



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PRÁCTICA PROFESIONAL**

**CEMENTOS DEL NORTE S.A. (CENOSA)**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21511034      LUIS EDUARDO PACHECO RIVERA**

**ASESOR: ING. JAVIER VILLANUEVA**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA;**

**DICIEMBRE, 2018**

## Contenido

I.	Introducción.....	III
II.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	2
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	2
2.2	LOGO DE LA EMPRESA.....	2
2.3	MISIÓN.....	3
2.4	VISIÓN .....	3
III.	OBJETIVOS.....	4
3.1	Objetivo General.....	4
3.2	Objetivos Específicos .....	4
IV.	MARCO TEORICO .....	5
4.1	LÍNEAS DE ENVASADO DE CEMENTO .....	5
4.1.1	NORIAMAT .....	5
4.1.2	APLICADOR DE SACOS INFILROT Z40 .....	5
4.1.3	ENSACADORA GIRATORIA GEV 10/PLUS.....	8
4.1.4	SISTEMA DE MANEJO DE SACOS VENTOSORT CUBE.....	11
4.1.5	POLIMAT C40.....	14
4.2	MANTENIMIENTO.....	17
4.2.1	FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	17
4.2.1	TIPOS DE MANTENIMIENTO .....	19
4.3	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .....	26
4.3.1	INDICADORES EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	27
V.	Metodología.....	30
5.1	Variables .....	31
5.1.1	Variable dependiente.....	31
5.1.2	Variable independiente .....	31
5.2	TECNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS .....	31
5.2.1	Sistema SAP .....	31
5.2.2	Análisis de Vibraciones.....	32
5.2.3	Análisis Termografico.....	32
5.3	FUENTES DE INFORMACION .....	33
5.4	Cronograma de actividades.....	34

VI.	Descripción del trabajo realizado.....	35
VII.	Conclusiones .....	41
VIII.	Recomendaciones .....	42
IX.	Bibliografía .....	43

### **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1.	Logo CENOSA. (CENOSA, 2017) .....	2
Ilustración 2	Aplicador de sacos INFILROT Z40.....	6
Ilustración 3	Aplicador de sacos INFILROT Z40, trasladador de sacos.....	7
Ilustración 4	Aplicador de sacos INFILROT Z40, grupo de disparo .....	8
Ilustración 5	Enscadora GEV 10 PLUS .....	9
Ilustración 6	Enscadora GEV 10 PLUS, grupo propulsor.....	10
Ilustración 7	Enscadora GEV 10 PLUS, grupo guillotina .....	11
Ilustración 8	Sistema de manejo de sacos VENTOSORT CUBE, grupo limpia maltrata sacos.....	12
Ilustración 9	Sistema de tratamientos de sacos VENTOSORT CUBE, Banda pesadora VENTOCHECK .....	13
Ilustración 10	Sistema de tratamiento de sacos VENTOSORT CUBE, grupo rompesacos .....	14
Ilustración 11	Paletizadora POLIMAT C40, mesa de levantamiento y plano abrible.....	16

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cronograma de actividades .....	34
Tabla 2 Mantenimientos correctivos a envasadoras de cemento .....	38
Tabla 3 Producción diaria en bolsas .....	39
Tabla 4 Vida útil restante de equipos y mantenimientos EV1 .....	39

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de MTBF .....	28
Ecuación 2 Cálculo de MTTR.....	28
Ecuación 3 Cálculo de Disponibilidad.....	29

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción cuentan con máquinas que forman parte de un proceso con las cuales nos permiten agilizar y aumentar la producción de una planta ya que, dichas maquinas se encuentran en funcionamiento casi las 24 horas del día. D' Alessio Ipinza, (2004) nos dice que un proceso es "el conjunto de actividades que toman una entrada (insumos/costos) y la convierten en una salida (productos/beneficios), con el consiguiente valor agregado". El proceso de producción de cemento está conformado por 6 etapas cada una de ellas cuenta con sus propios equipos los cuales requieren distintos niveles de supervisión.

Es importante contar con una correcta gestión de mantenimiento para asegurar el funcionamiento óptimo de la máquina. Dicha gestión permitirá alargar la vida útil de nuestros equipos. Integra Markets define la gestión de mantenimiento como "el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta (fabrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial"

Cementos del norte s.a. cuenta con 2 líneas de envasado de cemento que se encargan de llenar y paletizar las bolsas de cemento. Llenando estas bolsas con 42.5 kg del cemento deseado. Esta máquina está expuesta a muchos contaminantes en el aire que acortan la vida útil de los equipos. Es por esto que se deben de realizar limpiezas diarias y mantenimientos semanales para asegurar un correcto funcionamiento de la maquina.

Se supervisaron los mantenimientos realizados todos los martes verificando siempre el funcionamiento de la máquina la gestión de dichos mantenimientos es realizada haciendo uso de una base de datos que determina la vida útil de los equipos de cada máquina.

## II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Cementos del norte s.a. Es una empresa que se encarga de la producción de cemento portland. Cuenta con una planta capaz de producir 8 tipos de cementos. Entre estos tipos de cementos encontramos tipo GU (general use), tipo I y tipo II. Inició sus operaciones en el año de 1958 bajo el nombre de **CEMENTOS DE HONDURAS S.A.** como iniciativa privada. Luego, en 1981 pasó a ser empresa estatal, denominándose **CEMENTOS DE HONDURAS**. Posteriormente en 1992 volvió a constituirse como iniciativa privada con el nombre de **CEMENTOS DEL NORTE S.A.** y en 1997 hizo una alianza estratégica con cementos progreso de Guatemala.

El 22 de marzo del 2005 cementos del norte s.a. obtuvo el certificado de registro de su sistema de administración de la calidad (SAC) bajo la norma ISO 9001:2000. El certificado fue otorgado por BSI (british standards institution), firma del reino unido y una de las compañías certificadoras más prestigiosas a nivel mundial.

### 2.2 LOGO DE LA EMPRESA



*Ilustración 1. Logo CENOSA. (CENOSA, 2017)*

### **2.3 MISIÓN**

Elaborar y distribuir cemento comprometiéndose a ser una empresa altamente productiva y plenamente humana e innovadora, competitiva y fuertemente orientada a la satisfacción de sus clientes y consumidores; líder nacional en su ramo, con creciente presencia internacional.

### **2.4 VISIÓN**

Ser la mejor opción en cemento tipo I y puzolana en nuestro país en función de la calidad de sus procesos mediante un distinguido liderazgo y alta competencia que lo hace distintivo en tecnología personal competente y optimización de recursos.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Gestionar el mantenimiento en las líneas envasadoras de cemento en Cementos del Norte S.A.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Registrar información sobre las horas trabajadas por la máquina y las horas de paro en una base de datos
- Enlistar los mantenimientos que serán realizados semanalmente
- Comprobar el funcionamiento de los equipos posterior al mantenimiento



## **IV. MARCO TEORICO**

### **4.1 LÍNEAS DE ENVASADO DE CEMENTO**

Las líneas de envase constan de múltiples equipos trabajando en conjunto para: ensacar, limpiar, pesar, transportar, ordenar y paletizar el producto en pilas que pueden tener diferente número de capas de acuerdo con el requerimiento del cliente. La línea de envase de cemento es fabricada por VENTOMATIC® empresa que forma parte del grupo FLSmidth. Está conformada por 6 conjuntos o maquinas que contienen elementos mecánicos, electrónicos y neumáticos.

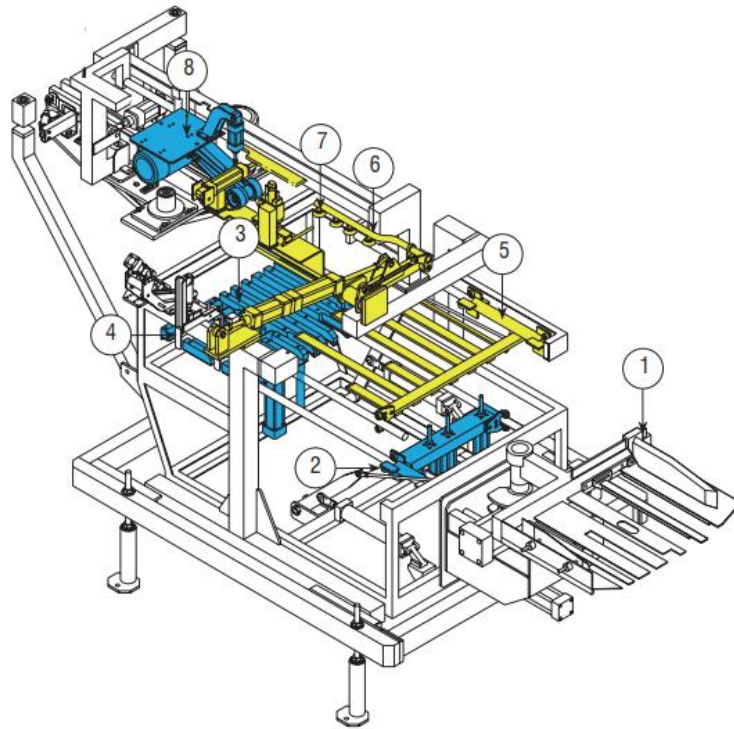
#### **4.1.1 NORIAMAT**

El equipo que comienza el proceso es el depósito de sacos NORIAMAT, la colocación de sacos sobre el mismo se realiza de forma manual. Este es gobernado por el aplicador de sacos INFILROT Z40, este le indica cuando activarse, desactivarse y detecta las alarmas por mal funcionamiento del NORIAMAT.

#### **4.1.2 APLICADOR DE SACOS INFILROT Z40**

El diseño del INFILROT Z40 y del INFILROT Z60 es el fruto de años de experiencia de FLSmidth Ventomatic en el campo de los aplicadores automáticos de sacos. El uso/utilización de los mejores componentes y tecnología disponible en el mercado garantiza que nuestros aplicadores cumplan con la creciente potencialidad de las ensacadoras rotativas. (Ventomatic, FLSmidth, 2012)

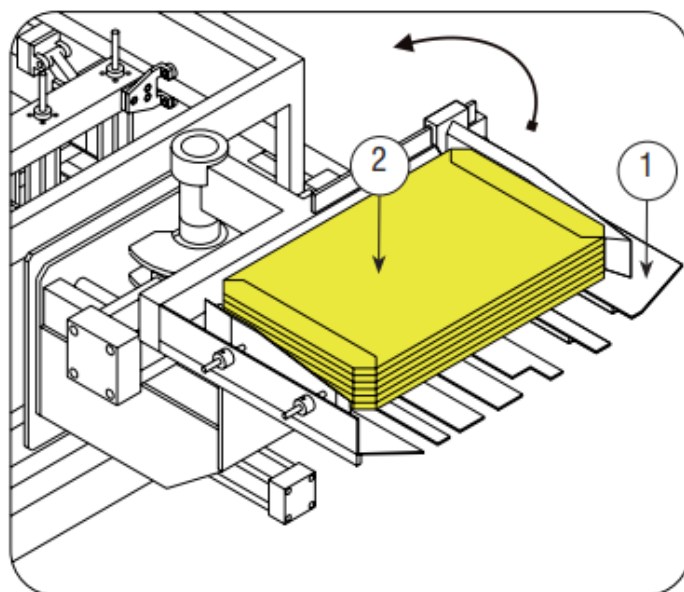
Esta máquina tiene como función alimentar a cada boquilla de la ensacadora con una bolsa vacía, esta puede ser de 21.5 Kg o de 42.5 Kg también puede ser de plástico o papel. En Cenosa se utilizan bolsas de papel de 42.5 kg.



*Ilustración 2 Aplicador de sacos INFILROT Z40*

#### **4.1.2.1 Ciclo de funcionamiento**

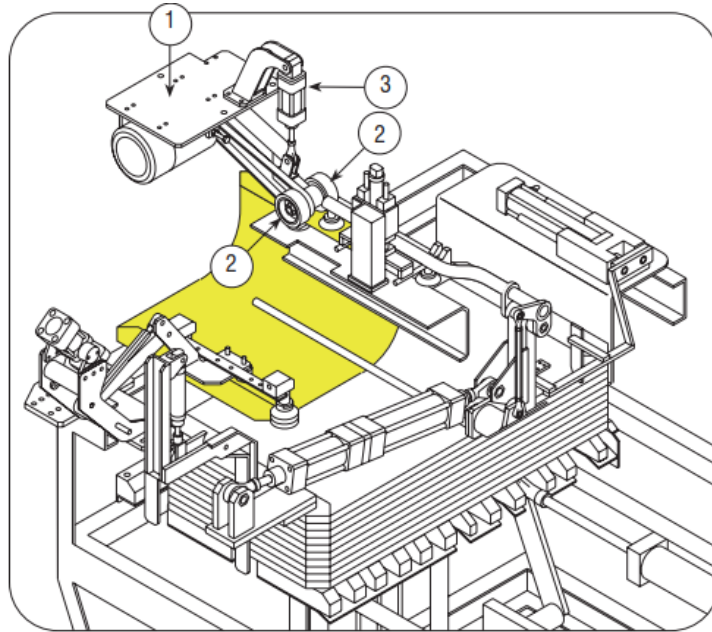
El ciclo de funcionamiento del aplicador de sacos INFILROT Z40 inicia con un transportador de sacos el cual sirve como suministro de sacos. el transportador de sacos gira gracias a un accionador neumático de rotación el cual se detiene cuando se activa un par de sensores inductivos. Al girar completamente se activa el empujador de sacos que desplaza los sacos desde el transportador de sacos hasta la mesa de levantamiento.



*Ilustración 3 Aplicador de sacos INFILROT Z40, trasladador de sacos*

La mesa de levantamiento alza los sacos hasta una zona de toma (altura necesaria para que el grupo tomasaco pueda sujetar un saco). El levantamiento se obtiene mediante un actuador neumático. La mesa mantiene los sacos en posición de toma, y sube gradualmente a medida que los sacos son tomados. Cuando ya quedan pocos sacos un sensor detecta la altura de la mesa y activa un grupo de horquillas de soporte el cual retiene los sacos mientras la mesa de levantamiento baja para recibir otro paquete de sacos vacíos.

Cuando los sacos están en posición de toma el grupo tomasaco se activa y sujeta un saco por medio de 4 ventosas. El grupo tomasacos posicionan el saco para ser transferido al grupo de lanzamiento para finalmente ser disparado en dirección a las boquillas de la ensacadora GEV 10 PLUS. El grupo de lanzamiento está conformado por dos ruedas de goma motorizadas que giran permanentemente y que son bajadas para disparar el saco por medio de un accionador neumático.

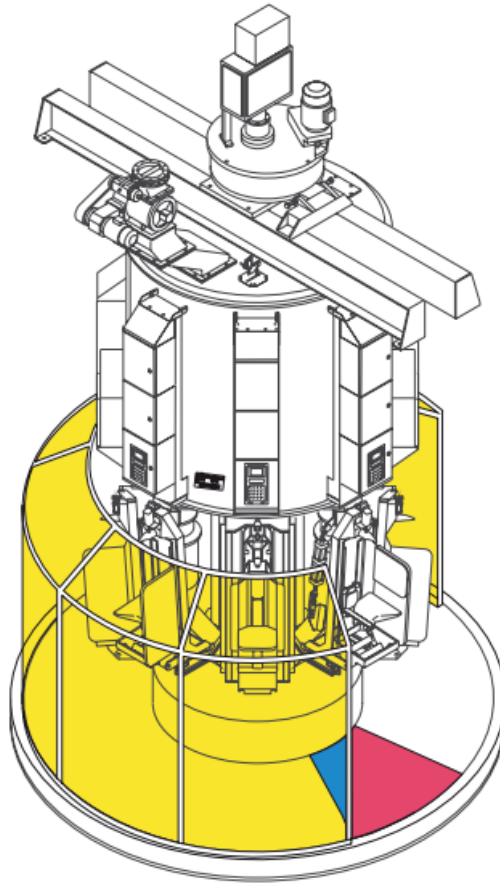


*Ilustración 4 Aplicador de sacos INFILROT Z40, grupo de disparo*

El aplicador de sacos está sincronizado al encoder de la ensacadora para garantizar que el saco sea disparado en el momento justo y así lograr que cada saco lanzado sea llenado.

#### **4.1.3 ENSACADORA GIRATORIA GEV 10/PLUS**

La ensacadora giratoria GEV 10/PLUS es una máquina proyectada y fabricada para dosificar y llenar sacos de papel con válvula pegada o sacos cosidos con productos en polvo como ser: cemento, cal, talco y premezclados. Cuenta con 10 boquillas las cuales logran llenar 3000 bolsas por hora.



*Ilustración 5 Ensacadora GEV 10 PLUS (Ventomatic, Ensacadora Geo/Gev plus, 2010)*

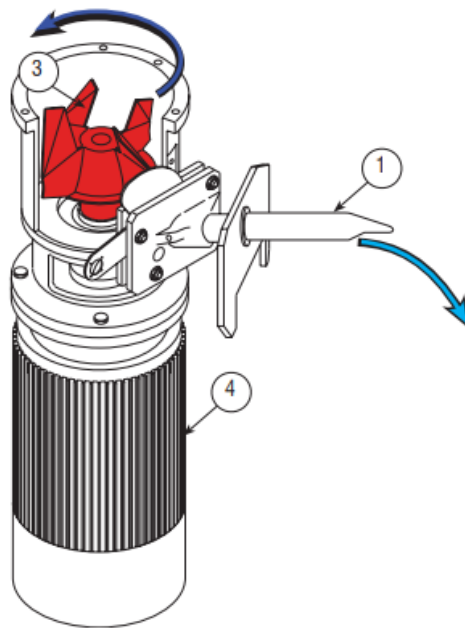
#### **4.1.3.1 Ciclo de funcionamiento**

El ciclo de funcionamiento de la ensacadora giratoria GEV 10/PLUS inicia con la aplicación de sacos vacíos en las boquillas a través de un sistema de aplicación de sacos INFILROT Z40 o con la aplicación manual de los mismos.

Un sensor detecta la presencia del saco vacío en la boquilla de la ensacadora realizando la auto-calibración para dar inicio al ciclo de llenado.

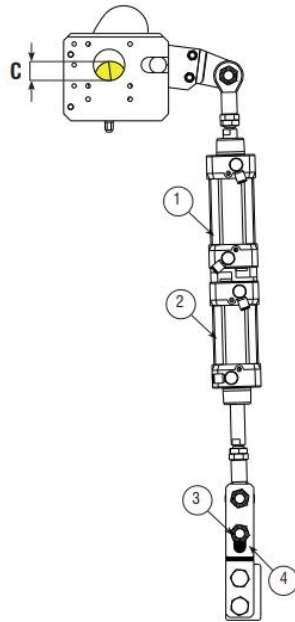
El grupo de pesaje sostiene el saco durante el ciclo de llenado y mediante una celda de carga determina el peso del producto que está dentro del saco. En la parte superior de la ensacadora está prevista una tolva para la contención y la alimentación del producto. La válvula de mariposa, montada bajo la tolva, permite el pasaje del producto hacia el dosificador

que lo transvasa y lo distribuye en el tanque. (Ventomatic, Ensacadora Geo/Gev plus, 2010)



*Ilustración 6 Ensacadora GEV 10 PLUS, grupo propulsor (Ventomatic, Ensacadora Geo/Gev plus, 2010)*

El producto es enviado del tanque a la boquilla de la ensacadora activando un motor eléctrico que hace girar una propela para permitir al cemento fluir. Una guillotina de tres posiciones intercepta el paso del producto, la guillotina es accionada por dos cilindros neumáticos que permiten obtener tres posiciones (apertura total, apertura parcial y cierre total). La apertura parcial del grupo de guillotina puede ser regulada para permitir un paso mayor de cemento. Para llenar el saco la guillotina inicia abriendo completamente hasta llenar 35 Kg, después de esto se abre parcialmente para el llenado final del cemento. Esto permite que las bolsas de cemento no revienten y que el aire pueda salir gradualmente.



*Ilustración 7 Ensacadora GEV 10 PLUS, grupo guillotina (Ventomatic, Ensacadora Geo/Gev plus, 2010)*

Un saco tarda un aproximado de 4 segundos en llenarse por lo que hay que tener en cuenta la calidad de las bolsas de papel, ya que si el papel presenta humedad este no resiste la fuerza con la que es llenado. Finalmente, el saco lleno es evacuado por el grupo portasaco el cual por medio de cilindros neumáticos empuja el saco hacia la banda evacuadora del VENTOSORT CUBE.

#### **4.1.4 SISTEMA DE MANEJO DE SACOS VENTOSORT CUBE**

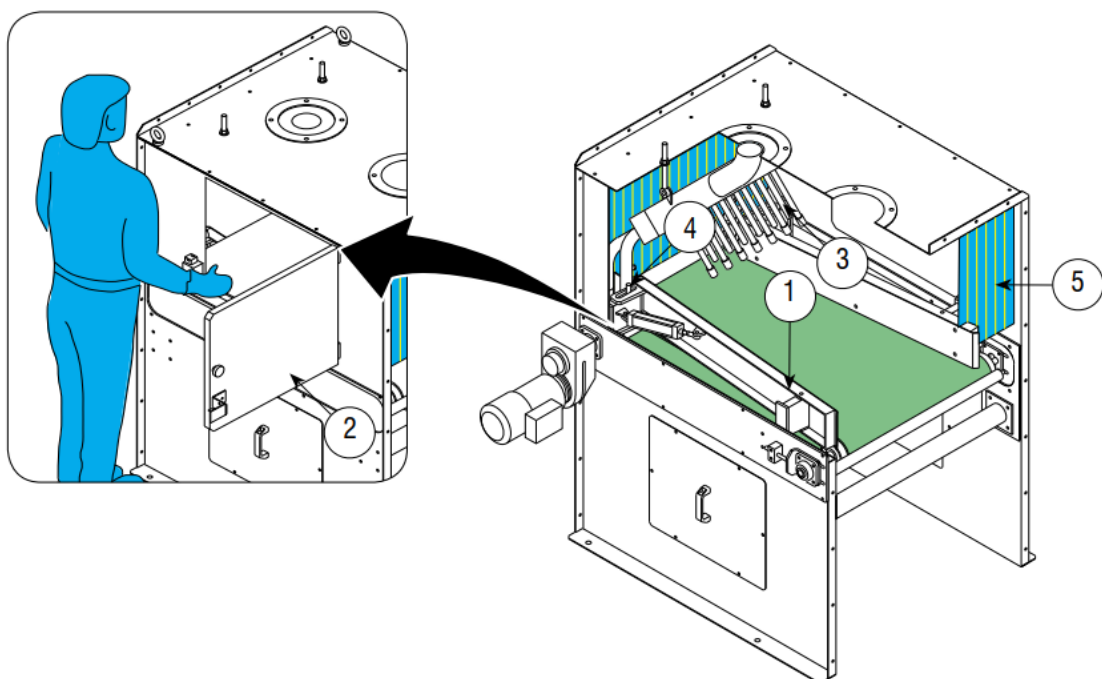
El sistema de tratamiento de sacos VENTOSORT CUBE ha sido diseñado para optimizar la producción de las líneas automáticas de ensacado de cemento.

El sistema se instala después de una ensacadora y está formado por una serie de máquinas con funciones específicas, efectuando de modo automático las operaciones de limpieza del saco, verificación del peso y posible descarte de sacos con pesos inadecuados.

#### 4.1.4.1 Ciclo de funcionamiento

La primera etapa del VENTOSORT CUBE es la cinta evacuadora la cual consiste en recoger los sacos llenos evacuados por la ensacadora GEV 10 PLUS. Está formada por una estructura base que contiene una cinta transportadora. Cuenta con dos guías que alinea los sacos a medida que avanza en la cinta evacuadora. Estas guías son regulables para que efectúe un correcto alineamiento de los sacos evacuados. Cuenta con un sensor óptico para detectar los atascamientos de sacos los cuales pueden ser retirados a través de una ventana de inspección la cual permanece cerrada.

Después de pasar por la cinta evacuadora pasa al limpiamaltrata sacos la cual cuenta con rodillos de sección cuadrada para transportar los sacos. Este grupo permite agitar los sacos para remover cualquier residuo de material que ha quedado en la parte exterior de la bolsa. Cuenta con un sistema de limpieza el cual tiene una serie de boquillas que están direccionadas a la parte superior y los lados de los sacos.

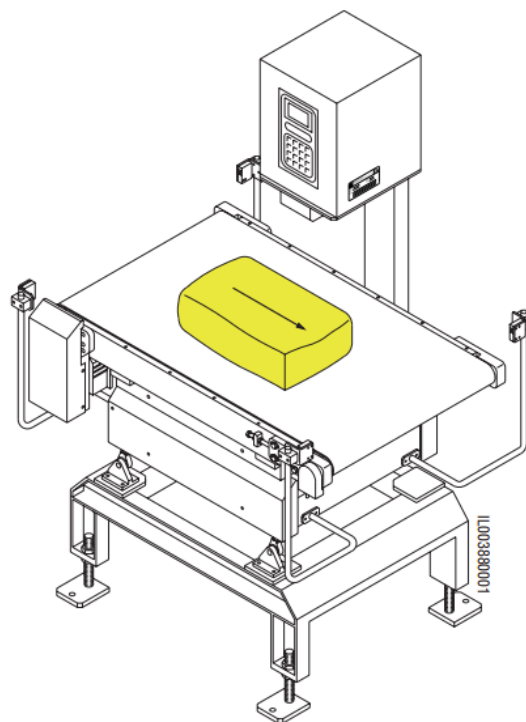


*Ilustración 8 Sistema de manejo de sacos VENTOSORT CUBE, grupo limpia maltrata sacos (Ventomatic, 2011)*



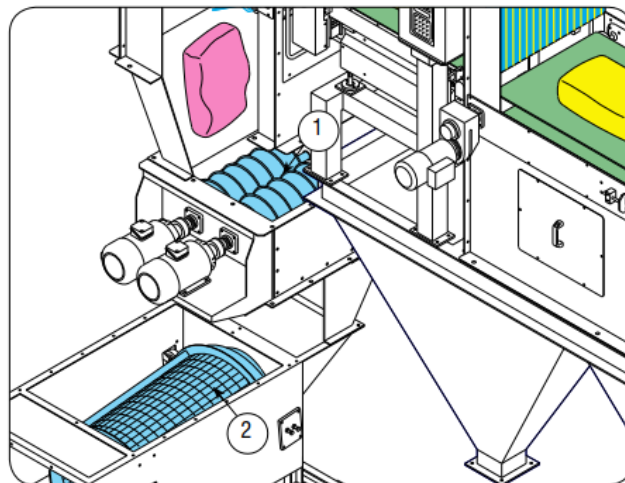
Después de ser limpiado el saco pasa a una cinta estabilizadora la cual está conformada solamente por una estructura metálica la cual tiene una banda que es accionada por un motorreductor. Luego de pasar por la cinta estabilizadora el saco pasa por una banda pesadora VENTOCHECK La cinta pesadora (Ventocheck) permite hacer lo siguiente:

- Tener información sobre la cualidad de los pesos de los sacos producidos por la ensacadora y de cada boca (media, desperdicio, umbral de peso)
- Controlar el correcto funcionamiento de las bocas de carga
- Identificar los sacos fuera de los límites preseleccionados por el utilizador
- Corregir el set point de cada una de las bocas de la ensacadora para obtener una media de los pesos análogos al peso establecido. (Ventomatic, 2011)



*Ilustración 9 Sistema de tratamientos de sacos VENTOSORT CUBE, Banda pesadora VENTOCHECK (Ventomatic, 2011)*

Por último, el saco pasa por una banda descartadora la cual recibe una señal de la banda pesadora VENTOCHECK. Los sacos son descartados cuando el peso sufre una variación mayor del 2%. Los sacos que son descartados pasan al grupo rompe sacos el cual está formado por las hojas corta sacos y una criba giratoria. Las hojas corta sacos son motorizadas por un motorreductor que permanece encendido por 20 segundos para garantizar la destrucción total del saco. Después los restos pasan a la criba giratoria para separar el cemento y la bolsa de papel. Si el saco no es descartado este pasa a una serie de bandas de movimentación que transportan los sacos a la paletizadora POLIMAT C40.



*Ilustración 10 Sistema de tratamiento de sacos VENTOSORT CUBE, grupo rompesacos (Ventomatic, 2011)*

#### **4.1.5 POLIMAT C40**

La paletizadora POLIMAT C40 es una máquina automática que dispone los sacos en tarimas. Los sacos pueden tener dimensiones diversas y su disposición puede asumir varias configuraciones en base al programa seleccionado. Este tipo de paletizador garantiza la máxima estabilidad y la protección del producto. (Ventomatic, 2010)

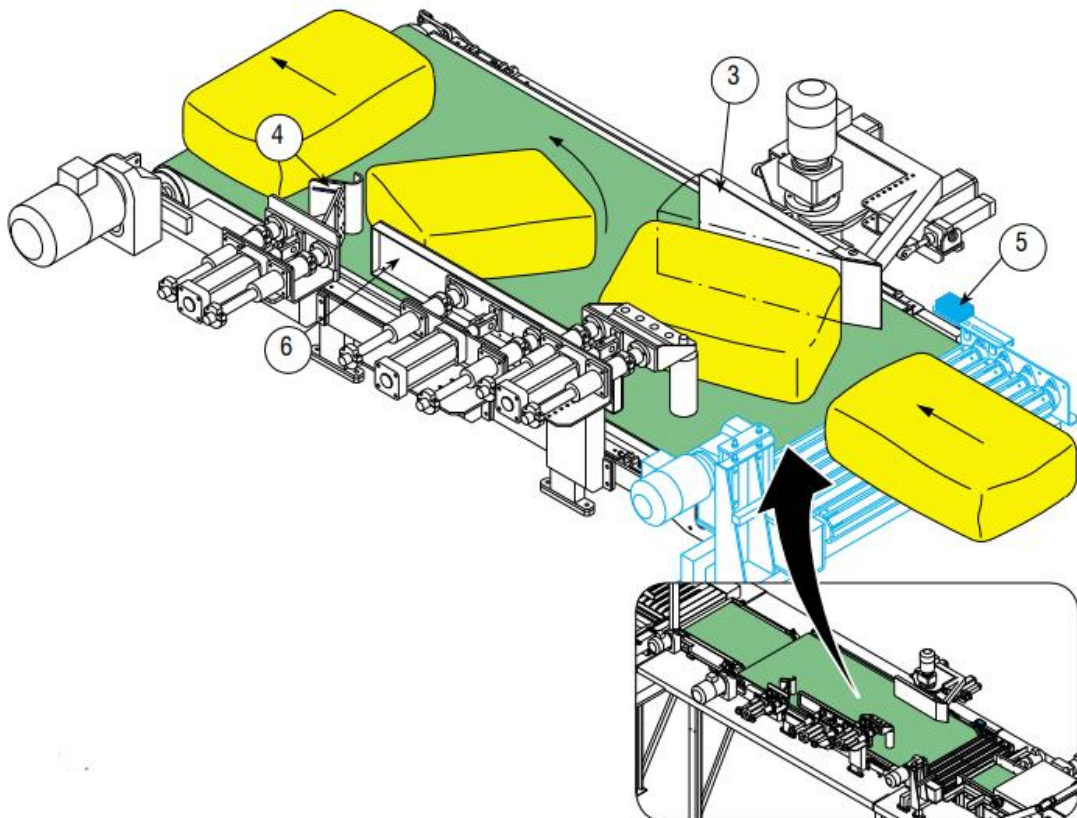
La paletizadora POLIMAT C40 cuenta con 9 grupos funcionales, cada uno de estos realiza una función específica. Para un correcto funcionamiento de la máquina se requieren por lo menos 2 operadores uno de ellos supervisa el

funcionamiento de la máquina y otro retira con un montacarga los pallets formados por la máquina.

#### 4.1.5.1 Ciclo de funcionamiento

El ciclo de funcionamiento de la paletizadora POLIMAT C40 inicia en el prensador de sacos el cual está formado por dos bandas que son accionadas por un solo variador de frecuencia, pero con dos motorreductores. Estas bandas permiten retirar el aire presente dentro de las bolsas y logra compactar el cemento que esta entro. Después pasa por un rodillo loco para que los sacos lleguen a la vía de rodillos de lanzamiento.

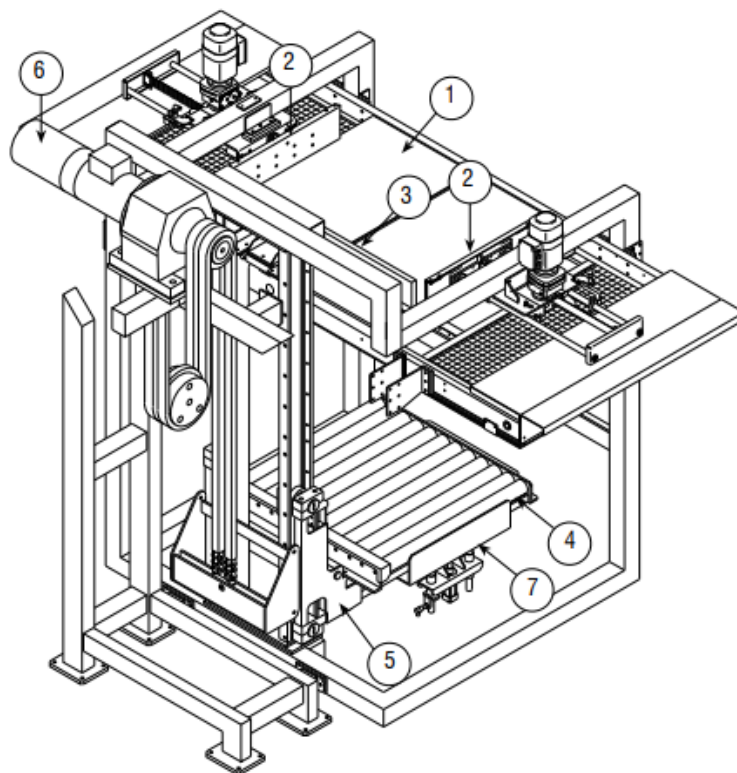
La vía de rodillos de lanzamiento acelera los sacos para evitar roces entre las bolsas al salir de la prensador de sacos. Los sacos después pasan al grupo orientador de sacos que se encarga de girar los sacos a un ángulo de 90°.



Después de haber girado los sacos, se procede a formar una semicapa sobre la vía de rodillos de formación de semicapa. La cual pueden ser 2 sacos de forma

horizontal o 3 sacos de forma vertical. El programa de la paletizadora determina cual semicapa debe de formar. Después el transportador de correas mueve la semicapa hacia la vía de rodillos de formación de capa en la que se terminara de formar una capa.

Al completar una capa el desplazador mueve la capa completa, que contiene 5 bolsas llenas, hacia los planos abribles que colocan la capa en la mesa de levantamiento. La mesa de levantamiento baja cada vez que se coloca una capa sobre ella. Finalmente, el pallet formado es retirado de la mesa de levantamiento por medio de una vía de rodillos. En este punto ya el pallet formado puede ser tomado por un montacarga para su almacenamiento y su posterior entrega a un cliente.



*Ilustración 11 Paletizadora POLIMAT C40, mesa de levantamiento y plano abrible.  
(Ventomatic, 2010)*

## **4.2 MANTENIMIENTO**

Toda maquinaria utilizada en las empresas cuenta con elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos o hidráulicos que trabajan en conjunto para realizar su función. Cada uno de estos elementos requiere cuidados distintos y en algunos casos exhaustivos. Existen máquinas que son más especializadas que otras es por esto por lo que los mantenimientos que dichas máquinas reciben tienen que estar planificados y supervisados para asegurar que se haya realizado de una manera correcta.

(García Garrido, 2010) define al mantenimiento *como "el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible"*

Por otro lado, Dekker (1996) define el mantenimiento como la combinación de todas las técnicas y acciones administrativas, para reestablecer y conservar un equipo dentro de unos límites requeridos de funcionamiento, pudiéndose resumir sus objetivos en fiabilidad, eficiencia, calidad del producto y seguridad humana.

El mantenimiento no solo puede ocurrir en una empresa o una planta de producción también ocurre en nuestros hogares e incluso en espacios virtuales. Las casas pueden ser pintadas, los sistemas digitales pueden ser actualizados. En nuestro caso nos enfocamos en el mantenimiento realizado en las empresas más específicamente en la máquina envasadora de cemento.

### **4.2.1 FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Antiguamente la función del mantenimiento era resolver el problema que la máquina tenía en ese momento específico. Antes dicho mantenimiento solamente consistía en reparar las averías. Esas reparaciones eran realizadas por personal poco calificado y que de una manera u otra hacían que la máquina volviera a estar en funcionamiento. Debido a este trabajo poco

sofisticado la vida útil de las máquinas se veía reducida al igual que la producción. Y según Mora, (2009) "La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo". Si los mantenimientos cumplen su función nos permitirán obtener mayores producciones y reducirán los costos de nuestro departamento.

A través de los años el mantenimiento fue evolucionando debido al aumento de máquinas presentes en una empresa y la complejidad que estas tenían. Esto obligo a las personas a especializarse y reconocer la importancia de la prevención de fallas. Debido a esta evolución se implementó el mantenimiento preventivo y al pasar los años el mantenimiento predictivo. Actualmente el mantenimiento no solo cuenta con una función ahora podemos enlistarlas de la siguiente manera:

- Conservar las características de operación de la máquina.
- Reestablecer las características operativas de los equipos.
- Conseguir una rentabilidad económica.
- Mantener un nivel de calidad de los productos obtenidos.

#### **4.2.1.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO**

El objetivo del mantenimiento no es solamente poder reestablecer la máquina en el menor tiempo posible, el objetivo del mantenimiento va más allá de esto.

Los objetivos generales son conservar el patrimonio de maquinarias e instalaciones durante toda su vida útil, garantizando su capacidad de producir bienes y servicios según las condiciones establecidas. La mantención debe asegurar, además, el mejoramiento permanente orientado a eliminar los puntos críticos de las maquinarias e instalaciones y a reducir los costos de mantención. (Arata Andreani & Furlanetto, 2005)

Contreras (2010) también nos dice que los objetivos del mantenimiento son:

- Reducir al máximo los costes debidos a las paradas por averías accidentales de la maquinaria, que comporten pérdidas de producción o servicio.
- Limitar el deterioro de la maquinaria y, en consecuencia, el incremento de rechazos o degradación de la calidad del producto.
- Proporcionar conocimiento y asistencia a partir de la experiencia adquirida a todos aquellos que intervienen en el proyecto y gestión de nuevas instalaciones.

A esto podemos agregar:

- Mantener valores deseados de fiabilidad.
- Mantener valores deseados de disponibilidad.
- Garantizar la seguridad industrial.
- Adecuarse a un presupuesto al ser puesto en marcha.
- Asegurar que el equipo tenga una larga vida útil.

#### **4.2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

En el mantenimiento no solo es importante el trabajo técnico realizado en la máquina, sino todos los aspectos administrativos, técnicos y de logística que pretenden dar como resultado un buen mantenimiento. Todos esto engloba costos, contrataciones de personal, calidad del trabajo entre otros aspectos. Es por esto por lo que existen diferentes formas de realizar un mantenimiento, por lo que podemos definir los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo

Cada uno de estos tipos de mantenimiento cuenta con un grado de gestión y logística que los distingue. También requieren de un personal con diferentes

cualidades y habilidades que hay que tomar en cuenta al momento de realizar una planificación. En el caso del mantenimiento predictivo se requiere de personal que pueda utilizar ciertos instrumentos para poder determinar cuándo se debe de realizar un mantenimiento.

Aunque los mantenimientos sean diferentes entre sí no significa que no se pueden integrar para poder conseguir el máximo desempeño de nuestra máquina. La correcta interacción entre cada tipo de mantenimiento es lo que se debe de esperar al momento de realizar una gestión de mantenimiento.

#### **4.2.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo se pone en marcha en el momento en el que aparece una falla o avería, puede ocurrir en cualquier momento y muy pocas veces se está preparado para realizar un mantenimiento óptimo. Está basado en una filosofía en la que el mantenimiento no requiere de una planificación rigurosa. En el caso que la máquina continúa trabajando, dicho mantenimiento no se pondrá en práctica.

Medrano Márquez & González Ajuech (2017) dicen que el mantenimiento correctivo es "el conjunto de acciones encaminadas a reparar las averías o fallas que se presentan en los equipos o en las instalaciones de la empresa cuando estas han perdido operatividad y es necesario detener la máquina o instalación dañada"

##### **4.2.1.1.1 CONSECUENCIAS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Limitarse solamente a realizar un mantenimiento correctivo lleva consigo una serie de consecuencias que afectan negativamente a la máquina o al sistema productivo. Las consecuencias del mantenimiento correctivo pueden ser:

- Disminución de las horas operativas de la máquina, debido a las paradas no previstas.



- No se puede determinar el tiempo que la máquina estará fuera de operación, esto se puede ver afectado cuando no se cuenta con los repuestos necesarios para la reparación.
- Aumento en los costos debido a las reparaciones imprevistas y la compra de repuestos no presupuestados.

#### **4.2.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

“el Mantenimiento Preventivo tiene por misión conocer el estado actual, por sistema de todos los equipos y programar así el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno” (Navarro Elola, Pastor Tejedor, & Mugaburu Lacabrera, 1997)

A diferencia del mantenimiento correctivo el mantenimiento preventivo es realizado antes de que ocurra una falla o avería. En el caso del mantenimiento preventivo se puede tomar en cuenta la información proporcionada por el fabricante.

El mantenimiento preventivo se planifica debido a una recopilación de datos realizada previamente, analizando los datos y revisando las tendencias que los equipos muestran. En este tipo de mantenimiento se reconoce la experiencia de los técnicos o ingenieros los cuales pueden determinar el mejor momento para realizar dicho mantenimiento.

##### **4.2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo presenta las siguientes características:

- Se realiza en el momento en el que la máquina este en reposo.
- Se elabora un programa en el cual se detalla el mantenimiento a realizar, la fecha a ser realizado e incluso el encargado de realizarlo. Todo esto para preparar los repuestos y las herramientas a utilizar.
- Cuenta con una duración estimada que puede verse afectada en el caso de encontrar problemas más serios.
- Sigue un presupuesto aprobado previamente.

#### **4.2.1.1.2 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo es una buena opción al momento de realizar una gestión de mantenimiento. Se basa en las inspecciones periódicas realizadas en los equipos y nos ayuda a reducir los paros y evitar la depreciación excesiva.

Entre las ventajas que presenta este tipo de mantenimiento tenemos:

- reducción de paros imprevisto
- mejor control de las máquinas y sus equipos
- reducción de los costos en relación con el mantenimiento predictivo

#### **4.2.1.1.3 DESVENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Existen varias desventajas que hay que tener en cuenta al momento de realizar las planificaciones respectivas, tales como:

- no se puede determinar con certeza el estado de desgaste de los componentes, ya que solamente se recurre a datos estadísticos o a revisiones periódicas.
- El personal encargado de planificar este mantenimiento tiene que contar con experiencia con la máquina y estar sabido de las recomendaciones brindadas por el fabricante de nuestro equipo.

#### **4.2.1.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Para Wonsang (1993), "el mantenimiento predictivo, consiste en la monitorización del estado de la máquina de forma continua o discontinua, mediante la captación de señales (parámetros) que sufren una modificación de su valor o magnitud en función de la gravedad del fallo"

Este tipo de mantenimiento es el mantenimiento más sofisticado y con mayor nivel de especialización por parte de los que lo realizan. se encarga de realizar una serie de análisis y estudios de la máquina para determinar con certeza el estado actual de nuestra maquinaria. Permitiendo así predecir cuándo y en qué razón las máquinas fallaran.

Este mantenimiento puede ser considerado un mantenimiento preventivo ya que se basa en la filosofía de realizar un mantenimiento antes de que falle un componente. La diferencia de este mantenimiento es la manera de determinar el momento más óptimo para hacer un cambio de pieza. La decisión se toma basándose en estudios y análisis realizados con diversos instrumentos. Es por esto por lo que se requiere una alta inversión en equipo y capacitaciones de personal, que a largo plazo resulta ser beneficioso para la empresa.

El mantenimiento predictivo es realizado en cuatro etapas:

- Medición
- Análisis
- Diagnostico
- Corrección

Debido a los avances tecnológicos se cuentan con instrumentos y programas computacionales que nos permiten facilitar la toma de datos en las máquinas de nuestra línea de producción. La medición consiste en la monitorización de los equipos por medio de varios estudios con el fin de recopilar información para ser utilizada en el análisis.

Durante el análisis se realizan comparativos y la interpretación de los datos de toda la información generada al momento de realizar las mediciones. El análisis incluye la monitorización de la máquina y de sus componentes con el fin de determinar el posible fallo que puede experimentar.

Un diagnostico se puede definir el resultado arrojado después de realizado un estudio o evaluación a un sistema o a un equipo, los resultados de dichos estudios (análisis) son las causas probables de un fallo. Con dicho diagnostico se puede tomar una decisión con respecto a la máquina y se empieza a planificar un mantenimiento en el caso de ser necesario.

La corrección engloba todo el trabajo de gestión realizado para realizar un trabajo de mantenimiento para reparar la máquina o cambiar un componente. En esta etapa se toma la decisión de cuando se tiene que realizar dicha corrección al igual que el personal encargado y los repuestos a utilizar.

Existen diversas técnicas de monitorización y son los diversos métodos utilizados para la adquisición de datos. Cada una de estas técnicas utiliza un instrumento específico por lo que se requiere un cuidado y un conocimiento mayor por parte del encargado. Sánchez Marín (2011) nos dice que los parámetros a analizar en el mantenimiento preventivo son "el nivel de ruido, el nivel de vibración, el nivel de partículas metálicas en el lubricante, la temperatura y otros que son característicos del funcionamiento de cada máquina en concreto (caudal, presión en el caso de bombas, intensidad o voltaje para máquinas eléctricas)".

#### **4.2.1.2.1 ANÁLISIS ULTRASÓNICO**

Este método se basa en el estudio de ondas de sonido que son de muy baja frecuencia, por lo que no son perceptibles para los seres humanos. Este es el método que detecta las fallas de la manera más temprana. Ya que, se detectan roces y fugas que son imperceptibles para los humanos. Debido a esto dicho estudio nos permite detectar la presencia de erosión o corrosión, también detectar fricción en motores, así como fuga de fluidos.

#### **4.2.1.2.2 MONITORIZACIÓN DE VIBRACIONES**

(Rao, 2011) define a una vibración como "*cualquier movimiento que se repite después de un intervalo de tiempo*", esta vibración esta generada por un desequilibrio o un roce dentro de una máquina.

El análisis de vibraciones, cuando esta aplicado correctamente, permite al técnico detectar pequeños defectos mecánicos incipientes mucho antes que representen una amenaza en contra de la integridad de la máquina. De esa manera, nos da el tiempo suficiente para programar el

mantenimiento para acomodar las necesidades de la gerencia de planta.  
(White, 2010)

Las vibraciones están presentes en todo lo que hacemos, el sonido se percibe debido a la vibración que recibe nuestro tímpano. En la industria las vibraciones pueden representar un desequilibrio en elementos rotativos o daños en engranajes. En el anexo 1 podemos observar un análisis de vibraciones realizado en Cementos del Norte S.A.

#### **4.2.1.2.3 MONITORIZACIÓN TERMOGRÁFICA**

Todo equipo al momento de entrar en funcionamiento está en un ambiente el cual es propenso al aumento de temperatura. Gran parte de los problemas que se tienen en la industria implica un cambio de temperatura, ya sea por defecto eléctrico o mecánico.

Esta monitorización se realiza por medio de una cámara que detecta ondas infrarrojas y determina la temperatura de cualquier objeto sin estar en contacto directo con el mismo. Esto nos permite realizar mediciones de una manera segura. Por medio de las cámaras termográficas podemos determinar el área que presenta un aumento de temperatura, lo que podría significar un roce o un fallo inminente. En anexo 2 podemos observar un análisis termográfico realizado a un motor en Cementos del Norte S.A.

#### **4.2.1.2.4 MEDICIÓN PARAMETROS (VOLTAJES, CORRIENTES Y PRESIONES)**

Este método es utilizado para determinar el estado del devanado o de las conexiones del motor. Al realizar este estudio se pueden encontrar la existencia de fluctuaciones en la tensión, que causan pérdida de potencia y podrían disparar alarmas, también se pueden encontrar fallas en el aislamiento del motor.

La medición de presiones es utilizada en sistemas neumáticos o hidráulicos, cuando se realizan dichas mediciones podemos determinar si el sistema está en óptimas condiciones o si tiene algún filtro o tubería que presentan fugas,

estos sistemas se diseñan teniendo una presión de operación por lo que cada sistema es único, debido a esto, los análisis de cada sistema varían entre sí.

### **4.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

De acuerdo con el Comité europeo para la estandarización (CEN) (2010) la gestión del mantenimiento incluye "todas las actividades destinadas a determinar objetivos, estrategias y responsabilidades, también las implementaciones de estas por medio de la planificación, control y mejora del mantenimiento".

Con la gestión del mantenimiento se busca una mejora continua en los equipos de una planta de producción. Esto daría como resultado una reducción en costos de manutención de los equipos, así como un aumento en la producción. La gestión de mantenimiento permite asegurar un correcto funcionamiento de los equipos, permitiendo así el cumplimiento de sus funciones.

La gestión efectiva del mantenimiento supone, en consecuencia, una de las actividades cruciales de la mayor parte de las empresas con activos físicos. Son por ello lógicos los esfuerzos orientados a optimizar su funcionamiento, involucrando para tal fin tanto a medios humanos como técnicos. (Cárcel Carrasco, 2014)

La gestión de mantenimiento engloba las actividades de planificación del mantenimiento, también consiste en la creación e implementación de las políticas del mantenimiento. En la política de mantenimiento se definen los objetivos que se desean alcanzar, estos pueden ser en cuestión de costos, puede tratar temas de seguridad industrial y así mismo se pueden enfocar en la parte técnica del mantenimiento.

### 4.3.1 INDICADORES EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Boucly (1998) nos dice que “los indicadores de mantenimiento constituyen expresiones razonables y significativas del valor de dos elementos de la gestión o del funcionamiento de las empresas: ámbito financiero y ámbito de mantenimiento”.

Los indicadores se pueden utilizar para evaluar el desempeño de mantenimiento realizado en una máquina durante un tiempo específico. También evalúan el comportamiento de un sistema y sus equipos, después de haber implementado un nuevo plan de mantenimiento. De acuerdo con Amendola (2003) los indicadores son:

- Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures (MTBF)
- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair (MTTR)
- Disponibilidad

#### 4.3.1.1 TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLOS (TMEF) – MEAN TIME BETWEEN FAILURES (MTBF)

Se puede decir que el Tiempo promedio para fallar es el tiempo estimado en el que la máquina está en operación antes de que suceda una falla. Este tiempo es utilizado al momento de obtener la confiabilidad de un equipo. Se puede asociar con el Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time to Fail (MTTF). El TMEF es utilizado en equipos que tienen reparación a diferencia del TPPF que se utiliza en elementos que no son reparables. Ambos indicadores nos permiten estimar el tiempo que trabajara la máquina y así mejorar la programación de mantenimientos. Se calcula siguiendo la siguiente ecuación

$$MTBF = TTO / \#F$$

Donde:

TTO= Tiempo total de operación

#F= Cantidad de fallas

*Ecuación 1 Cálculo de MTBF*

#### **4.3.1.2 TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR) – MEAN TIME TO REPAIR (MTTR)**

El Tiempo promedio para reparar es un indicador utilizado para evaluar el desempeño de los mantenimientos. Es el tiempo que le toma a un grupo de personas realizar una reparación al equipo. Al momento de realizar una reparación se incluye el tiempo que le toma a las personas determinar la causa del problema, el tiempo que se tarda en conseguir los repuestos, el tiempo que toma realizar las reparaciones necesarias y el tiempo que toma poner en marcha el equipo. Se puede evaluar en la siguiente ecuación

$$MTTR = TTR / \#F$$

Donde:

TTR= Tiempo total en reparaciones

#F= Cantidad de Fallas

*Ecuación 2 Cálculo de MTTR*

#### **4.3.1.3 DISPONIBILIDAD**

La disponibilidad es un indicador que relaciona el tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio para reparar. Guerrero Pérez (2016) la define como “la probabilidad que hay, en un intervalo de tiempo determinado, de que el funcionamiento de un servicio esté asegurado (que esté disponible)”. Se presenta en un valor porcentual el cual también puede interpretarse como la probabilidad de que un equipo esté en funcionamiento. Podemos calcularla con la siguiente ecuación

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$



### *Ecuación 3 Cálculo de Disponibilidad*

La disponibilidad nos permite descubrir si las reparaciones han tomado más tiempo que el máximo permitido por cada empresa. El tiempo que toma reparar un equipo nos ocasiona una indisponibilidad.

La indisponibilidad de los sistemas (o equipos) genera costos de ineficiencia por no producción o por la falta de servicio. En algunos sistemas industriales los costos de ineficiencia son tan elevados (ineficiencia en equipos críticos) que podría ser económicamente conveniente considerar equipos de respaldo para lograr la disponibilidad y nivel de servicio necesario. (Viveros et al.,2013)

## V. METODOLOGÍA

Para gestionar los mantenimientos realizados en un departamento es importante tener en cuenta las horas de uso de los equipos, la cantidad de trabajo realizada por nuestras maquinas, los responsables para realizar los trabajos y la compra de repuestos. Todo esto debe ser realizado sin exceder los costos.

Para gestionar de una mejor manera los mantenimientos se realizaron de manera periódica las siguientes acciones:

- Registrar datos que nos permitirá realizar diversos estudios. Esta información fue almacenada semanalmente en una base de datos. La información por recopilar fue la siguiente:
  - Las horas programadas de trabajo
  - Los mantenimientos correctivos realizados en la maquina
  - Producciones diarias
  - Numero de bolsas rotas en la máquina
  
- Crear grupos de trabajos y planes de trabajo para designar responsabilidades a cada uno de estos grupos y así realizar trabajos de una manera más eficiente. Al momento de realizar el mantenimiento semanal cada grupo conoce el trabajo que tiene que realizar ya que previamente se les presenta su plan de trabajo. Estos grupos pueden formar parte de la empresa o grupos subcontratados.

- Determinar los trabajos por realizar en la máquina tomando en cuenta las diversas supervisiones realizadas a la máquina.

## **5.1 VARIABLES**

### **5.1.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

La variable dependiente que se tomara en consideración es la disponibilidad de la máquina ya que este indicador está directamente ligado con el mantenimiento de una máquina, entre mayor sea este indicador mejor es la gestión de mantenimiento.

### **5.1.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Las variables independientes fueron aquellas que fueron medidas y las cuales afectan la variable dependiente. Las variables independientes serán:

- Las horas de paro por mantenimiento correctivo
- Tiempos de paro del proceso
- Tiempo trabajado por la máquina

## **5.2 TECNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

### **5.2.1 SISTEMA SAP**

Se puede definir como un programa informático de gestión empresarial es utilizado para gestionar los recursos de la empresa, es aplicado a las áreas de marketing, finanzas, producción y mantenimiento. Lo que permite tener un acceso inmediato a mucha información del proceso productivo. La información es limitada dependiendo del puesto que desempeña el empleado.

En este programa se verifica la disponibilidad de los repuestos, se programan mantenimientos y se crean reservas de materiales.

### **5.2.2 ANÁLISIS DE VIBRACIONES**

La utilización de esta técnica aporta información muy importante en el diagnóstico de fallas en los elementos rodantes, engranajes, bombas, compresores, ventiladores y otras máquinas rotativas.

Dicho análisis es realizado a los motores de manera periódica para poder predecir futuras fallas y poder actuar fuera de las horas de trabajo. Se realizaron estos análisis a distintos motores de toda la envasadora. La envasadora cuenta con más de 30 motores eléctricos de distinta potencia, motores que activan ventiladores, blowers, bombas y bandas de movimentación.

El análisis de vibraciones nos permite detectar defectos en los rodamientos, desbalanceo de los motores, desajustes mecánicos, desalineamiento y defectos en transmisiones. Es por esto que esta técnica es muy importante en la industria.

### **5.2.3 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO**

Esta técnica es realizada con una cámara capaz de detectar y medir las ondas infrarrojas que emiten las superficies de los equipos sin necesidad de estar en contacto con dichas superficies. Con esta imagen podemos observar indicios del funcionamiento de los equipos. Esto permite reducir y evitar fallos inesperados que obligaban a toda la envasadora a detenerse. Esta técnica es utilizada para predecir y prevenir fallas lo que permite mejorar la gestión de mantenimiento

### **5.3 FUENTES DE INFORMACION**

Todos los trabajos de gestión del mantenimiento fueron realizados en las 2 líneas de envasado de cemento. Dichas maquinas tienen un valor nominal de producción de 3000 sacos por hora. Las envasadoras cuentan con 8 máquinas que realizan todos los trabajos de movimiento de sacos, llenado de los sacos con cemento, limpieza de las bolsas llenas de cemento

Los manuales técnicos fueron utilizados para tomar en cuenta la frecuencia de los mantenimientos recomendado por el fabricante. De esta manera se gestionó de una mejor manera los mantenimientos. Tener los manuales de los equipos nos permitió enlistar los respuestos de mayor importancia para las maquinas. Y recomendaciones de manejo y uso que dichos equipos deben de tener.

Otra fuente de información importante fue el sistema informático SAP ya que por medio de este se tiene información sobre toda la planta disponibilidad de materiales, también se pueden crear ordenes de trabajo para los mantenimientos por realizar, en estas órdenes se detalla el trabajo por realizar, que equipo será intervenido acompañado de su respectiva codificación, los responsables de dicho trabajo (personal mecánico, eléctrico o instrumentación), los repuestos a utilizar y la duración esperada del trabajo.

## 5.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tabla 1 Cronograma de actividades**

ACTIVIDADES	SEMANAS																					
	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7		SEMANA 8		SEMANA 9		SEMANA 10			
	L	M	J	V	L	M	M	I	J	V	L	M	M	I	J	V	L	M	M	I	J	V
INDUCCIÓN A PROGRAMA SAP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUPERVISIÓN DE MANTENIMIENTO SEMANAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INSPECCIÓN DE LA MAQUINA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ADQUISICIÓN DE DATOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CALCULO DE INDICADORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INGRESO DE INFORMACIÓN EN BASE DE DATOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## **VI. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

Durante la primera semana se dio una inducción de las diferentes herramientas que se pueden utilizar en ERP SAP. En el departamento de Envase se utiliza este programa para notificar las bolsas de cemento producidas, para hacer pedidos de bolsa vacía, observar los clientes que están pendientes para cargar. Para la gestión de mantenimiento son utilizadas otras herramientas las cuales permiten reservar material (repuestos y herramientas), observar la disponibilidad de materiales, crear ordenes de trabajo, realizar solicitudes de materiales y de mano de obra subcontratada.

Durante todo el periodo de practica se midió el desempeño de las envasadoras con el TRT (Tasa de Rendimiento Total) la cual se ve afectada por los indicadores de disponibilidad y rendimiento. Esto era realizado diariamente para presentar los resultados semanalmente y mensualmente. Se quiere mantener un TRT de 86% para considerar un funcionamiento aceptable de la máquina.

Para mejorar la gestión de mantenimiento se realizaban inspecciones rutinarias a las maquinas revisando que no haya roces, golpes o algún comportamiento anormal. Se revisaban todas las electroválvulas y todo el sistema neumático. En múltiples ocasiones se encontraron fallos que requerían intervención inmediata.

Los trabajos de mantenimiento correctivo realizados fueron:

- **Lubricación de curva de rodillos cónicos:** al momento de inspeccionar la máquina se percibió un sonido en la curva de rodillos. Se hicieron pruebas en vacío y el sonido persistía. Por lo que se decidió retirar las protecciones y se observó que a las cadenas les hacía falta lubricante. Por lo que se realizaron los preparativos (informar a supervisores, limpiar área de trabajo, reservar y retirar los materiales para realizar el trabajo). Luego de ser lubricado se procedió a tensar la cadena motriz y hacer pruebas.
- **Cambio de grupo motor y reductor de mesa paletizadora:** este trabajo fue realizado debido a que la mesa paletizadora estaba presentado un funcionamiento incorrecto, ya que la mesa no subía y bajaba a la velocidad deseada. Cuando se ponía a trabajar la mesa subía y bajaba normalmente al trabajar en vacío, luego cuando sobre ella estaba una capa del pallet de cemento (212.5 Kg) presentaba una velocidad más lenta lo que ocasionaba atascamientos en la máquina, cuando la mesa tenía 2 capas de cemento (425 Kg) trabajaba aún más lento a partir de las 6 capas (1275 Kg) trabajaba a un 40% de su velocidad.

Se revisaron barras guías de la mesa paletizadora y se determinó que estaban en estado óptimo. Se realizaron pruebas de voltaje y amperaje del motor al tener carga y en vacío mostrando que el motor tenía un amperaje fuera de lo normal por lo que se decidió realizar el cambio. Al cambiar el motor y reductor el problema persistía por lo que se realizaron nuevamente las mediciones, pero esta vez eran valores correctos de



amperaje, debido a esto se procedió a revisar el variador de frecuencia que controla el motor y la configuración estaba correcta al igual que la rampa de activación que utilizaba. Luego de descartar el variador se decidió cambiar el encoder del motor ya que este podría mandar una señal incorrecta haciendo que el motor desacelerara. Cuando se realizó el cambio del encoder la mesa funciono correctamente.

- **Revisión de boquillas:** este es el trabajo de mantenimiento correctivo que más se realiza en la envasadora, ya que cada línea de envasado cuenta con 10 boquillas. Cada boquilla contiene una celda de pesaje, un motor que activa una propela para mover el cemento, un sistema neumático de 5 pistones que sostienen y evacuan la bolsa cuando está llena. El trabajo más común es remover material no deseado que la criba no pudo retirar, ya que estos atascan las propelas haciendo que el motor se recaliente y se dispare un térmico para protegerlo.
- **Alineamiento de bandas:** la línea envasadora cuenta con 8 bandas de movimentación las cuales pueden ser desalineadas como consecuencia de un atascamiento de bolsa. La envasadora cuenta con sensores para la detección del alineamiento de las bandas. Si este sensor manda una señal la envasadora entra en alarma y no permite ser puesta en marcha.
- **Cambio de desplazador de sacos:** El desplazador de sacos forma parte de la máquina POLIMAT C40 (paletizadora de sacos llenos), en la última semana de practica el desplazador de sacos presento un funcionamiento

fuera de lo normal por lo que se gestionó para ser reemplazado por uno que había sido comprado recientemente. Este trabajo inicio con la desconexión de todos los equipos y sensores que forman parte de la máquina. Después de esto se procedió a remover todos los puntos de soldadura que tenían fija a la máquina. Luego fue posible retirar el desplazador viejo y colocar el nuevo, haciendo uso de una grúa móvil. Al ser puesto en posición se procedió a soldar la base y a pintar la estructura. Finalmente se conectaron todos los sensores y los equipos para hacer pruebas de funcionamiento. Este cambio requirió 10 horas de trabajo.

Los datos recopilados diariamente se almacenaban en una base de datos que era manejada por el departamento esta base de datos cuenta con una tabla en la que se registran los mantenimientos correctivos realizados.

**Tabla 2 Mantenimientos correctivos a envasadoras de cemento**

FECHA	ENVASADORA	DURACION	RAZON	OBSERVACIONES
09/12/2018	EV3	1,5	MONTAJE DE VENTILADOR	MOTOR DE MESA PALETIZADORA
09/12/2018	EV3	0,3	DISPARO DE TERMICO	BOQUILLA #9
08/12/2018	EV1	4	FALLA EN LEVANTAMIENTO DE MESA PALETIZADORA	CAMBIO DE GRUPO MOTOR Y REDUCTOR

Contiene una tabla con todos los trabajos de mantenimientos por realizar en la cual se anota el número de orden, el trabajo por realizar, el costo de dicho trabajo, la duración estimada y los responsables.

Otra tabla contiene las producciones diarias por envasadora

**Tabla 3 Producción diaria en bolsas**

FECHA	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	HORAS TRABAJADAS	PRODUCCIÓN TOTAL (BOLSAS)
03/12/2018	17255	11075	0	16	28330
04/12/2018	12873	8519	0	16	21392
05/12/2018	18220	16655	0	16	34875
06/12/2018	17630	17529	0	16	35159

Una última tabla contiene las horas trabajadas de cada equipo, este cálculo es actualizado diariamente y utiliza la información en las tablas de producciones y las tablas de mantenimientos correctivos para poder realizar un cálculo confiable.

**Tabla 4 Vida útil restante de equipos y mantenimientos EV1**

SISTEMA	COMPONENTE	MANTENIMIENTO	VIDA UTIL (HORAS)	ULTIMA FECHA REALIZADA	HORAS TRABAJADAS DESDE LA FECHA	VIDA UTIL RESTANTE
POLIMAT C40	RODILLOS DELANZAMIENTO	ALINEACION DE FOTOCELULA	400	12/12/18	156.04	243.96
POLIMAT C40	RODILLOS DELANZAMIENTO	ENGRASAR SOPORTES	400	12/12/18	156.04	243.96

Para gestionar el mantenimiento se realizaban reuniones los viernes de cada semana para determinar los trabajos que debían de ser ejecutados el día del mantenimiento semanal los martes. En estas reuniones se toma en cuenta fallos que se han repetido en las maquinas. También se revisan las horas trabajadas de los motores, bombas, bandas, cilindros neumáticos y otros equipos para ser cambiados.

El último trabajo realizado fue verificar el funcionamiento de la máquina posterior a los mantenimientos semanales y mantenimientos correctivos. Al terminar el

mantenimiento se cerraba la orden de trabajo, se devolvían los repuestos no utilizados, y se registraba la información en la base de datos.

## **VII. CONCLUSIONES**

Después de haber estado en el departamento de Envase en Cementos del Norte S.A. podemos concluir que:

- Se logro registrar las producciones diarias, los paros por mantenimiento correctivo los trabajos de mantenimiento por realizar.
- Se planificaron los mantenimientos semanales tomando en consideración las horas trabajadas de los equipos y el rendimiento mostrado por los mismos.
- Se supervisaron las maquinas al momento de ser puestas en marcha, realizando actividades correctivas en caso de ser necesario.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Para la empresa:

- Brindar capacitaciones sobre el uso del sistema informático SAP ya que las herramientas que este sistema tiene son muy útiles, pero solo un número pequeño de personas puede aprovechar.
- Contar con personal encargado de gestionar los mantenimientos por áreas. De esta manera el planificador conoce en su totalidad el departamento permitiendo que pueda tomar las mejores decisiones de gestión.

Para la universidad:

- Brindar cursos extracurriculares los cuales cuenten con certificados en áreas afines a la ingeniería mecatrónica, esto permitirá que los estudiantes inscriban cursos que pertenezcan al área que más es de su agrado.
- Adicionar una clase enfocada a conocer las técnicas de medición utilizadas en el mantenimiento preventivo, ya que en las industrias el mantenimiento preventivo es requerido para mantener valores altos de disponibilidad.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Arata Andreani, A., & Furlanetto, L. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*. Santiago: RIL editores. Recuperado de <http://www.digitaliapublishing.com/a/39359/>
- Boucly, F. (1998). *Gestión de mantenimiento*. Madrid, España: AENOR Asociación Española de Normalización y certificación.
- Cárcel Carrasco, F. J. (2014). *Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento*. OmniaScience.
- Contreras, R. (2010). *Modelo de optimización en la generación de plantas industriales, considerando las actividades de mantenimiento y las condiciones ambientales mediante el uso de la metodología de los algoritmos genéticos* (DOCTORAL). UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, Valencia, España.
- D' Alessio Ipinza, F. (2004). *Administración y dirección de la producción: enfoque estratégico y de calidad*. Naucalpan de Juárez, México.: Pearson Educación de México.
- Dekker, R. (1996). Application of maintenance optimization models: a review and analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 51, 229-240.
- García Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Editorial Díaz de Santos, S.A. Recuperado de <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5070759>
- Guerrero Pérez, R. (2016). *Mantenimiento preventivo de sistemas domóticos e inmóticos*. IC; Madrid.
- Medrano Márquez, J. Á., & González Ajuech, V. L. (2017). *Mantenimiento*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria. Recuperado de <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5213557>
- Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento: planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.

- Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., & Mugaburu Lacabrera, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. España: Marcombo.
- Rao, S. (2011). *Vibraciones Mecánicas* (5.ª ed.). México: PEARSON EDUCATION.
- Sánchez Marín, F. T. (2011). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- White, G. (2010). *Introducción al Análisis de Vibraciones* (1.ª ed.). Woburn, U.S.A: Azima DLI.
- Wonsang, A. (1993). *Diagnóstico de motores de encendido por compresión de automoción a partir del monitorizado de sus prestaciones*. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, Valencia, España.
- Viveros, Pablo, Stegmaier, Raúl, Kristjanpoller, Fredy, Barbera, Luis, & Crespo, Adolfo. (2013). Proposal of a maintenance management model and its main support tools. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>
- Ventomatic. (2010). *Ensacadora Geo/Gev plus. Manual para Uso y Mantenimiento*. Valbrembo, Bergamo, Italia.
- Ventomatic. (2010). *Ventosort Cube. Manual para Uso y Mantenimiento*. Valbrembo, Bergamo, Italia.
- Ventomatic. (13 de julio de 2011). *Balanza de cinta Ventocheck. Manual de Uso y Mantenimiento*. Valbrembo, Bergamo.