báscula pesadora de cemento
5	6714-0207	Cartuchos de filtro
78	6316-0014	Celda de carga <i>ssb500</i> tolva pesadora
30	6710-0004	Celda de carga tipo "b" de 75 kg.
23	6764-0022	Cojinete final de tornillo sin fin 10"
15	6764-0014	Cojinete final de tornillo sin fin 6"
19	6764-0018	Cojinete final de tornillo sin fin 8"
81	6710-0142	Controlador de <i>peso hi2151/30wc-pm-a1-b12</i>
88	6714-0265	Filtro colector polvo <i>silotop 24m²</i> superficie filtrante
8	6413-0247	Guarda niveles
57	6799-0077	Gusano transportador de 10"
4	6714-0206	Juego de distribuidores de aire
75	6710-0152	<i>Kit polipeat</i> para <i>silotop</i> (7 cartuchos)
38	6710-0012	Micro vibrador
43	6710-0121	Micro vibradores para básculas

Continuación tabla III.

27	6609-0303	Motor 10 hp, trifasico, 220/440 v, 1800 rpm, <i>bs flange</i>
28	6609-0304	Motor 20 hp, trifasico, 220/440 v, 1800 rpm, <i>bs flange</i>
25	6609-0301	Motor 7.5 hp, trifasico, 220/440 v, 1800 rpm, <i>bs flange</i>
24	6764-0023	Reductor <i>m12</i> para tornillo de 10" \emptyset
16	6764-0015	Reductor <i>m12</i> para tornillo de 6" \emptyset
20	6764-0019	Reductor <i>m12</i> para tornillo de 8" \emptyset
61	6764-0202	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor 25hp
67	6764-0208	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 10hp
69	6764-0210	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 5.5hp
65	6764-0206	Reductor tornillo <i>wam</i> 8" brida motor 15hp
64	6764-0205	Reductor tornillo <i>wam</i> 8" brida motor
60	6799-0098	Sistema de control de pesaje marca <i>Hardy 3010</i>
22	6764-0021	Soporte interno de sin fin de tornillo 10"
14	6764-0013	Soporte interno de sin fin de tornillo 6"
18	6764-0017	Soporte interno de sin fin de tornillo 8"
76	6710-0153	Tarjeta electrónica <i>4604000080 silotop</i>
13	6764-0012	Tornillo transportador de 6"
17	6764-0016	Tornillo transportador de 8"
21	6764-0020	Tornillo transportador de 10"
6	6204-0044	Válvula de alivio
11	6208-0019	Válvula de guillotina de 12"
89	6208-0249	Válvula guillotina 10" <i>v/q.250</i>
91	6208-0251	Válvula guillotina 8" <i>v/q.200</i>
48	6799-0073	Vibrador 1100 lbs.
49	6799-0074	Vibrador 660 lbs.

Fuente: inventario del departamento de silos, Cementera.

- Cálculo del tamaño de lote

Usado como base para la administración de inventarios, pretende que las cantidades a pedir y los períodos en que se pidan los equipos sean

constantes, de tal manera que no se permita el déficit y los reemplazos se realizan por lotes.

Simbología:

L = período que toma recibir el pedido

D_m = demanda

i = tasa de interés (costo de oportunidad)

C = costo unitario del artículo

K = costo de pedidos o costo de organización

Fórmulas para calcular el tamaño del lote:

Q = cantidad óptima de pedido = $\sqrt{\frac{2 * D_m * K}{i * C}}$

N = número de pedidos = $\frac{D_m}{Q}$

R = punto de re-orden = $D_m * L$

2.5.1. Costos por falta de existencias

Bajo la propuesta anterior los costos por déficit deberían quedar anulados, ya que el modelo propone pedidos para realizarse en un periodo anual, adicionalmente contempla el tiempo de entrega y el *stock* mínimo cuando debería solicitarse un lote de repuestos.

Por lo antes descrito el costo por déficit queda definido como 0.

2.5.2. Variables de costos

Las variables de costos para la política de inventario están definidas al igual que en la sección 2.3.3. Las variables son las siguientes:

- K = costo de pedidos
- C = costo de compra
- H = costo de conservación
- B = costo de déficit

2.6. Qué es la tercerización

La contratación de servicios se ha convertido en una opción ventajosa para la estrategia de muchas compañías, pues les permite centrar sus esfuerzos en su propia actividad de negocio y liberarse de otros aspectos sin afectar la dinámica de trabajo.

Delegar responsabilidades y compromisos que no son inherentes a la esencia del negocio, ha sido una búsqueda constante de las organizaciones, ya que estas responsabilidades limitan la estrategia de crecimiento.

Se puede definir a la tercerización como un servicio exterior a la compañía y que actúa como una extensión de los negocios de la misma, pero trabaja bajo su propia administración con la dirección de la compañía contratante. También se podría definir como la acción de recurrir a una agencia exterior para que opere una función que anteriormente se realizaba dentro de una compañía. Pretende delegar a largo plazo una o más actividades que no sean esencia del

negocio a un proveedor que cuente con la experiencia y especialización aún mayor que la misma empresa en dicha actividad, con la finalidad de conseguir mayor efectividad en las necesidades medulares para el cumplimiento de una misión.

Más allá de parecer un gasto adicional, las sub contrataciones permiten dejar en manos expertas la administración, y el manejo eficiente y efectivo de los procesos que no están ligados directamente con la misión del negocio, al contrario, permite reducir costos y reorientar los recursos internos e influir de manera significativa en el nivel de competitividad.

2.7. Razones estratégicas más importantes para utilizar la tercerización

- Acceso a servicios de calidad: por la naturaleza de sus especializaciones, los proveedores ofrecen una amplia gama de servicios con calidad para satisfacer las necesidades del mercado.
- Enfocar mejor las actividades de la empresa: permite a la compañía orientarse en asuntos empresariales ampliamente.
- Redireccionar recursos: la subcontratación de un servicio permite que la empresa pueda utilizar los recursos que invertía en dicho servicio para otras actividades que permitan alcanzar la misión de la empresa rápidamente.
- Convertir costos fijos en variables.

- Compartir riesgos: en el momento que una empresa subcontrata los servicios de otra empresa, ésta adquiere responsabilidad legal con el contratante y comparten el riesgo que implica la realización del servicio.

2.8. Riesgos y beneficios

Antes de tomar una decisión sobre la tercerización del inventario de repuestos es importante tomar en cuenta los riesgos y beneficios a los que se expone la cementera, que en el peor de los casos es un paro no programado en la producción de un cliente externo.

2.8.1. Riesgos

- Elección del contratista: es necesario evaluar las opciones antes de elegir a la empresa que vaya a brindar el servicio, y con base en diferentes propuestas, tomar la decisión a quién contratar. No es correcto tomar la decisión sin antes haber evaluado varias opciones.
- Negociar el contrato adecuado: la empresa que contrata el servicio queda sujeta a las cláusulas existentes en el mismo, es por ello que es necesario realizar una revisión correcta del contrato, para no poner en riesgo a la empresa.
- El contratante puede quedar a medio camino por falla del contratista. Antes de tomar la decisión sobre el proveedor del servicio es necesario realizar una evaluación completa del proveedor con la finalidad de asegurar el cumplimiento de lo contratado.

- Aumento del nivel de dependencia: en el momento que se subcontrata a una empresa para que realice una actividad de la cual dependen más actividades del contratante, entonces se estará pendiente del adecuado desempeño del contratista.
- Supervisión del personal contratista: al contratar un determinado proveedor se debe establecer quién ejercerá el control sobre el personal que desempeñe la actividad subcontratada.

2.8.2. Beneficios

- Contratar los servicios con igual funcionalidad y disminución de costos.
- Permite enfocarse en la funcionalidad de las diferentes áreas de la organización.
- Rebaja el costo total de los bienes y servicios adquiridos.
- Permiten que la empresa contratante formalice alianzas estratégicas con otras que le pueden ayudar a su desarrollo.
- Al momento de subcontratar un servicio, ya no es necesario contar con el espacio físico para el servicio sub-contratado (dependerá de las cláusulas del contrato).

2.9. Aspectos necesarios en un compromiso de tercerización

A continuación se describen algunas consideraciones que pueden ayudar para la contratación de un servicio tercerizado:

- La actividad que se desea tercerizar no debe formar parte de actividad principal de la empresa.
- La empresa contratante debe identificar las actividades principales para el negocio.
- Tener una comunicación clara con la organización para aclarar el porqué de los cambios, ya que generalmente una subcontratación está acompañada de una reducción de personal.
- La tercerización debe tener una misión definida y determinar si la empresa logra aumentar el valor del producto percibido por los consumidores.
- Es importante explotar todas las habilidades principales de la empresa y subcontratar las demás.
- En la subcontratación es importante lograr que los integrantes de la organización entiendan los aspectos que fundamentan la separación de la actividad a subcontratar.

2.9.1. Características de la empresa-cliente

Al subcontratar un servicio siempre está presente el riesgo de no alcanzar los objetivos y estándares que la empresa requiere, al contratar un proveedor que cumpla con las características más importantes para el contratante se debe procurar crear una relación que beneficie a ambas partes.

Por otro lado, el proveedor de la tercerización puede ofrecer un valor agregado que supere las expectativas de los clientes, convirtiéndose en parte de la estrategia competitiva de diferenciación.

Para considerar una tercerización exitosa se debe contar con las siguientes características:

- Tener información clara y completa, ya que se le debe proporcionar al proveedor todas las herramientas necesarias para la elaboración del trabajo.
- Compromiso con los resultados, ambas partes deben trabajar en conjunto y brindar el seguimiento correspondiente.
- Definir claramente la situación actual en términos de rentabilidad y productividad.
- Planteamiento claro de las necesidades mutuas, es importante el conocimiento de las necesidades actuales y a largo plazo.

2.9.2. Características del proveedor

El proceso de selección del proveedor del servicio que se desea tercerizar es delicado, ya que el elegido debe contar con la experiencia y capacidad para hacer frente a los requerimientos del contratante.

Para el presente caso en específico se plantea la opción de contratar los servicios del proveedor que actualmente realiza los mantenimientos

preventivos, atención a reclamos y ejecución de proyectos nuevos, para proveer de los repuestos necesarios en las actividades antes mencionadas.

A continuación se describe algunas características básicas con las que cuenta el proveedor:

- Dentro de las actividades principales del proveedor existe más de una relación directa con el servicio que se desea contratar.
- Ha sido comprobado las capacidades de cumplimiento de los objetivos y estándares que la empresa requiere.
- El proveedor cuenta con el recurso económico, técnico y humano para alcanzar las metas y objetivos del contratante, así como las exigencias cambiantes del mercado.
- Los servicios prestados por el proveedor son lo suficientemente flexibles para acoplarse a los cambios del negocio, organizacionales y funcionales.

2.9.3. Acuerdo del nivel de servicio

Para el caso en específico del departamento de silos se buscaría tercerizar la administración del inventario acompañada por la contratación de instalación de los equipos. Esto puede llevarse a cabo tanto para proyectos nuevos, como para atención de reclamos.

Es de resaltar la disminución del tiempo de atención y solución de reclamos por paros no programados provocados por los equipos que instala la cementera.

Como se mencionó en párrafos anteriores, estos reclamos se tratan en calidad de emergencia, ya que el cliente detiene producción y estos costos del cliente externo son trasladados a la cementera con un grado de responsabilidad alto, es por ello que la atención dentro del perímetro capitalino se lleva a cabo en un tiempo no mayor de seis horas, y para el resto de la república en un tiempo menor a 24 horas.

El tiempo de atención a reclamos en algunas ocasiones se ha visto afectado por no contar con el repuesto en el momento en que se inspecciona el equipo, el proveedor debe viajar hasta el almacén donde la cementera aprovisiona sus equipos, esto implica estar sujeto a horario de oficina, pudiendo mejorar el tiempo si se contara con el repuesto en las instalaciones del mismo proveedor.

2.9.4. Variables de costo

Es difícil contar con variables de costos similares a las que maneja la administración de inventarios expuestos en los 2 casos anteriores, para la tercerización del inventario se desea contar con los repuestos necesarios en el momento justo, es decir, que las estadísticas de uso de los repuestos le serían entregadas al proveedor de servicios actual y éste debería contar con un *stock* similar o menor dependiendo del tiempo y cantidad de pedidos que desee realizar, para satisfacer la demanda del departamento de silos.

Es de resaltar que los servicios de instalación de estos repuestos estarían vinculados con el precio del repuesto, los costos de estos servicios dependerán del contrato.

También hay que resaltar la variable C, costo de compra: es un costo directo por unidad, es el precio del proveedor. A diferencia de la situación actual del inventario y el método para el control del mismo, dentro de este costo se debe incluir la ganancia del proveedor con la cual él debe cubrir los costos de las demás variables que se incluyen en los casos antes mencionados.

Para el mercado guatemalteco se considera un costo adicional del 20% sobre el precio de lista, con que la cementera compra actualmente sus repuestos.

3. PROPUESTA DE LA MEJOR OPCIÓN PARA EL MANEJO DEL INVENTARIO

La recomendación para el manejo del inventario responde a las interrogantes planteadas de ¿cuánto? y ¿cuándo? pedir, adicionalmente como una segunda opción, se incluyó la comparación de la tercerización del inventario por completo.

La aplicación de cualquiera de las propuestas para manejar el inventario, internamente como la tercerización, cuenta con riesgos, cambios estratégicos y controles que se deben implantar.

En el análisis que se encuentra a continuación se plantean las consideraciones más importantes de cada opción, así como el costo con la finalidad de contar con un criterio para tomar la decisión por la opción que mejor convenga.

3.1. Análisis y comparación del entorno para método actual, sistema de control de inventarios y tercerización

- Método actual: existen 2 riesgos importantes para la administración del inventario como se ha estado realizando, el primero es el hecho de no contar con suficientes unidades para atender los reclamos de clientes y por consiguiente no contar con un *stock* para la ejecución de proyectos nuevos, si bien es cierto que los repuestos de proyectos nuevos pueden planificarse, en cierto momento pueden surgir pequeños proyectos que tienen prioridad en un tiempo corto, aparentemente el pedido de repuestos

para reclamos de clientes no tiene relación alguna con los pedidos de equipos para proyectos nuevos; sin embargo, hay que recordar que los pedidos bajo el método actual se realizan después de la inspección del inventario general una vez por mes, ya sea para proyectos nuevos o reclamos de clientes.

El otro riesgo, no menos importante es el sobre *stock* en el que se puede caer al no contar con un control que permita establecer máximos y mínimos como lo contempla un sistema de control de inventarios, como ya se ha expuesto, este sobre *stock* tiene un valor monetario con un costo de oportunidad alto que podría obtener mayor utilidad invertido de otra manera.

- Sistema de control de inventarios: a diferencia del método actual, el sistema brinda máximos y mínimos para realizar pedidos de equipos y no caer en déficit, sobre las reservas y las implicaciones financieras que conlleva; sin embargo cuando la demanda de utilización de los equipos aumenta es de esperarse que el deterioro de algunos equipos sea mayor en menor tiempo y se obtengan mayores reclamos o ejecución de más proyectos, situación atípica que no se encuentra considerada dentro de la estadística de años anteriores, es por ello que a pesar de contar con una herramienta de *Software SAP* que realiza pedidos automáticamente, es necesario controlar periódicamente el tiempo de ingreso de pedidos, con la finalidad de tener un criterio para la modificación de tiempos, y adaptarse a las demandas evitando el déficit.

Al igual que el método anterior y aun mejor, el sistema de control de inventarios permite al departamento de compras contar con un panorama, y crear alianzas con proveedores para mejorar precios y tiempos de

entrega. A la administración del almacén le permite contar con una rotación mayor de repuestos y optimización de recursos financieros, ya que al ingresar estos repuestos al almacén son cargados a su presupuesto hasta que son retirados por los usuarios o demandantes de estos equipos.

En general, permite optimizar todos los recursos y eliminar el déficit si el comportamiento de la demanda es similar a la de años anteriores.

- Tercerización del inventario: a diferencia de los dos métodos anteriores, contempla la alianza con un proveedor de conocida trayectoria para la administración del inventario, se le debe trasladar las estadísticas y necesidades del departamento de silos, para que sea él quien las satisfaga y acuda en los tiempos establecidos a resolver los reclamos de clientes.

Pueden obtenerse mejoras en la atención a reclamos, ya que el proveedor no depende del departamento de silos para obtener los repuestos o equipos con que se debe contar para resolver los reclamos de clientes, adicionalmente es importante controlar e inspeccionar rigurosamente la adquisición, instalación y mantenimiento de los equipos necesarios para la atención a reclamos y proyectos nuevos.

Como es de esperarse, el valor de los repuestos puede aumentar, ya que el proveedor necesita cubrir los costos de mantener y administrar un inventario, por lo general para el mercado guatemalteco es del 20% sobre el valor de lista del equipo.

3.1.1. Riesgos e implicaciones

Para obtener una visión clara de cada una de las 3 opciones para el manejo del inventario de repuestos es necesario comparar uno a uno cada aspecto importante, en la tabla IV se presenta un resumen de estos aspectos.

Tabla IV. **Comparativo riesgos e implicaciones**

Método actual	Sistema de control de inventarios	Tercerización del inventario
- Riesgo de déficit	-Déficit al aumentar la demanda.	-No existe déficit acordado desde la negociación.
-No existe mejora en atención a reclamos.	- No existe mejora en atención a reclamos.	-Mejora en tiempo de atención a reclamos.
-Riguroso control en pedidos.	-Dos pedidos al año bajo demandas similares.	-Riguroso control en adquisición e instalación de repuestos.
-Verificación constante sobre ingreso de materiales.	-Dos ingresos de materiales al año bajo demandas similares.	-No aplica.
-No existe optimización en el inventario.	-Optimización de recursos e inventario.	-Costos similares al método actual.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Comparación de costos

A continuación se presentan los costos detallados que integran las variables definidas anteriormente para cada una de las opciones que se plantean para administrar el inventario, éstos servirán como punto de comparación para determinar la mejor opción financiera.

3.2.1. Costos del inventario calculado bajo el método actual

Idealmente se busca una política de inventario que incurra en el mínimo costo esperado por período, para el caso de la situación actual donde los pedidos se realizan con una periodicidad de 30 días, los costos del inventario bajo la administración actual son como se muestra en la tabla V.

Tabla V. Costos K del inventario bajo la administración actual

Mes	Costo K por mes [Q.]
Enero	404,19
Febrero	404,19
Marzo	404,19
Abril	404,19
Mayo	404,19
Junio	404,19
Julio	404,19
Agosto	404,19
Septiembre	404,19
Octubre	404,19
Noviembre	404,19
Diciembre	404,19
Total anual	Q. 4 850,28

Fuente: costos de operación formato SAG, departamento de compras, Cementera.

Los costos C de los pedidos solicitados por el departamento de silos durante el 2009, los cuales corresponden a la compra de equipos para proyectos nuevos, atención a reclamos y mantenimiento preventivo se describen en la tabla VI.

Tabla VI. **Costos C del inventario bajo la administración actual**

Mes	Costo C por mes [Q.]
Enero	218 531,20
Febrero	145 147,23
Marzo	118 700,00
Abril	359 862,40
Mayo	18 307,60
Junio	211 820,76
Julio	73 680,94
Agosto	250 648,77
Septiembre	154 016,60
Octubre	92 246,60
Noviembre	93 114,57
Diciembre	21 484,56
Total anual	Q. 1 396 529,67

Fuente: inventario departamento de silos, Cementera.

Los costos H en los que incurrió el departamento de silos para mantener el inventario en promedio durante el 2009, se mantuvo general para proyectos nuevos, mantenimiento preventivo y atención a reclamos. Ver tabla VII.

Tabla VII. **Costos H del inventario bajo la administración actual**

Descripción de cuentas	Costo total 2009 [Q.]
Sueldos administración almacén	93 870,00
Bonificaciones	94 114,70
IGSS IRTRA INTECAP	11 893,2
Indemnizaciones	14 908,71
Bono 14	14 908,71
Convenciones	-
Capacitaciones	-
Vuelos-Trasporte	-
Viáticos	87 630,37
Relaciones Industriales	-
Seguros	12 530,00
Papelería y útiles	2 260,04
Mantenimiento mobiliario y equipo	65 842,63
Repuestos materiales suministros	86 800,71
Mantenimiento maquinaria y equipo	-
Gran total costos fijos	Q. 484 759,19

Fuente: elaboración propia.

Por último, se describen los costos variables en los que se incurrió por pedidos durante el 2009, más el inventario que se mantuvo durante el mismo periodo: Ver tabla VIII.

Tabla VIII. **Costos del inventario bajo la administración actual**

Inventario durante el periodo 2009	Q. 84 993,59
Costo por pedidos realizados durante el 2009	1 396 529,67
Total	Q. 2 239 523,26
Tasa de interés por ahorro en cuenta bancaria	4%
Gran total costo variable	Q. 89 580,93

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Costo H total anual} = \text{Q. } 484\,759,19 + \text{Q. } 89\,580,93$$

$$H = \text{Q. } 574\,430,12$$

La estadística de reclamos por falta de repuestos se puede clasificar como los costos de la variable B, y se encuentra conformada como se muestra en la tabla IX.

Tabla IX. **Costos K del inventario bajo sistema de control de inventarios.**

Mes	Monto del reclamo [Q.]
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	176 000,00
Mayo	0,00
Junio	0,00
Julio	23 468,00
Agosto	12 768,00
Septiembre	0,00
Octubre	0,00
Noviembre	256 342,00
Diciembre	0,00
Total anual	Q. 468 578,00

Fuente: inventario departamento de silos, Cementera.

El costo total de periodo 2009 para el almacenaje de los repuestos del departamento de silos de la cementera bajo el método actual queda integrado de la siguiente manera:

$$Ct = K + C + H + B$$

$$Ct_{2009} = \text{Q. } 4\,850,28 + \text{Q. } 1\,396\,529,67 + \text{Q. } 574\,430,12 + \text{Q. } 468\,578,00$$

$$Ct_{2009} = Q. 2\,444\,388,07$$

3.2.2. Costos del inventario calculado bajo un sistema de control de inventario

Para la política sugerida, modelo 2 de demanda variable y tiempo constante, la variable K recomienda únicamente realizar pedidos para algunos equipos una vez al año, y para las dos veces, por lo tanto los costos de pedidos al año son como se detallan en la tabla X.

Tabla X. **Costos C del inventario bajo sistema de control de inventarios.**

Mes	Costo K por mes [Q.]
Enero	404,19
Febrero	-
Marzo	-
Abril	-
Mayo	-
Junio	404,19
Julio	-
Agosto	-
Septiembre	-
Octubre	-
Noviembre	-
Diciembre	-
Total anual	Q. 808,38

Fuente: inventario departamento de silos, Cementera.

Variable C, con la existencia actual de unidades en el inventario y los pedidos sugeridos, los costos directos por unidades quedan distribuidos como se describen en la tabla XI.

Tabla XI. **Costos H del inventario bajo sistema de control**

Mes	Costo C por mes [Q.]
Enero	503 063,81
Febrero	-
Marzo	-
Abril	-
Mayo	-
Junio	668 559,49
Julio	-
Agosto	-
Septiembre	-
Octubre	-
Noviembre	-
Diciembre	-
Total anual	Q. 1 171 623,30

Fuente: inventario departamento de silos, Cementera.

Variable H, costo de conservación y oportunidad quedan definidos como se muestran en la tabla XII.

Tabla XII. **Costos del inventario bajo sistema de control de inventarios.**

Descripción de cuentas	Costo total 2009 [Q.]
Sueldos administración almacén	93 870,00
Bonificaciones	94 114,70
IGSS IRTRA INTECAP	11 893,32
Indemnizaciones	14 908,71
Bono 14	14 908,71
Convenciones	-
Capacitaciones	-
Vuelos-transporte	-
Viáticos	87 630,37

Continuación tabla XII.

Relaciones industriales	-
Seguros	12 530,00
Papelería y útiles	2 260,04
Mantenimiento mobiliario y equipo	65 842,63
Repuestos materiales suministros	86 800,71
Mantenimiento maquinaria y equipo	-
Gran total costos fijos	Q. 484 759,19
Inventario durante el período 2010	Q. 885 416,25
Costo por pedidos que realizará 2011	Q. 1 171 623,30
Total	Q. 2 057 039,55
Tasa de interés por ahorro en cuenta bancaria	4%
Gran total costo variable	Q. 82 281,58

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Costo H}_{\text{total anual}} = \text{Q. } 484\,759,19 + \text{Q. } 82\,281,58$$

$$H = \text{Q. } 567\,040,77$$

El sistema de control de inventario de demanda variable y tiempo constante no contempla el déficit, por lo que la variable B queda definida con costo 0.

El costo total del inventario bajo la administración sugerida es:

$$Ct = K + C + H + B$$

$$Ct_{2009} = \text{Q. } 808,38 + \text{Q. } 1\,171\,623,30 + \text{Q. } 567\,040,77 + \text{Q. } 0,00$$

$$Ct_{2009} = \text{Q. } 1\,739\,472,45$$

3.2.3. Costos del inventario calculado bajo la tercerización

Éstos bajo la tercerización están conformados por el valor real del repuesto más la ganancia del 20% del proveedor y, para generar los mismos, contando con un punto de comparación se le está incrementando el porcentaje de ganancia a las compras de repuestos que realizó el departamento de silos durante el 2009, que basado en la estadística es la demanda de repuestos necesaria para cubrir las necesidades del departamento.

Los costos C del inventario de repuestos adquiridos bajo la tercerización estarían conformados según se muestra en la tabla XIII.

Tabla XIII. Costos C del inventario bajo la tercerización

Mes	Costo C por mes [Q.]	Incremento 20% [Q.]	Total [Q.]
Enero	218 531,20	43 706,24	262 237,44
Febrero	145 147,23	29 029,45	174 176,68
Marzo	118 700,00	23 740,00	142 440,00
Abril	359 862,40	71 972,48	431 834,88
Mayo	18 307,60	3 661,52	21 969,12
Junio	211 820,76	42 364,15	254 184,91
Julio	73 680,94	14 736,19	88 417,13
Agosto	250 648,77	50 129,75	300 778,52
Septiembre	154 016,60	30 803,32	184 819,92
Octubre	92 246,60	18 449,32	110 695,92
Noviembre	93 114,57	18 622,91	111 737,48
Diciembre	21 484,56	4 296,91	25 781,47
Total anual	Q. 1 757 561,23	Q. 351 512,25	Q.2 109 073,48

Fuente: elaboración propia.

3.3. Comparación de tiempos en atención a reclamos y proyectos nuevos

La mejor opción para administrar el inventario busca la optimización, eliminar el déficit y garantizar o mejorar el tiempo en atención a reclamos. La descripción del desarrollo de las actividades de mantenimiento, atención a reclamos y proyectos nuevos se detalla a continuación.

3.3.1. Tiempos en desarrollo de proyectos nuevos bajo el método actual

Bajo el método actual el departamento de silos realiza la inspección de los niveles de *stock* cada 30 días, suponiendo que la ejecución de algún proyecto demande la utilización de los equipos que se encuentran en ese periodo en el almacén, para algunos el *stock* se quedaría en 0, como es el caso de un tornillo transportador, por lo que la ejecución de cualquier otro proyecto que surja en ese período debe ser programada para una fecha futura contemplando el tiempo de entrega de equipos al almacén de aproximadamente tres meses.

Actualmente, para la ejecución de proyectos nuevos el proveedor acuerda la fecha en que todos los equipos necesarios para el proyecto serán retirados del almacén.

A continuación se describen las actividades y períodos de tiempo que toma ejecutar un proyecto denominado como nuevo. Ver figura 6.

Figura 6. **Cronograma de ejecución proyecto nuevo**

Actividad	Meses						Responsable
	1			2			
Creación de solicitud de pedido	■						Silos
Proceso de liberación	■						Gerentes
Creación de O. C.	■	■					Compras
Fabricación de silo		■	■				Silos
Traslado de Equipos a planta				■			Silos
Montaje de silo				■	■		Silos
Instalación de equipos					■		Silos
Instalación neumática						■	Silos
Pruebas generales						■	Silos
Pintura General						■	Silos
Instalación de logotipo						■	Silos
Entrega del proyecto						■	Silos
Porcentaje de ejecución:	75%						
Presupuesto ejecutado:	Q 472,000.00						
Presupuesto no ejecutado:	Q 13,000.00						

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. **Tiempos en desarrollo de proyectos nuevos bajo el sistema de control de inventario**

Básicamente, contempla los mismos tiempos de ejecución que el método actual; sin embargo, ante la necesidad de ejecutar otro proyecto muy cercano al anterior no se deben esperar 29 días o el tiempo restante para la revisión de *stock*, a este período se le debe sumar 3 meses que es el período de importación de materiales nuevamente al almacén.

La reducción de este período de espera se logra con la generación de una solicitud de pedido automática a través del *Software SAP*, que como parte de los parámetros para controlar el inventario tiene un *stock* mínimo y un máximo.

Estas solicitudes son enviadas automáticamente al departamento de compras, específicamente al encargado de la compra de estos equipos.

3.3.3. Tiempos en desarrollo de proyectos nuevos bajo la tercerización

Bajo la tercerización del inventario el escenario es completamente diferente. Desde la negociación con el proveedor designado para administrar y proveer los equipos para la ejecución de proyectos nuevos y atención a reclamos se puede acordar la eliminación del déficit y la adquisición inmediata de repuestos en igual cantidad a la utilizada, con la aclaración que estos movimientos generan costos de pedidos que al final le serán cargados a los equipos.

Una opción puede ser adquirir un proyecto ejecutado en su totalidad por un proveedor, donde no se afecte el inventario de equipos o repuestos para la atención a reclamos de clientes, con esto se podrían obtener disminución en los costos de mano de obra por el volumen de actividades ejecutadas en cierto período.

3.3.4. Tiempos en atención a reclamos bajo el método actual y sistema de control de inventario

Por la importancia antes expuesta en la atención a reclamos por paros no programados en plantas de clientes que consumen cemento a granel, es importante contar con un tiempo de reacción eficiente y eficaz.

Las dos opciones para administrar el inventario del departamento de silos no presentan una mejora significativa en la atención de reclamos de clientes, su comparación no tiene variación alguna para servir de punto en la toma de decisión por alguno de ellos, ya que la entrega de los repuestos necesarios siempre es a través del almacén ubicado en las instalaciones de la cementera, y en muchos casos de silos ubicados fuera del perímetro capitalino, el proveedor debe viajar a las instalaciones del cliente para determinar la falla y retornar por el repuesto necesario para corregirla, esta actividad se encuentra demorada por la distancia y el horario de oficina, pues es el supervisor de silos, es quien autoriza y tramita la entrega del repuesto.

Es importante resaltar que el sistema de control de inventario garantiza la eliminación completa del déficit (variable $B=0$), por lo que siempre se espera contar con los repuestos necesarios para atender los reclamos de clientes, con los estándares de tiempos ya establecidos que son del conocimiento del cliente.

3.3.5. Tiempos en atención a reclamos bajo la tercerización

Para la atención a reclamos la tercerización presenta mejoras importantes, ya que la entrega de repuestos no está limitada por el horario de oficina del departamento de silos, pues el proveedor cuenta con la administración del inventario y personal dentro de sus instalaciones.

3.4. Parámetros con que debe cumplir la mejor opción

- Garantizar o mejorar el tiempo actual para atención de reclamos, proyectos nuevos y mantenimiento preventivo.
- Eliminar completamente el déficit ante un comportamiento de demanda de repuestos similar a las estadísticas de años anteriores.
- Optimización de recursos financieros para la cementera.
- Opción de reajustar el nivel de *stock* mínimo y máximo.
- Proveer la cantidad óptima de equipos o repuestos necesarios.
- Rotación continua de inventario.
- Proveer de información financiera para la toma de decisiones.

3.5. Determinación de la mejor opción para el manejo del inventario

Para determinar la mejor opción en el manejo del inventario, anteriormente en la sección 3.1.1. de riesgos e implicaciones, se comparó las ventajas y desventajas de cada una de las opciones que se sugieren para el manejo del inventario. A continuación se presenta la comparación de las variables de costos que conforman cada opción con la finalidad de formar un panorama más amplio. Ver tabla XIV.

Tabla XIV. **Comparación de variables de costo**

Método actual		Sistema de control		Tercerización	
VARIABLES DE COSTO	Valor [Q.]	VARIABLES DE COSTO	Valor [Q.]	VARIABLES DE COSTO	Valor [Q.]
Costo K por año	4 850,28	Costo K por año	808,38	Costo K por año	No aplica
Costo C por año	1 396 529,67	Costo C por año	1 171 623,30	Costo C por año	2 109 073,48
Costo H por año	574 430,12	Costo H por año	567 040,77	Costo H por año	No aplica
Costo B por año	468 578,00	Costo B por año	-	Costo B por año	No aplica
Total	Q. 2 444 388,07	Total	Q. 1 739 472,45	Total	Q. 2 109 073,48
Aspectos a considerar para cada opción					
Existe déficit		No existe déficit		No existe déficit	
No existe mejora en tiempo de atención.		No existe mejora en tiempo de atención.		Existe mejora en tiempo de atención.	
Varios pedidos al año, complicado de controlar.		Dos pedidos al año. Fácil de controlar.		Riguroso control sobre pedidos e instalaciones.	
No existe optimización de recursos.		Recursos optimizados y menor costo de inventario.		Costos similares al método actual.	

Fuente: elaboración propia.

El sistema de control de inventario demuestra optimización de recursos, mejoras en controles sobre el inventario y satisface los tiempos de reacción ya establecidos para atención de reclamos de clientes. Es por ello que la mejor opción para el manejo del inventario es el sistema de control de inventarios, modelo 2 de demanda variable y tiempo constante (Ver sección 2.4.1 modelos de inventario).

3.6. Ventajas de la mejor opción

El sistema de demanda variable y tiempo constante ofrece:

- Información para la toma de decisiones.

- Fácil control.
- Modificación del punto de re-orden y *stock* máximo para cada uno de los componentes del inventario.

El ingreso de información a la herramienta de *Software SAP* con que cuenta la cementera permite generar los pedidos automáticamente, es decir que el sistema solicita la cantidad necesaria de repuestos para abastecerlo hasta el *stock* máximo.

3.6.1. Reducción de costos

Como se puede observar en la tabla XIV el sistema de control de inventario ofrece una optimización de los costos en Q. 704 915,62 comparado con el método actual para administrar el inventario, y una diferencia de Q. 369 601,03 contra la tercerización, lo que permite concluir que esta opción es la que representa menores costos para la cementera.

3.6.2. Tiempo de reacción

El sistema de control de inventario no ofrece mejorar los tiempos de atención a reclamos, pero ofrece eliminar el déficit, si y sólo si la demanda se comporta similar a las de años anteriores, gran parte de estos costos no se reflejan directamente en el análisis financiero del inventario, ya que la satisfacción del cliente se refleja en la lealtad y por consiguiente mejores ventas.

Adicionalmente los tiempos de reacción se encuentran dentro de un estándar donde el cliente hasta el momento está conforme, siempre y cuando la falla sea corregida.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN PARA EL MANEJO DEL INVENTARIO

La implantación de un sistema de control de inventarios requiere el riguroso análisis de parámetros bien fundamentados, para lograr la sostenibilidad y fácil ajuste ante el aumento de rotación de algunos componentes del inventario, para lograrlo se sugieren las siguientes consideraciones:

4.1. Estadística del uso de repuestos

El modelo que se ha sugerido como la mejor opción para el manejo del inventario considera que la demanda de los equipos que se desean mantener en el inventario es variable, sin embargo, por medio de la estadística se estableció la demanda de cada uno de los componentes.

Esta demanda es la base para el cálculo de la cantidad óptima a mantener en almacén, tomando en cuenta el tiempo de ingreso de un nuevo pedido.

En la tabla XV se presenta un ejemplo de los consumos de dos años anteriores de algunos componentes del inventario actual que maneja el departamento de silos.

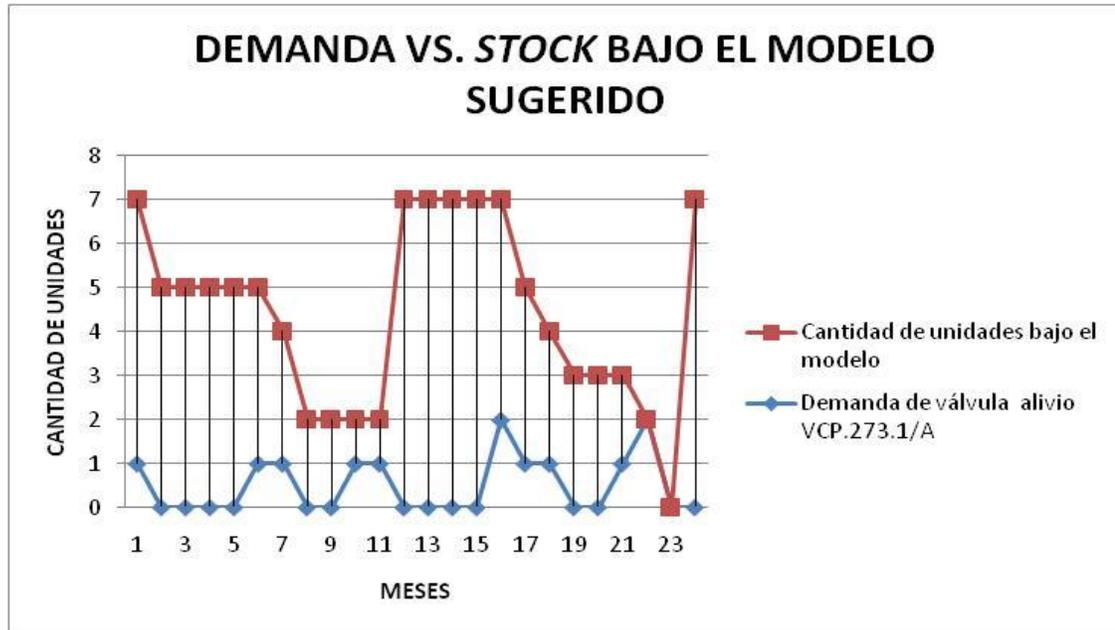
Tabla XV. Consumo de repuestos años anteriores

Código	Descripción	Año 2008 (meses)												Año 2009 (meses)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6204-0044	Válvula alivio VCP.273.1/A	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	2	0	0
6208-0019	Válvula de guillotina VLQ.300.M1	0	0	0	0	0	4	-2	0	0	2	0	0	2	0	2	0	1	0	5	5	3	0	0	
6208-0020	Actuador CMG.0300./ válvula guillotina	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0	4	0	5	5	3	0	0		
6208-0249	Válvula guillotina 10" VLQ.250	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6208-0250	Actuador válvula guillotina 10" CMG.250	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6208-0251	Válvula guillotina 8" VLQ.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
6208-0252	Actuador válvula guillotina 8" CMG.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	
6316-0014	Celda de carga SSB500 tolva pesadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
6413-0247	Guarda nivel ILT. 110 / 220v	0	0	4	4	0	1	1	2	3	1	3	2	0	0	4	3	4	2	9	2	0	0	6	
6710-0010	Electro válvula ZW.BOB116008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6710-0142	Controlador peso HI2151/30WC-PM-A1-B12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6710-0146	Sensor nivel continuo FMP40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6710-0152	KIT POLIPLAT para SILOTOP (7 cartuchos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
6710-0153	Tarjeta electrónica 4604000080 SILOTOP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
6714-0204	Tarjeta de control 46.04.DN.0300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6714-0206	Distribuidor 16.74.394.0/A-16.74.395.0A	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6714-0207	Cartucho de filtro 20.64.659.2/B	0	10	28	12	0	14	70	36	35	13	0	84	4	0	0	18	14	14	33	162	18	0	66	
6714-0265	Filtro colector polvo silotop 24 Mts.	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	1	1	0	3	0	2	1	
6714-0266	Aireador interno cono de silo VB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
6763-0544	Controlador peso HI 3010 120/240 VAC HI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: inventario de silos, Cementera.

Con los datos antes expuestos, se puede generar la gráfica que permite visualizar la demanda comparada: stocks más pedidos. Ver figura 7.

Figura 7. Gráfica demanda vs. Stock



Fuente: elaboración propia.

La presentación de estos gráficos permite visualizar el comportamiento de la demanda en el tiempo y comparar su aumento o disminución, para ajustar el punto de reorden y cantidad de pedidos en el año.

Con estos ajustes y el establecimiento de los demás parámetros para controlar el *stock*, se puede pensar en la implantación de un sistema de planificación de los requerimientos de material (MRP), tanto para el mantenimiento como para los proyectos nuevos.

4.1.1. Mantenimiento

A lo largo de este estudio se han diferenciado las actividades que se deben desarrollar para atender un mantenimiento preventivo o correctivo de la

ejecución de un proyecto nuevo, de igual manera, es la utilización de algunos repuestos que son de mayor rotación por estar relacionados directamente con el mantenimiento.

Es importante ejercer mayor control sobre los repuestos de alta rotación, ya que su demanda puede cambiar con más frecuencia que la de los proyectos nuevos o de menor rotación.

Cuando se habla de ejercer control, se refiere a inspeccionar continuamente el *stock* y tiempos de ingreso de nuevos pedidos, como se ha descrito en secciones anteriores, la herramienta de *Software SAP* permite generar los pedidos automáticamente cuando se alcanza en punto de reorden, o bien se puede implantar el MRP para el inventario en general.

- Planificación de los requerimientos de material (MRP): este sistema basado en un *Software* para planear, programar y controlar todos los componentes de nuestro inventario es en nuestro caso en específico la herramienta de *Software SAP*.

El objetivo del MRP es brindar un enfoque más efectivo, sensible, y disciplinado para determinar los requerimientos de materiales o equipos, su procedimiento está basado en la demanda de la mayoría de los componentes del inventario, no es independiente. Cada componente y el momento en que se necesiten deben ser satisfechos y se puede calcular.

El MRP consiste, esencialmente, en el cálculo de necesidades netas de cada artículo, descartando el plazo de entrega en la compra de cada uno de los equipos, esto permite aprovisionar los componentes del inventario

con la debida planificación. Se desarrolla basado en la demanda que puede ser dependiente o independiente.

Se entiende por demanda dependiente, la que se genera por decisiones tomadas por la propia empresa, en este caso, se pueden clasificar los proyectos nuevos dentro de esta demanda, ya que dependerá de la planificación de ejecución que el cliente interno desee llevar a cabo.

Por demanda independiente se entiende aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, como la demanda de repuestos para equipos instalados por la cementera, donde no depende de ningún departamento la planificación de instalación de repuestos.

El sistema MRP genera automáticamente una orden de compra para el proveedor o una de trabajo para el departamento interno que la produce.

4.1.2. Proyectos nuevos

Al igual que el caso de los mantenimientos, la estadística de utilización de los equipos para los proyectos nuevos brinda un panorama de la rotación de los equipos, aunque en menor escala, la estadística de rotación comparada con una planificación de proyectos por año permite definir una cantidad óptima y nivel de reorden, según sea el caso.

Es importante contar con una planificación completa de los proyectos que pueda estar generando el cliente interno, ya que la mayoría de los equipos utilizados para estos proyectos el nivel de reorden es 0, creando déficit para la ejecución de proyectos continuos.

Adicionalmente, la planificación de los proyectos permite la implantación del MRP, agilizando y garantizando mantener el *stock* necesario para la ejecución.

4.2. Catalogar el inventario

Es importante catalogar el inventario con la finalidad de eliminar los equipos obsoletos, diferenciar los que pueden ser adquiridos en el mercado local, buscando satisfacer las necesidades bajo la filosofía de justo a tiempo y los equipos que sean de importación.

Adicionalmente, al catalogar el inventario permite relacionar los equipos que son necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo con los de proyectos nuevos, y prever posible aumento en la demanda con la planificación de proyectos a ejecutarse.

Es por ello que a continuación se describen en la tabla XVI, los equipos o repuestos que son utilizados para atender el mantenimiento preventivo o correctivo.

Tabla XVI. **Clasificación de equipos para el mantenimiento preventivo correctivo**

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
1	6208-0020	Actuador manual para válvula de guillotina 12"
4	6714-0266	Aireador interno cono de silo VB
6	6714-0207	Cartuchos de filtro
8	6764-0022	Cojinete final de tornillo sin fin 10" D.273
9	6764-0014	Cojinete final de tornillo sin fin 6" D.168
10	6764-0018	Cojinete final de tornillo sin fin 8" D.219
13	6413-0247	Guarda niveles

Continuación tabla XVI.

16	6710-0012	Micro vibrador
17	6710-0121	Micro vibradores para básculas
32	6764-0021	Soporte interno de sin fin de tornillo 10"
33	6764-0013	Soporte interno de sin fin de tornillo 6"
34	6764-0017	Soporte interno de sin fin de tornillo 8"
41	6204-0044	Válvula de alivio
42	6208-0019	Válvula de guillotina de 12"
47	6799-0073	Vibrador 1100 lbs.

Fuente: elaboración propia.

Las estadísticas de 2008, 2009, y la investigación de la función de los equipos sirven de fundamento para establecer que éstos son los de más alta rotación.

A continuación se presenta la lista de los equipos con menor rotación que se pueden clasificar para proyectos nuevos. Ver tabla XVII.

Tabla XVII. Clasificación de equipos para proyectos nuevos

No.	CÓDIGO	Descripción del equipo
1	6208-0020	Actuador manual para válvula de guillotina
2	6208-0250	Actuador válvula guillotina 10" cmg.250
3	6208-0252	Actuador válvula guillotina 8" cmg.200
4	6714-0266	Aireador interno cono de silo vb
5	6710-0003	Báscula pesadora de cemento
7	6710-0004	Celdas de carga tipo "B" DE 75 kg
8	6710-0142	Controlador de peso HI2151/30WC-PM-A1-B12
9	6714-0265	Filtro colector polvo silotop 24Mts. superficie
10	6413-0247	Guarda niveles
11	6799-0098	Sistema de control de pesaje marca <i>Hardy</i>
12	6710-0007	Tarjetas de control para visualizador
13	6764-0012	Tornillo transportador de 6"
14	6764-0016	Tornillo transportador de 8"

Continuación tabla XVII.

15	6764-0020	Tornillo transportador de 10"
16	6204-0044	Válvula de alivio
17	6208-0019	Válvula de guillotina de 12"
18	6710-0119	Válvula de mariposa de 12" para báscula
19	6710-0008	Válvula de mariposa de 8" para báscula
20	6208-0249	Válvula guillotina 10" vlq.250
21	6208-0251	Válvula guillotina 8" vlq.200
22	6799-0073	Vibrador 1100 Lbs.

Fuente: elaboración propia.

Podemos observar que existen algunos elementos también están incluidos dentro del listado de equipos para el mantenimiento de silos, y es sobre estos donde la estadística es aún más útil para establecer la cantidad óptima y nivel de re orden.

4.3. Estadística de los reclamos y su relación con el inventario de repuestos

La estadística de instalación de equipos en proyectos nuevos y de repuestos para atención a reclamos, permite observar de forma clara la relación del proveedor de los servicios de instalación, silo y cliente. Asimismo, controlar la vida útil de los equipos, ya que debería presentar las fechas de instalación y cambio de repuestos, adicionalmente monitorear la calidad de instalaciones del proveedor y mantenimiento.

Otro uso importante de esta estadística es la investigación para mejorar las instalaciones y uso correcto de los equipos, contando como principal objetivo, alargar la vida útil y evitar paros no programados.

4.4. Estandarización de la mejor opción para el manejo del inventario

Para completar la implantación del manejo del inventario bajo el sistema de control es necesario ejecutar las ecuaciones planteadas en la sección 2.5 (determinación del mejor sistema para el control del inventario).

La estandarización de la demanda está basada en los consumos de 2 años anteriores, 2008 y 2009, al igual que el período de 0,25 años que toma recibir un nuevo pedido.

El costo K y C generado por pedidos de Q. 808,38 y Q. 1 171 623,30 por año respectivamente, con una tasa de interés aplicada para ahorros sobre montos como los generados por la variable H, conservación del inventario, es de $i = 4\%$ anual.

Antes de estandarizar las variables para administrar el inventario es necesario purgarlo de equipos obsoletos, posteriormente se aplican fórmulas del sistema de demanda variable y tiempo constante para obtener la Q (cantidad óptima), N (número de pedidos), R (punto de reorden) para administrar el inventario como se describe en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Administración del inventario bajo sistema sugerido**

No.	Código	Descripción del equipo	Cantidad en bodega	D	Q	N	R
1	6208-0020	Actuador manual para válvula de guillotina 12"	2	12	13	1	3
2	6208-0250	Actuador válvula guillotina 10" CMG.250	0	1	4	1	0
3	6208-0252	Actuador válvula guillotina 8" CMG.200	5	1	3	1	0
4	6714-0266	Aireador interno cono de silo VB	4	2	10	1	1
5	6710-0003	Báscula pesadora de cemento	2	1	1	2	0
6	6714-0207	Cartuchos de filtro	90	316	99	3	79

Continuación tabla XVIII.

7	6710-0004	Celdas de carga tipo "B" de 75 kg	6	2	4	1	1
8	6764-0022	Cojinete final de tornillo sin fin 10" D.273	4	1	3	1	0
9	6764-0014	Cojinete final de tornillo sin fin 6" D.168	1	1	4	1	0
10	6764-0018	Cojinete final de tornillo sin fin 8" D.219	4	1	3	1	0
11	6710-0142	Controlador de peso HI2151/30WC-PM-A1-B12	1	1	1	1	0
12	6714-0265	Filtro colector polvo silotop 24 Mts. superficie	0	8	2	3	2
13	6413-0247	Guarda niveles	19	26	16	2	7
14	6714-0206	Juego de distribuidores de aire	8	1	3	1	0
15	6710-0152	<i>Kit polipeat para silotop (7 cartuchos)</i>	9	1	2	1	0
16	6710-0012	Micro vibrador	6	4	7	1	1
17	6710-0121	Micro vibradores para básculas	5	7	9	1	2
18	6609-0303	Motor 10 hp, trifasico, 220/440 v, 1800 rpm,	0	1	2	1	0
19	6609-0304	Motor 20 hp, trifasico, 220/440 v, 1800 rpm,	0	1	1	1	0
20	6609-0301	Motor 7.5 hp, trifasico, 220/440 v, 1800 rpm,	0	1	2	1	0
21	6764-0207	Reductor tonillo <i>wam</i> 6" brida motor 15hp	1	1	2	1	0
22	6764-0204	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor	1		0	0	0
23	6764-0203	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor	1	1	1	1	0
24	6764-0202	Reductor tornillo <i>wam</i> 10" brida motor	1	1	1	1	0
25	6764-0208	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 10hp	1	1	2	1	0
26	6764-0209	Reductor tornillo <i>wam</i> 6" brida motor 7.5hp	0	1	2	1	0
27	6764-0206	Reductor tornillo <i>wam</i> 8" brida motor 15hp	1	1	2	1	0
28	6764-0205	Reductor tornillo <i>wam</i> 8" brida motor 20hp	1	1	2	1	0
29	6799-0082	Sección superior de filtro <i>pulse jet</i>	3	0	0	0	0
30	6710-0146	Sensor de nivel continuo <i>FMP 40</i>	1	1	1	1	0
31	6799-0098	Sistema de control de pesaje marca <i>Hardy</i>	0	1	1	1	0
32	6764-0021	Soporte interno de sin fin de tornillo 10"	6	6	9	1	2
33	6764-0013	Soporte interno de sin fin de tornillo 6"	29	54	28	2	14
34	6764-0017	Soporte interno de sin fin de tornillo 8"	5	26	18	1	7
35	6710-0153	Tarjeta electrónica <i>4604000080 silotop</i>	2	1	3	1	0
36	6714-0204	Tarjetas de control para colectores	2	1	3	1	0
37	6710-0007	Tarjetas de control para visualizador	2	1	6	1	0
38	6764-0012	Tornillo transportador de 6"	0	4	1	3	1
39	6764-0016	Tornillo transportador de 8"	1	1	1	2	0
40	6764-0020	Tornillo transportador de 10"	1	1	1	2	0
41	6204-0044	Válvula de alivio	9	6	7	1	2
42	6208-0019	Válvula de guillotina de 12"	6	11	7	2	3
43	6710-0119	Válvula de mariposa de 12" para báscula	1	0	0	0	0
44	6710-0008	Válvula de mariposa de 8" para báscula	2	0	0	0	0

Continuación tabla XVIII.

45	6208-0249	Válvula guillotina 10" VLQ.250	0	1	2	1	0
46	6208-0251	Válvula guillotina 8" VLQ.200	1	1	2	1	0
47	6799-0073	Vibrador 1100 lbs.	0	9	6	1	2
48	6710-0006	Visualizadores	1	1	3	1	0
49	6763-0544	Hardy 3010	1	1	1	1	0

Fuente: elaboración propia.

4.5. Estandarización de tiempos de entrega y atención a proyectos nuevos y solicitudes de clientes

Con la implantación del sistema de control de inventario, el proceso de entrega de repuestos y equipos para proyectos nuevos, siempre está sujeto al horario de oficina establecido por la cementera.

Es necesario que dentro de los acuerdos de servicio de atención para reclamos, se establezca el cumplir en un lapso no mayor de 24 horas, en el interior del país, y seis, en el perímetro capitalino.

Para la ejecución de proyectos nuevos se deben crear cronogramas con suficiente tiempo de holgura, que permitan cumplir con los compromisos planteados al cliente.

El cronograma de actividades debe buscar aprovechar los tiempos muertos con traslados, revisiones y reacondicionamiento de los equipos, de manera que la instalación de éstos no provoque demora en la ejecución.

Posteriormente, dependiendo del tipo de reparación, se debe establecer el canal de comunicación con el cliente para que esté informado, tanto del

trabajo a realizar como del tiempo que éste amerite, que también, basado en estadísticas se puede establecer y monitorear.

5. SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA

5.1. Control de costos

Síntesis de los componentes del costo que se genera por mantener y manejar los repuestos y equipos almacenados. Para mejorar el manejo del inventario es necesario optimizar y mantener control sobre estos componentes por medio de revisiones constantes.

Costo por almacenar (H), hay que tomar en cuenta que todas las piezas almacenadas representan un capital inútil de la cementera, para controlar de mejor manera este costo es importante tener en cuenta que está formado por dos componentes, el a , representa el valor fijo como alquiler de local, seguros, limpieza, sueldos de encargados de bodega, papelería y útiles. El componente b , es la tasa de interés que pagaría un banco por tener el dinero depositado en esa entidad.

Costo de compra (C), éste representa el pago directo a proveedores al comprar los equipos y repuestos. Para lograr mejoras en el costo del inventario es conveniente controlar los precios de los equipos que lo componen y lograr negociaciones con proveedores, descuentos por altos volúmenes de compra en cierto período de tiempo.

Otro aspecto importante sobre los costos de los equipos de importación, es el control de las cláusulas de comercio internacional (*Incoterms*), que tienen por objetivo establecer las obligaciones que asume el vendedor y el comprador, éstas han sido agrupadas en cuatro categorías:

- Categoría EXW, está constituida por un único *incoterm*, EXW (*Ex Works*), representa la modalidad contractual que impone menos obligaciones al vendedor. Las obligaciones del vendedor se limitan a colocar las mercaderías en su propio establecimiento a disposición del comprador. Particularmente, el vendedor no es responsable por el cargamento de mercaderías para su exportación. Como contrapartida el comprador asume todos los costos y riesgos que involucra retirar mercadería de las instalaciones del vendedor y conducir las a su destino.
- Categoría F, denominada grupo F: está constituida por tres *incoterms*: FCA (*Free Carrier* o transporte libre), FAS (*Free Alongside* o libre en el costado navío), FOB (*Free on board* o libre a bordo). Estas tres tienen en común que la obligación de contratar el transporte principal, pago de flete y seguro, está a cargo del comprador.
- Categoría C, denominada grupo C: está constituida por cuatro *incoterms*, CFR (*Cost and Freight* o costo y flete), CIF (*Cost, insurance and freight* o costo, seguro y flete), CPT (*Carriage Paid to...* o transporte hasta...) y CIP (*Carriage and insurance paid to...* o transporte y seguro pagado hasta...). Estas cuatro *incoterms* tienen en común que el vendedor deberá contratar el transporte, sin responsabilidad sobre riesgos por la pérdida o el daño de la mercadería en su viaje hacia el país importador. El vendedor deberá, también, realizar los trámites aduaneros de exportación.

Los dos primeros *incoterms*, CFR y CIF, además de suponer el pago del flete por parte del vendedor, se distinguen por transferir el riesgo por la pérdida o el daño de la mercadería al embarcarla, a el transportador, aun CIF supone que el vendedor se hace cargo del seguro marítimo mínimo que cubra los riesgos durante el transporte.

- La cuarta categoría denominada grupo D: está constituida por cinco *incoterms*, DAF (*delivered at frontier* o entregado en la frontera), DES (*Delivered ex ship* o entregado a partir el navío), DEQ (*Delivered ex quay* o entregado a partir del muelle), DDU (*Delivered duty unpaid* o entregado derechos no pagados) y DDP (*Delivered duty paid* o entregado derechos pagados). Estos cinco *incoterms* tienen en común que el vendedor asume todos los costos y los riesgos que implique llevar la mercadería hasta el lugar pactado en el país importador, de allí que se les denomine contratos de llegada.

Las tres primeras *incoterms*, DAF, DES y DEQ se caracterizan por acabar las obligaciones del vendedor antes de llegar a la aduana del comprador.

Las dos últimas *Incoterms*, DDU y DDP se caracterizan por extender las obligaciones del vendedor hasta el lugar designado por el comprador en el país de importación.

Como se puede observar, los precios de cada equipo de importación están compuestos por dos costos, el primero es el valor de lista que el proveedor coloca a los equipos, y el segundo es costo de importación.

Costos de pedidos (K), estos gastos pocas veces son tomados en cuenta; sin embargo, representan un costo ocasionalmente importante, dentro de los componentes del costo por generar una orden de compra se puede mencionar llamadas telefónicas, servicio de *internet*, sueldos y viáticos del personal del departamento de compras, papelería y útiles, entre otros. Para simplificar los cálculos suele asumirse un costo de pedido constante.

5.1.1. Repuestos utilizados

Es necesario llevar a cabo una evaluación constante de los componentes del inventario de mayor rotación, con la finalidad de mantener un monitoreo constante en los siguientes aspectos:

- Calidad de los equipos y repuestos: la recurrencia en el consumo de cierto equipo o repuesto puede estar generada por la baja calidad de fabricación y de ser necesario, buscar alguna alternativa para evitar la recurrencia, disminución de costos y paros no programados.
- Instalación de equipos: la mala práctica de mantenimiento e instalación pueden ocasionar el desgaste anticipado de los equipos y repuestos, también ser monitoreados a través de la alta rotación en el inventario.
- Mal uso de los equipos: el uso inadecuado de éstos puede ser monitoreado a través de la alta rotación de repuesto y equipos utilizados para sustituirlos.
- Tamaño del lote: la alta rotación de algún equipo o repuesto es una buena oportunidad para negociar un descuento en el precio en altos volúmenes de compra.

Los equipos con menor rotación permitirán monitorear los siguientes aspectos:

- Mantenimiento en bodega: por la poca rotación de algunos equipos puede ser necesario realizarles mantenimiento preventivo, de modo que se encuentren en óptimas condiciones cuando sea necesario su utilización.

- Tamaño del lote: la baja rotación de algunos equipos o repuesto pueden ayudar a disminuir su tamaño de lote, ya que se cuenta con más tiempo entre pedidos.

5.1.2. Costos de operación

El estricto control de los costos en que se incurre por administrar el inventario, sueldos, suministros de oficina, alquileres y seguros, entre otros, es importante, ya que permite conocer el monto total fijo que se invierte, sin importar la cantidad de materiales que estén variando en el periodo de tiempo L.

Es recomendable, en la medida que se optimicen las cantidades de repuestos que mantendrá el inventario, también se optimicen los costos de operación del inventario contenidos dentro de la variable H, descrita con anterioridad en el capítulo dos.

5.2. Evaluación de repuestos utilizados defectuosos

Actualmente, por estándares internacionales de calidad con que trabajan los fabricantes de equipos y repuestos que adquiere el departamento de silos, no se reportan cantidades considerables de repuestos defectuosos. Sin embargo, a causa de la velocidad con que se debe resolver un reclamo o emergencia de clientes, no se lleva a cabo una evaluación para determinar las causas que provocaron el paro no programado.

La recurrencia de emergencias atendidas por el mismo fallo, es un buen indicador de un equipo o repuesto defectuoso, o bien una mala práctica en la

instalación del mismo, aunque no se debe descartar la idea de que el equipo o repuesto que se esté utilizando sea el adecuado para el trabajo desempeñado.

Asimismo, la evaluación de los repuestos defectuosos puede llevar a conclusiones que aporten información importante, no precisamente porque el repuesto sea defectuoso, sino en la periodicidad con que se están realizando los mantenimiento preventivos.

5.3. Respaldo de proveedores de repuestos

La instalación, mantenimiento, reparación de los equipos y repuestos adquiridos por el departamento de silos, debe contar con capacitaciones continuas al o los proveedores que ejecuten las instalaciones o mantenimiento preventivos.

Es conveniente negociar con los proveedores de repuestos o equipos, la asesoría ante la recurrencia en el fallo de algún equipo, o ante cualquier duda que pueda surgir sobre la instalación, operación y mantenimiento.

La capacitación, mejores técnicas de instalación, mantenimiento preventivo y detección de fallas, por parte de los fabricantes puede ayudar a la mejora continua y prolongar la vida útil de los equipos, traducido en disminución de costos y paros no programados, mayor satisfacción del usuario, y por consiguiente del cliente.

5.4. Respaldo de proveedores de servicios

Al igual que el respaldo de los proveedores de repuestos, el proveedor de servicio, es decir, el que transporta, instala y brinda mantenimiento preventivo y

correctivo, debe contar con técnicos capacitados para las actividades antes mencionadas.

Es importante mencionar la disponibilidad de horario con que debe contar, ya que los clientes más tecnificados producen en ambas jornadas.

Directamente en el desempeño del mantenimiento preventivo o correctivo, los proveedores de servicios deben estar comprometidos con el estricto cumplimiento de las recomendaciones del fabricante, e informar al departamento de silos, ante cualquier diferencia o anomalía en los mantenimientos antes mencionados.

Otro requisito importante de los proveedores, es cumplir con las normas de seguridad planteadas por la cementera, basadas en *OSHAS* 18001 y 18002.

5.5. Evaluación continua de la instalación de repuestos y buen uso de los equipos instalados

El departamento de almacenamiento de graneles, como responsable de la vida útil de los equipos adquiridos por la cementera, debe realizar una inspección continua a las actividades que realizan los proveedores de servicios contratados para el mantenimiento preventivo o correctivo, actividad que puede incluir la inspección del uso correcto de los equipos e inquietudes de los usuarios.

Adicionalmente, debe asegurar mecanismos que permitan verificar la asistencia a reclamos o emergencias en tiempos con estándares establecidos, asimismo, que los repuestos entregados por el almacén sean los instalados en plantas de clientes.

Para la verificación continua de estas actividades se propone determinar el tamaño de la muestra n . Es necesario utilizar la fórmula del cálculo del tamaño de la muestra de una población finita, esta es definida por la cantidad de quipos N , a los que se les dará mantenimiento en un periodo mensual:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot (p \cdot q)}{e^2 \cdot (n - 1) + Z^2 \cdot (p \cdot q)}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = cantidad de equipos para mantenimiento en un mes

Z = valor probabilístico de 1,96 debido al nivel de confianza del 95%

p = probabilidad de acierto

q = probabilidad de fallo

e = error máximo permitido

La determinación del tamaño de la muestra necesita de un nivel de confianza que permita obtener resultados lo más cercano a la verdad posible. Entre más alto es el valor del nivel de confianza, más muestras n deben inspeccionarse, el valor recomendado para el nivel de confianza es de 95% y el valor probabilístico derivado de éste es 1,96 y se conoce con la variable Z .

El error designado por la variable e , que es el máximo permitido para la estimación y está definido por la falta de precisión de los datos con respecto a la media, se sugiere sea el menor posible y lo se designa como 0,10. Para concluir, la fórmula P es la probabilidad de acierto en la muestra que se evalúa, en este caso en específico, se tiene 0,5 de probabilidad que el mantenimiento se haya llevado a cabo y 0,5 que no, que es el valor de la variable q .

$$n = \frac{N \cdot (1.96)^2 \cdot (0.50 \cdot 0.50)}{(0.10)^2 \cdot (N - 1) + (1.96)^2 \cdot (0.50 \cdot 0.50)}$$

$$n = \frac{N \cdot (0.9604)}{0.01 \cdot (N - 1) + 0.9604}$$

Ejemplo:

En el mes de enero, 50 equipos cumplieron con la cantidad de horas de funcionamiento necesarias para que se les realice mantenimiento preventivo. El departamento de almacenamiento de graneles quiere realizar inspecciones a una cantidad n de equipos, con nivel de confianza del 95% con un margen de error del 0,10 para establecer que el mantenimiento se haya llevado a cabo en los 50 equipos.

Variables

$$\begin{array}{lll} N = 50 & Z = 1.96 & \\ e = 0.10 & p = 0.50 & q = 0.50 \end{array}$$

$$n = \frac{50 \cdot (0.9604)}{0.01 \cdot (50 - 1) + 0.9604}$$

$$n = 33 \text{ equipos.}$$

El departamento de almacenamiento de graneles debe realizar la inspección a 33 equipos de los 50 planificados.

5.6. Evaluación de variables y criterio para mejora

Con los cambios de estacionalidad de los consumos de cemento, la demanda de algunos equipos, tanto para repuestos como para proyectos nuevos, puede aumentar o disminuir, provocando por un lado déficit y por el otro sobre *stock*. Por tal motivo, es necesario realizar ajustes constantes a las variables del sistema de control de inventario, iniciando por la variable L (ver sección 2.5 cálculo del tamaño de lote), que es el período de tiempo que toma recibir un pedido, éste podría cambiar dependiendo de los acuerdos que el departamento de compras negocie con los proveedores de repuestos y equipos.

Es necesario continuar con la recopilación y alimentación de la estadística que permitió obtener la demanda inicial de los equipos, designado como la variable D_m (ver sección 2.5 cálculo del tamaño de lote), ya que ésta permitirá observar el comportamiento de las necesidades de algunos repuestos o equipos, y su variación permitirá ajustar de mejor manera el tamaño óptimo de los pedidos Q .

Por consiguiente, la variación de la demanda D_m y el tamaño de los pedidos denotarán una variación en el número de pedidos N , el modelo 2 de demanda variable y tiempo constante ya considera los costos de realizar un pedido por medio de la variable K , es por ello que no debe ser motivo de evaluación la cantidad de los mismos.

Finalmente, pero no menos importante, es el cálculo del punto de reorden, es de suma importancia mantener la continua supervisión de este parámetro, ya que de él depende el suficiente *stock* para evitar el déficit mientras ingresa un nuevo pedido. Como su nombre lo indica, es el que determina el momento de generar un nuevo pedido.

CONCLUSIONES

1. La mejor opción para el manejo del inventario de repuestos que podría implantar el departamento de almacenamiento de graneles, es el modelo de demanda variable y tiempo constante.
2. El modelo de control de inventarios de demanda variable y tiempo constante no ofrece mejora en el tiempo de respuesta en atención a paros no programados y proyectos a corto plazo; sin embargo, representa disminución considerable de costos y ante la demanda constante elimina el déficit por medio de la creación de *stocks* de seguridad.
3. La tercerización del inventario representa reducción de costos similares al modelo de control de inventarios de demanda variable y tiempo constante, adicionalmente, mejora los tiempos de respuesta a paros no programados, pero demanda mayor supervisión por parte del departamento de almacenamiento de graneles y no elimina por completo el déficit.
4. A pesar de implantar el modelo de control de inventarios en la herramienta de *Software SAP* con que cuenta la cementera, es necesario verificar eventualmente los parámetros de las variables del modelo, con la finalidad de ajustarlas ante cualquier variación de la demanda.
5. Es necesario diferenciar el inventario para la ejecución de proyectos nuevos y el inventario para el mantenimiento preventivo y correctivo, ya que en los proyectos nuevos no se requiere de componentes de equipos,

sino del equipo completo, aunque no debe descartarse que en un caso de atención a paro no programado sea necesario la instalación de un equipo completo para sustituir el defectuoso.

RECOMENDACIONES

1. Implantar un sistema de planificación, programación y control (MRP), con la ayuda del *Software SAP* con el que ya cuenta la cementera.
2. Establecer tiempos estándares de atención a reclamos para las distintas regiones del país.
3. Contar con un aliado en la fabricación que aporte nuevas ideas al método con que se desea almacenar y dosificar el cemento.
4. Tener un formato que permita determinar el *status* del equipo al momento de arribar los técnicos para atender una emergencia o reclamo, esto permitirá establecer las causas de la atención, tomar acciones concisas con instalaciones futuras y similares en las distintas plantas de clientes.
5. Evaluar la frecuencia de los mantenimientos preventivos tomando en cuenta las condiciones climatológicas y exposición al medio ambiente, según sea la ubicación del cliente, fundamentado con una estadística de reclamos por región, cruzado con el clima y consumos mensuales de cemento.
6. Investigar la existencia de algún proveedor local que cuente con la suficiente tecnología y conocimiento para que sea él, quien ensamble, instale y brinde mantenimiento a los equipos y cuente con un *stock* suficiente de los equipos que utiliza la cementera.

BIBLIOGRAFÍA

1. CASTRO PERALTA, Tadeo René. *Análisis financiero en la utilización de outsourcing para el departamento de instalaciones de una empresa del área metal-mecánica*. Trabajo de graduación de Lic. en Economía. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 56 p.
2. CORBT, Mich F. *Outsourcing: una clave competitiva*. 2a ed. EEUU: Editorial 2000, 1997. 98 p.
3. GITMAN, Lawrence. *Principios de administración financiera*. 7a ed. México: Pearson, 1997. 593 p.
4. _____. *Administración financiera básica*. 4ª ed. México: Pearson, 2007. 580 p.
5. HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald. *Investigación de operaciones*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2002. 833 p.
6. PLOSSL, George W.; ALCÁNTARA GÓMEZ, Erick. *Control de la producción y de inventarios: principios y técnicas*. 2a ed. México: Prentice-Hall, 1987. 489 p.

7. ROJAS, Luisa María. *Bases para la implantación de sistemas utilizando servicios de externalización*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 109 p.
8. ROTHERY, Brian. *Outsourcing: la sub contratación*. 2a ed. México: Limusa/Noriega, 1996. 231 p.
9. SÁNCHEZ MARTÍNEZ, Gustavo Edilcer. *Administración de inventarios*. Trabajo de graduación de Lic. Contador Público y Auditor. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 89 p.
10. TAHA, Hamdy. *Investigación de operaciones*. 6a ed. México: Prentice-Hall, 1998. 916 p.