

REPOTENCIALIZACION TECNOLÓGICA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN  
LA MÁQUINA INDIVIDUAL FLOW PACK RECORD JAGUAR.

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

ESTUDIANTE

NEVER JOSE VIOLETH JIMENEZ

ASESOR

LIBIA MARIA BAENA PEREZ

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

INGENIERIA MECÁNICA

MEDELLIN

2017

## Contenido

	<b>Pagina</b>
Contenido .....	2
1. Resumen. ....	5
2. Introducción.....	7
3. Planteamiento del problema. ....	9
4. Objetivos.....	11
4.1 Objetivo general.....	11
4.2.Objetivos específicos. ....	11
5. Marco teórico.....	12
5.1 Repotencialización de máquinas en la industria. ....	12
5.2 Máquina flow pack record jaguar .....	12
5.3 Sensor inductivo.....	14
5.3.1 Principio de funcionamiento del sensor inductivo.....	14
5.4 Sensor capacitivo. ....	15
5.4.1 Principio de funcionamiento.....	16
5.5 Servomotor.....	17
5.5.1 Funcionamiento del servomotor. ....	18
5.6 Controlador PLC.....	19
5.6.1 Funcionamiento.....	19

5.7 Contactares.....	20
5.7.1 Conectividad del contactor. ....	20
5.8 Relés de estado sólido.....	22
5.8.1 Funcionamiento del relé.....	23
5.9 Servo drive.....	24
5.9.1 Funcionamiento del servo drive.....	24
5.9.2 Componentes de un servo drive.....	25
6. Metodología experimental.....	26
7. Cronograma de actividades.....	27
8. Resultados.....	28
8.1 Histórico de los paros de producción y costos asociados. ....	28
8.1.1 Histórico de paros por averías durante el año 2016 y costos asociados. ....	29
8.1.2 Paros de producción por ajustes en la máquina individual flow pack recor jaguar. ....	31
8.2. Puntos críticos que ocasionan paros de producción en la máquina flow pack recor jaguar. .	31
8.4 Ajustes de los parámetros insertados en la máquina flow pack recor jaguar.....	33
8.5 Comparativo de antes y después de la reforma de la máquina empacadora individual flow pack recor jaguar. ....	33
8.5.1 Paros de producción por averías antes y después de la reforma.....	33
8.5.2 Comparativo de ajustes antes y después de la reforma.....	35
9. Conclusiones.....	38

10. Referencia ..... 39

## **1. Resumen.**

La compañía de galletas NOEL S.A.S empezó en Colombia el 2 de febrero de 1916 bajo el nombre de Fábrica Nacional de Galletas y Confites, ofreciendo galletas María y la marca estrella Papagayo. Un año más tarde, viendo la temporada de navidad como una época de grandes oportunidades para las ventas de la compañía, se ofrecieron productos empacados con motivos navideños, por tanto se hizo necesario importar máquina desde Italia capaces de empacar paquetes en presentación individuales y multiempaque en diferentes referencias como ( wafer individual, taco saltin individual, tipo leche individual). La empacadora individual Flow pack Record Jaguar tiene como función empacar galletas wafer referencia 18x4 vainillas y chocolate con velocidades de producción de 210 y 215 paquetes individuales por cada minuto (Paquetes /min) velocidades que se hace necesario en la producción para poder suplir las necesidades del mercado.

El mercado y la demanda de las galletas sigue creciendo y la máquina flow pack Record Jaguar modelo 1993 de la empresa italiana RECORD fabricante de máquina de embalaje con más de 50 años en el mercado no es capaz de empacar 210 tampoco 215 paquetes/min. El funcionamiento de la máquina Flow pack Record jaguar modelo 1993, tiene como objetivo empacar paquetes individuales wafer referencia 18x4 vainilla esto lo hace ingresando galletas por la parte inferior llamada cola de alimentación una vez ingresa a la cola de alimentación es transportada hacia la parte de empacado llamada caja de envoltura con su respectivo papel de empaque que se encuentra envuelto en una serie de rodillos llamados torre de película, una vez esté formado el paquete es sellado longitudinalmente y transversalmente con los componentes llamados rodillos y mordazas y finalmente es evacuada con un transportador llamado conveyer de evacuación.

Durante el turno de trabajo se evidencian paros constantes por desajuste generales y fractura de algunos componentes anteriormente mencionados como transmisión principal cola de alimentación y sellados longitudinales y transversales , estos paros no permiten el cumplimiento de la producción requerida por el cliente; por lo tanto, es necesario cambiar algunos componentes como transmisión principal y tablero de control internos de la máquina Flow pack Record Jaguar para aumentar su productividad y disminuir paros que permitan el cumplimiento en la entrega a tiempo del producto terminado

El estudio y la elección de los componentes a instalar se realizaron con un programa de control llamado STUDIO 5000 es un entorno de ingeniería integrado que le permite agilizar el tiempo para construir su sistema de automatización. Admite la reutilización de contenido y proporciona un intercambio de datos sin fisuras entre las herramientas de ingeniería.

Con este programa STUDIO 5000 se analizó las velocidades de producción y posteriormente un estudio de mantenimiento donde especifica la periodicidad de cambio de los nuevos elementos instalados. Una vez el programa arrojó que con los componentes instalados (servomotores, instrumentación de control, acoples mecánicos, pantalla de mando entre otros) aumento la velocidad de producción en 40 Paquetes/min y la periodicidad de cambio y mantenimiento de los componentes es muy alto se inicia entonces el desarme de la transmisión de potencia como motor reductores, cadenas, piñones, poleas y cardanes y posteriormente a instalar servomotores controladores, contactares y demás elementos de control digital luego se ensaya la máquina en vacío y arranca con la velocidades esperadas de 255 Paquetes/min se arranca en línea con producto una semana y se realiza un comparativo antes de la reforma y después de la reforma, los resultados son muy satisfactorios ya que disminuyen los paros y aumenta la productividad.

## 2. Introducción

La compañía de galletas NOEL S.A.S es una empresa dedicada a la producción continua durante 101 años y a su vez su producción es exportada y comercializada en todo el territorio nacional e internacional por lo tanto es indispensable mantener la máquina en un alto nivel de efectividad a la hora de realizar una producción en línea y poder cumplir con ese mercado tan amplio. El deterioro natural de la máquina empacadora SIG que tiene como función empaquetar paquetes individuales wafer de la referencia 18x4 se ha venido aumentando con el pasar del tiempo generando así paros constantes por averías y ajustes en sus componentes durante la producción. Por consiguiente, se ha determinado modificar su transmisión tanto en su cola de alimentación como la de sus sellos longitudinales y transversales (mordazas y rodillos)

La máquina individual Flow pack Record Jaguar en sus colas de alimentación y sus dos tipo de sellados (longitudinal y transversal) está compuesta en 90% de componente mecánicos como piñones, cadenas, acople tipo cardan que por su deterioro prematuro genera desajuste en sus articulaciones. El desajuste es transmitido a los sellos y cadena de alimentación generando imperfecciones en el empaque por ende es necesario para la producción y realizar ajuste que puedan mitigar el desajuste y continuar con la producción en línea

Después de un análisis se determina la posibilidad de repotencializar la máquina con tecnología de punta y aumentar su efectividad, instalando servomotores en la cola de alimentación, en el sellado longitudinal y sellado transversal y a su vez un tablero de control donde se instala el control con las recetas necesarias para la producción.

Cuando se terminada todo el montaje tanto mecánico y de control se da puesta en marcha aumenta la productividad y efectividad y se reducen los paros menores ocasionados por los desajustes de los componentes y elementos móviles.



### **3. Planteamiento del problema.**

La compañía de galletas NOEL S.A.S está dedicada a la producción de galletas de diferentes tipos, todas las diferentes referencias de galletas son empacadas en presentación individual con máquinas de diferentes marcas. La empacadora individual Flow Pack Record Jaguar empaca galletas wafer de la referencia 18x4 y está compuesta por una cola de alimentación que es por donde ingresa el producto y es transportado hacia el final donde se encuentra una caja formadora y le da forma al paquete, a una distancia de 200mm se encuentra los sellos longitudinales que tiene como función sellar la parte inferior del paquete y a 100 mm se encuentra las mordazas que tienen como función sellar la parte inferior y superior del paquete y cortar al tiempo. La cola de alimentación y los sellos transversales y longitudinales tienen movimiento por una transmisión de potencia que consta de motor reductores, piñones cadenas y cardanes, estos elementos se desajustan con frecuencia por el desgaste natural y las altas velocidades y temperaturas requerida por producción.

Los paros de producción son generados por excesos de averías y ajustes en la parte del sellado longitudinal, sellado trasversal transmisión principal ocasionadas durante el turno de producción, generan retrasos tanto en la trazabilidad y entrega del producto terminado y generando grandes pérdidas de dinero y la fidelidad de algunos clientes.

El problema central que ocasionan paros constates de producción es el mal estado de la transmisión principal y control eléctrico de la máquina Flow Pack Record Jaguar y es importante solucionarlo para disminuir las quejas del mercado nacional e internacional por entrega del producto en tiempo no pactados en la negociación de la venta y aumentar la producción en menor tiempo posible y disminuir gastos de dinero por recorte de producción por paquetes mal sellados. Para solucionar

este problema del mal estado de la máquina es necesario realizar unos cambios de componentes en su transmisión principal y control eléctrico de la máquina

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Repotencializar la máquina individual Flow pack Record Jaguar para aumentar la productividad, confiabilidad, disponibilidad y efectividad del proceso.

### **4.2. Objetivos específicos.**

**4.2.3** Evaluar la productividad y el proceso de producción de la máquina antes de ser repotencializada.

**4.2.4** Evaluar la instalación de los servomotores en la cola de alimentación y sellados longitudinales y transversales de la máquina individual Flow pack Record Jaguar modelo 1993.

**4.2.5** Determinar la productividad de la máquina empacadora individual Flow Pack Record Jaguar con los nuevos servomotores instalados.

## **5. Marco teórico**

### **5.1 Repotencialización de máquinas en la industria.**

En la actualidad muchas empresas del sector industrial automotor y demás han optado por repotencializar sus equipos con tecnología de punta con el fin de aumentar su disponibilidad confiabilidad y productividad en sus líneas de producción con elementos que permitan dar información precisa y en el tiempo indicado al control de las máquinas y a su vez transmitir información correcta a los actuadores como cilindros, servos ya que estos actuadores son lo que van a darle movimiento a la máquina. Los elementos capaces de brindar esta información precisa y en tiempos adecuados son: sensores inductivos capacitivos, servomotores, controles, acoples mecánicos, contactares, interfaz hombre máquina, relés de estado sólido, servo drive y demás elementos, a continuación, se dará a conocer la definición que cada fabricante ha definido para cada elemento. La información como definición y funcionamiento es importante conocer ya que sin ella es imposible conectar y hacer uso adecuados a cada componente.

### **5.2 Máquina flow pack record jaguar**

La empresa italiana record se ha desempeñado por más de 50 años como fabricante de máquinas de embalaje horizontal para cualquier necesidad de embalaje flexible para aplicaciones alimentarias y no alimentarias.

Las máquinas de flow pack Recod jaguar funcionan con bobinas de película flexible en varios materiales de embalaje (polietileno, polipropileno). La máquina de envolver funciona en ciclo continuo, tomando la película de plástico de un carrete, sellando todo alrededor del producto. Este tipo de máquinas de embalaje son adecuados para todo tipo de industria, para producciones pequeñas, medianas y altas. Las especificaciones técnicas de la máquina flow pack Record jaguar se pueden conocer en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Especificaciones técnicas de la máquina fLow Pack record jaguar.

<b>Modelo</b>	<b>Jaguar 1993</b>
Dimensiones máximas del producto	Largo: 5 - 60 Cm
	Ancho: 1 - 28 Cm
	Alto: 0,1 a 12 cm
Ancho del película	60 Cm (Opcional 80 Cm)
Velocidad de empaque	220 paquetes / min.
Dimensiones de la máquina	Largo: 472 cm
	Ancho: 122 cm
Longitud Banda	250 cm
Información Eléctrica	220 V 3 hp

### 5.3 Sensor inductivo.

Un sensor inductivo como se muestra (ver Fig.1) puede detectar objetos metálicos que se acercan al sensor, sin tener contacto físico con los mismos. Los sensores de inductivos se clasifican más o menos en los siguientes tres tipos, de acuerdo con su principio de funcionamiento: el tipo de oscilación de alta frecuencia que utiliza la inducción electromagnética; el tipo magnético que emplea un imán; y el tipo de capacitancia que aprovecha los cambios en la capacidad eléctrica.

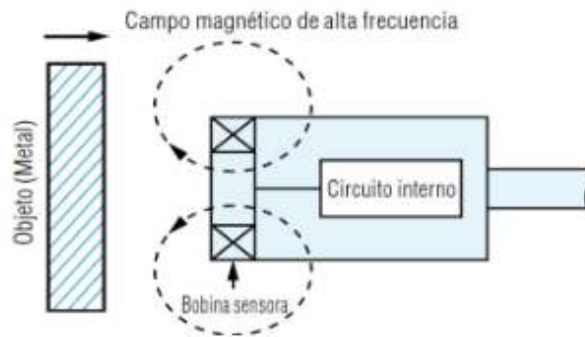


**Figura 1.** Sensores inductivos.

#### 5.3.1 Principio de funcionamiento del sensor inductivo.

Un campo magnético de alta frecuencia es generado por la bobina en el circuito de oscilación. Cuando un objeto se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción (corriente de Foucault) en el objeto como se muestra en la (ver Fig. 2), debido a la inducción electromagnética. Conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de corriente de inducción, lo cual provoca que la carga en el circuito de oscilación crezca. Entonces, la oscilación se atenúa o decrece. El

sensor detecta este cambio en el estado de oscilación mediante el circuito de detección de amplitud, y emite una señal de detección.



**Figura 2.** Acercamiento del objeto metálico y circuito interno

#### 5.4 Sensor capacitivo.

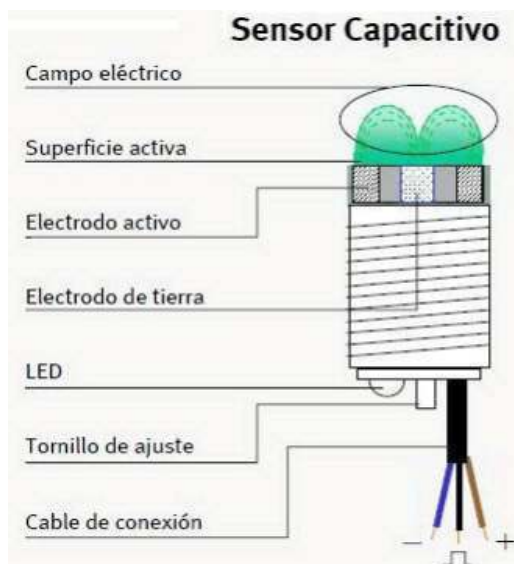
Sensor capacitivo (ver Fig. 3). Es un tipo de sensor eléctrico. Los sensores capacitivos (KAS) reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.



**Figura 3.** Sensor capacitivo.

### 5.4.1 Principio de funcionamiento.

Desde el punto de vista puramente teórico, se dice que el sensor está formado por un oscilador cuya capacidad la forman un electrodo interno (parte del propio sensor) y otro externo (constituido por un cable (ver Fig. 4) conectada a masa). El electrodo externo puede estar realizado de dos modos diferentes; en algunas aplicaciones dicho electrodo es el propio objeto a censar, previamente conectado a masa; entonces la capacidad en cuestión variará en función de la distancia que hay entre el sensor y el objeto. En cambio, en otras aplicaciones se coloca una masa fija y, entonces, el cuerpo a detectar utilizado como dieléctrico se introduce entre la masa. La placa activa, modificando así las características del condensador equivalente.



**Figura 4.** Sensor capacitivo.

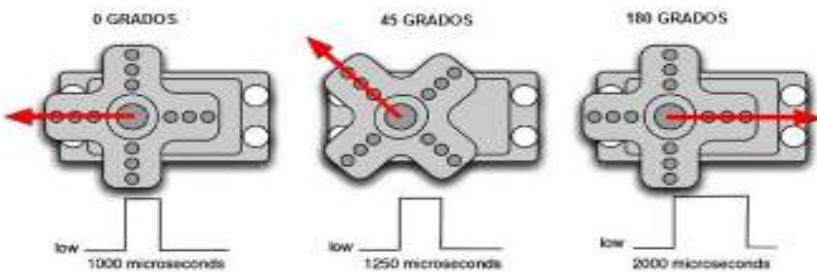


## 5.5 Servomotor.

Un servomotor (ver Fig. 5) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición de cero grados 45 grados y 180 grados dentro de su rango de operación (ver Figura 6.), y mantenerse estable en dicha posición. Es también un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.



**Figura 5.** Servomotor.

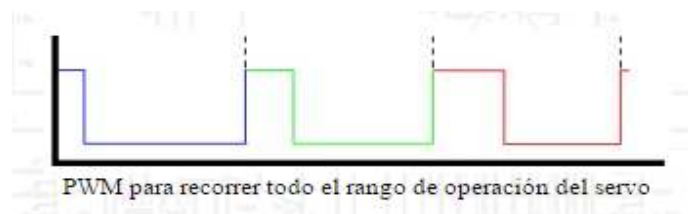


**Figura 6.** Posiciones del eje del servo

### 5.5.1 Funcionamiento del servomotor.

La modulación por anchura de pulso, PWM (Pulse Width Modulation), es una de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee.

Para la generación de una onda PWM (ver Fig.7) en un micro controlador, lo más habitual es usar un time y un comparador (interrupciones asociadas), de modo que el micro controlador quede libre para realizar otras tareas, y la generación de la señal sea automática y más efectiva. El mecanismo consiste en programar el time con el ancho del pulso (el período de la señal) y al comparador con el valor de duración del pulso a nivel alto. Cuando se produce una interrupción de overflow del timer, la subrutina de interrupción debe poner la señal PWM a nivel alto y cuando se produzca la interrupción del comparador, ésta debe poner la señal PWM a nivel bajo. En la actualidad, muchos micro controladores, como el 68HC08, disponen de hardware específico para realizar esta tarea, eso sí, consumiendo los recursos antes mencionados (timer y comparador).



**Figura 7.** Ondas PWM.

## 5.6 Controlador PLC.

El PLC (ver Fig.8) es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por tu proceso, pues podrías estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos te solucionan el problema y se pagan solos.



**Figura 8.** Controlador PLC.

### 5.6.1 Funcionamiento.

- Elemento dividido por la mitad
- Suave a la torsión
- Bujes intercambiables
- Instalación fácil
- Excelente amortiguación de vibraciones
- Alta capacidad de desajuste
- No requiere lubricación

## 5.7 Contactares.

Un contactor (ver Fig.10) es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

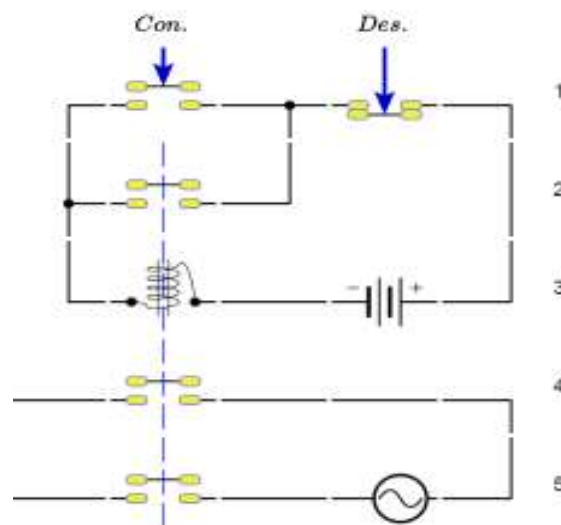


**Figura 10.** Contactor eléctrico del control de la máquina flow pack record jaguar.

### 5.7.1 Conectividad del contactor.

En la Figura 11 se puede observar un ejemplo de aplicación de un contactor, para conectar las salidas bifásicas de un generador. Se pueden ver dos circuitos, el de los niveles 1, 2 y 3, de maniobra, donde están los pulsadores de conexión y desconexión, la bobina del contactor, su

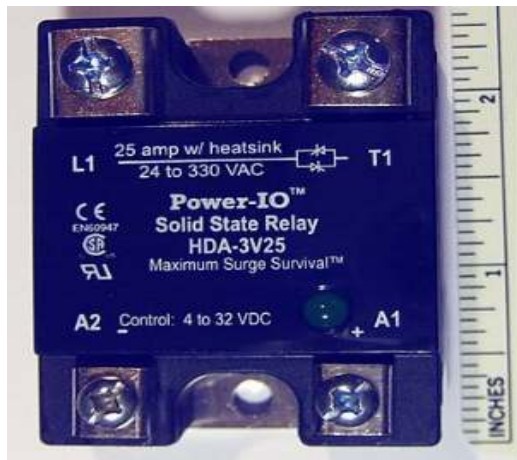
contacto auxiliar, y la fuente de alimentación del circuito de maniobra. En los niveles 4 y 5, de fuerza, están el generador bifásico y los contactos del contactor que conectan o desconectan las salidas. El contactor del ejemplo tiene un contacto auxiliar para su realimentación, la bobina y dos contactos de fuerza en la parte inferior, esquematizado en la línea azul a trazos vertical. El funcionamiento del mecanismo es el siguiente: mediante los pulsadores se conecta y desconecta la bobina del contactor al pulsador que esté conectado en circuito paralelo con el contacto auxiliar. Una vez la bobina es desenergizada, se autoalimenta y no necesita que el pulsador start siga pulsado. Si se pulsa stop se corta la alimentación a la bobina, que se desenergiza desconectándose tanto su realimentación por el contacto auxiliar, como la salida del generador por los contactos de fuerza. Si se pulsa simultáneamente start y stop. El contactor se desactiva, dado que stop. Corta la alimentación a la bobina, independientemente de la posición de start. O del contacto auxiliar. Este mismo mecanismo puede emplearse para poner en marcha un motor, conectándolo o desconectándolo de una fuente de alimentación exterior. El número de contactos de fuerza puede ser mayor.



**Figura 11.** Circuito de la conexión eléctrica del contactor.

## 5.8 Relés de estado sólido.

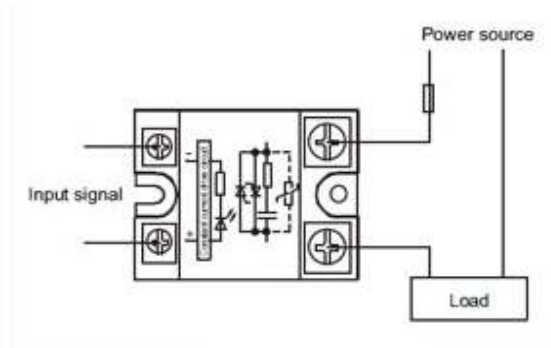
El relé de estado sólido (ver Fig.12) es un dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control. Los SSR consisten en un sensor que responde a una entrada apropiada (señal de control), un interruptor electrónico de estado sólido que conmuta el circuito de carga, y un mecanismo de acoplamiento a partir de la señal de control que activa este interruptor sin partes mecánicas. El relé puede estar diseñado para conmutar corriente alterna o continua. Hace la misma función que el relé electromecánico, pero sin partes móviles.



**Figura 12.** Relé de estado sólido del control.

### 5.8.1 Funcionamiento del relé.

La entrada de control de un relevador de estado sólido está internamente conectada a un indicador luminoso LED que enciende cuando la entrada ha sido energizada. La energía luminosa emitida por el LED es recibida por un sensor luminoso conectado a un transistor que abre o cierra una compuerta (ver Fig.13) la conexión de las entradas y salidas del relé. Cuando el transistor se encuentra en estado cerrado la corriente de salida puede pasar libremente por los bornes de salida del relevador permitiendo así energizar la carga eléctrica. Cuando el transistor se encuentra en estado abierto casi toda la corriente es bloqueada, con ello se causa que la carga eléctrica esté desconectada de la fuente de alimentación. La ventaja principal del relevador es que permite aislar la etapa de control de la etapa de potencia, esto lo logra a través del uso de un opto acoplador que permite acción a distancia.



**Figura 13.** Conexión entrada y salidas del relé de estado sólido.

## 5.9 Servo drive.

Un servo drive (ver Fig.13) es un amplificador electrónico especial utilizado para alimentar servomecanismos eléctricos. Un servomotor supervisa la señal de realimentación del servomecanismo y se ajusta continuamente para desviación del comportamiento esperado.



**Figura 14.** Servo drive.

### 5.9.1 Funcionamiento del servo drive.

Un servo drive recibe una señal de comando de un sistema de control, amplifica la señal y transmite corriente eléctrica a un servomotor para producir un movimiento proporcional a la señal de comando. Típicamente, la señal de mando representa una velocidad deseada, pero también puede representar un par o posición deseada. Un sensor conectado al servomotor reporta el estado real del motor al servo drive. A continuación, el servo drive compara el estado real del motor con el estado del motor controlado. A continuación, altera la frecuencia de tensión o el ancho de pulso del motor para corregir cualquier desviación del estado de mando. <sup>[1]</sup>



En un sistema de control configurado apropiadamente, el servo motor gira a una velocidad que se aproxima muy de cerca a la señal de velocidad recibida por el servo drive desde el sistema de control. Se pueden ajustar varios parámetros, tales como rigidez (también conocida como ganancia proporcional), amortiguación (también conocida como ganancia derivada) y ganancia de realimentación, para lograr este rendimiento deseado. El proceso de ajuste de estos parámetros se llama ajuste de rendimiento . Aunque muchos servomotores requieren una unidad específica para esa marca o modelo de motor en particular, ahora están disponibles muchas unidades que son compatibles con una amplia variedad de motores.

### 5.9.2 Componentes de un servo drive.

En la Figura 15, se muestra cada parte del servo drive.

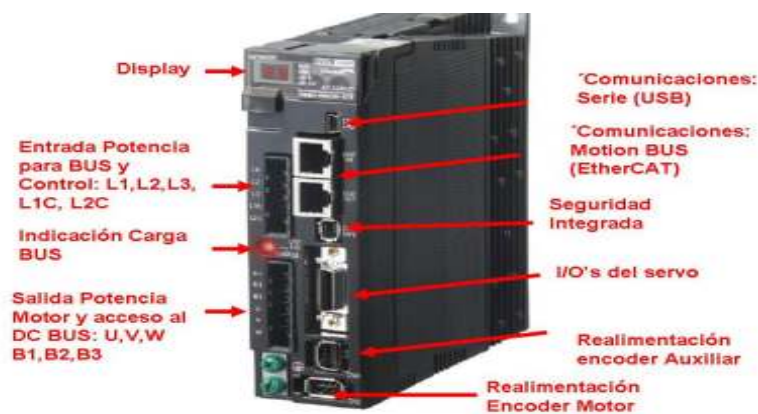


Figura 15. Servo drive.

## **6. Metodología experimental.**

- Documentar el histórico de los paros de producción por fallas en la empacadora individual flow pack recor jaguar con base en los reportes diarios del personal operativo y definir costos asociados a cada uno de los paros por fallas de tipo mecánica y eléctrica.
- Determinar los puntos críticos donde la máquina falla constantemente generando paros de producción.
- Realizar el montaje de los componentes en la máquina, para disminuir los paros de producción por fallas de tipo mecánica y eléctrica. Los componentes a instalar serán: servomotores, contactores, acoples mecánicos omega, controladores, pantalla de control, servo drive y demás elementos necesarios para el repotencializarían.
- Ajustar los parámetros de control del equipo mediante el software studio 5000 (programa de diseño de control) e insertar comando para el manejo de la maquina para la producción en serie de la referencia de galletas wafer 18x4 y wafer taco 34 gramos.
- Realizar un comparativo de los paros de producción por fallas de antes de la repotencialización y después de la repotencialización.
- Realizar informe final donde especifique los resultados (producción antes y después de la reforma con los costos asociados)



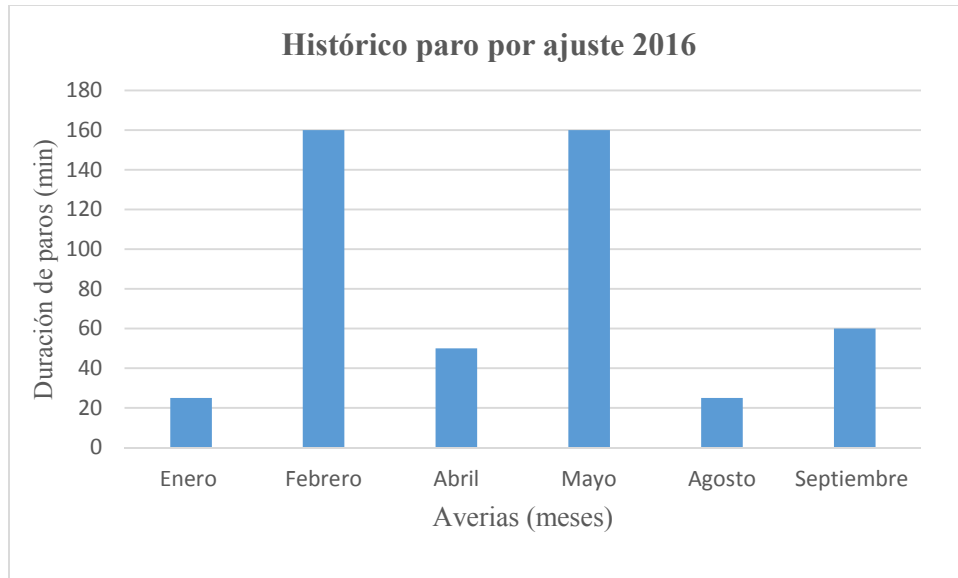
## **8. Resultados.**

Los resultados han sido muy satisfactorios ya que se ha logrado el objetivo principal por el cual fue reformada y repotencializada la máquina Flow Pack Record Jaguar modelo 1993 que es aumentar la productividad, confiabilidad y disponibilidad.

### **8.1 Histórico de los paros de producción y costos asociados.**

Durante el año 2016 se registraron paros de producción en la máquina individual flow pack recor jaguar por calibración y ajustes en sus componentes como transmisión de potencia y sellados longitudinales y transversales en la Figura 16, se observa el número de paros por ajustes durante el año dos mil dieciséis ocasionando pérdidas de dinero y retrasos en la entrega del producto terminado.

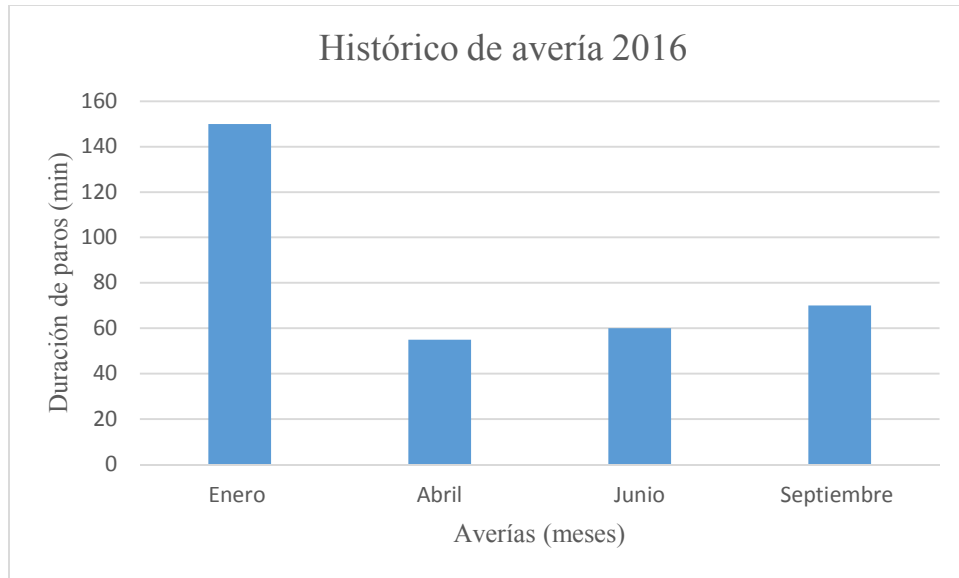
En la Figura 16 se observan treinta y cuatro paros durante el año 2016. Para realizar los cálculos y determinar las pérdidas de producción y dinero de acuerdo con la información suministrada en la figura. Es necesario sumar los 34 paros registrados durante el año 2016 con su respectivo tiempo de paro, la suma de los tiempos de paros arroja que durante todo el año la máquina estuvo parada 630 minutos y por ende al multiplicar el tiempo de paro por la velocidad de producción de la máquina es decir 220 paquetes/minutos se determina que dejó de producir 138600 paquetes en todo el año 2016. Para determinar el dinero perdido por los paros de producción, es el resultado de multiplicar 138600 paquetes que dejó de producir por el valor del cada paquete \$ 200,00 pesos el cálculo arroja unas pérdidas de dinero de \$ 27 720 000 millones de pesos en el año 2016.



**Figura 16** Histórico paros por ajustes 2016.

### **8.1.1 Histórico de paros por averías durante el año 2016 y costos asociados.**

Durante el año 2016 se registraron paros de producción en la máquina individual FLOW PACK RECOR JAGUAR por reparación en sus componentes como transmisión de potencia y sellados longitudinales y transversales. en la Figura 17, se observa el número de paros por averías durante el año dos mil dieciséis ocasionando pérdidas de dinero y retrasos en la entrega del producto terminado.



**Figura 17.** Histórico de averías 2016.

En la Figura 17 se observa cuatro paros por avería durante el año 2016 en el eje X observamos el mes en que ocurrió la reparación o avería y en el eje Y el tiempo en minutos que tardo la reparación. Teniendo en cuenta la información suministrada en la Figura 17 se analizan las pérdidas de producción y dinero durante el año 2016 por los paros ocasionados por elementos averiados. Al sumar las cuatro averías con su respectivo tiempo que tardo la reparación se obtiene un tiempo total de 330 minutos lo significa que se mantuvo para 330 minutos en todo el año 2016 por reparación. Las pérdidas de producción se pueden calcular multiplicando 330 minutos de paro por la velocidad de la máquina 220 paquetes / minutos. El resultado de la multiplicación deja pérdidas de producción de 72,600 paquetes individuales y al multiplicar los paquetes que dejo de producir por \$ 200 00 pesos se determinan las pérdidas de dinero por los paros ocurridos \$ 14 520 000 pesos

### **8.1.2 Paros de producción por ajustes en la máquina individual flow pack recor jaguar.**

Los paros de producción son generados por excesos de averías y ajustes en la parte del sellado longitudinal ya que las temperaturas son inestables, sellado trasversal por paquetes machacados esto ocurre por el desajuste de los cardanes, transmisión principal por piñones desalineada y desgastada. Estos paros generan retrasos tanto en la trazabilidad y entrega del producto terminado y generando grandes pérdidas de dinero y la fidelidad de algunos clientes.

### **8.2. Puntos críticos que ocasionan paros de producción en la máquina flow pack recor jaguar.**

Los puntos críticos de la máquina empacadora individual son aquellos puntos que generan un paro de producción por fallas y des calibración como el punto del sellado transversal, este punto es crítico ya que genera mucha inconsistencia en el corte y sellado del papel de empaque debido a que el movimiento es transmitido desde el motor hasta el sellado transversal por un acople tipo cardan este cardan está compuesto por una articulación en cruceta, la cruceta presenta desgastes prematuros y por ende transmite un movimiento no adecuado al sellado transversal cuando el movimiento del sellado transversal es inadecuado no sincroniza el corte es cuando genera pérdidas de producción por paquetes mal sellados. Debido a esta inconsistencia y descalibración constantes en el sellado transversal se cambiar el acople tipo cardan por un acople omega acompañado de un servomotor que permite movimientos independientes al resto de la transmisión y posicionarse en el punto exacto del corte del papel de empaque

Otros de los puntos críticos de la máquina empacadora individual es el punto donde la máquina realiza el sellado longitudinal. Este sellado consta de transmisión principal compuesta por un

sistema de transmisión por eje y piñones conductor y conducido estos piñones generan desgastes debido al calentamiento que se generan entre piñón conductor y piñón conducido cuando esto sucede transmite un movimiento al sellado longitudinal inadecuado que genera mal sellado del paquete y es donde es necesario para producción. Para la solución de este problema se instaló un servomotor que permite movimiento preciso al sellado longitudinal y acoplado directamente al eje principal con una polea y con correa dentada.

### **8.3 Instalación de elementos necesarios para la repotencialización.**

La instalación de los elementos necesarios para el funcionamiento óptimo de la máquina empacadora flow pack recor jaguar se realiza en dos etapas en la primera etapa se realizó el montaje de los componentes eléctricos en el tablero de control. Los elementos eléctricos incluidos en el montaje fueron sensores, contactares, servo drive, relés de estado sólido, pantalla de control y demás elementos eléctricos.

En la segunda etapa se realizó el montaje mecánico de los servomotores, acoplemos omegas con disipador de calor y las poleas conductoras y conducidas con su respectiva correa dentada.

Una vez se realizó el montaje se insertó el programa de control y encender la máquina y ensayo en vacío.



#### **8.4 Ajustes de los parámetros insertados en la máquina flow pack recor jaguar.**

La máquina individual flow pack recor jaguar trabaja las referencias wafer 18 x 4 y taco 34 gramos por eso es necesario programar la máquina empacadora individual con software STUDIO 5000 que es capaz de insertar el programa con los parámetros necesario para garantizar el buen funcionamiento de la máquina. En el software del diseño del PLC (control lógico programable) se insertaron parámetros como longitud del papel de empaque, longitud del maquete, ancho del paquete, velocidad mínima de la máquina, velocidad máxima de la máquina en función de paquetes por minutos, posiciones de las mordazas 90°, 180°, 270° y 360°, posición de red de la máquina, star, stop, y parada de emergencia. Con estos parámetros la máquina está a punto para el funcionamiento.

#### **8.5 Comparativo de antes y después de la reforma de la máquina empacadora individual flow pack recor jaguar.**

##### **8.5.1 Paros de producción por averías antes y después de la reforma**

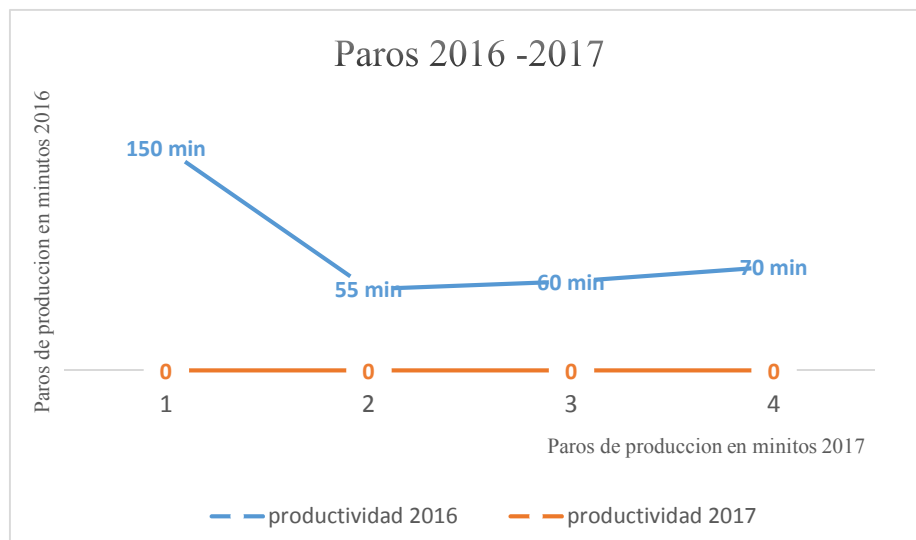
En la Tabla 2 se puede observar al lado izquierdo el histórico de las de averías ocurridas en año 2016 acompañada del tiempo que tardo la máquina parada por la reparación del elemento y la descripción del elemento que fallo, en el año 2016 se registraron 335 minutos de paro de producción por reparaciones dejando pérdidas de producción de 73700 paquetes y de dinero \$14 740 000 pesos.

Al lado derecho se observa el histórico de las averías de todo el año corrido del 2017 después de la reforma hasta la fecha no se has reportado paradas de producción por averías después de la reforma es decir cero perdidas de dinero y producción.

**Tabla 2.** Comparativo de averías antes y después de la reforma

AVEROAS DURANTE EL AÑO 2016				AVERIAS DURANTE EL AÑO 2017			
AVERIAS ANTES DE LA REFORMA				AVERIAS DESPUES DE LA REFORMA			
NUMERO DE AVERIAS	SEMANA DEL PARO POR LA AVERIA	DURACION EN MINUTO DE LA AVERIA	DESCRIPCION DE LA AVERIA	NUMERO DE AVERIAS	SEMANA DEL PARO POR LA AVERIA	DURACION EN MINUTO DE LA AVERIA	DESCRIPCION DE LA AVERIA
1	4	150	Cambio de cardan	0	0	0	0
2	16	55	Cambio de cuchillas de corte	0	0	0	0
3	26	60	Cambio piñon conducido	0	0	0	0
4	35	70	Cambio de eje motriz	0	0	0	0
	TOTAL MINUTOS DE PARO AÑOS 2016	336				TOTAL MINUTOS DE PARO AÑOS 2017	0

En la Figura 18 se observa la línea de color azul no es constante es decir que la duración de las fallas no tiene un patrón de ocurrencia tampoco tiempos constante en la reparación, algo que genera desconfianza cuando se va arrancar producción porque en cualquier momento puede fallar. En la línea naranjada que representa los paros por averías del 2017 después de la reforma indica que no se registraron paros de producción por averías generando confiabilidad y rentabilidad.

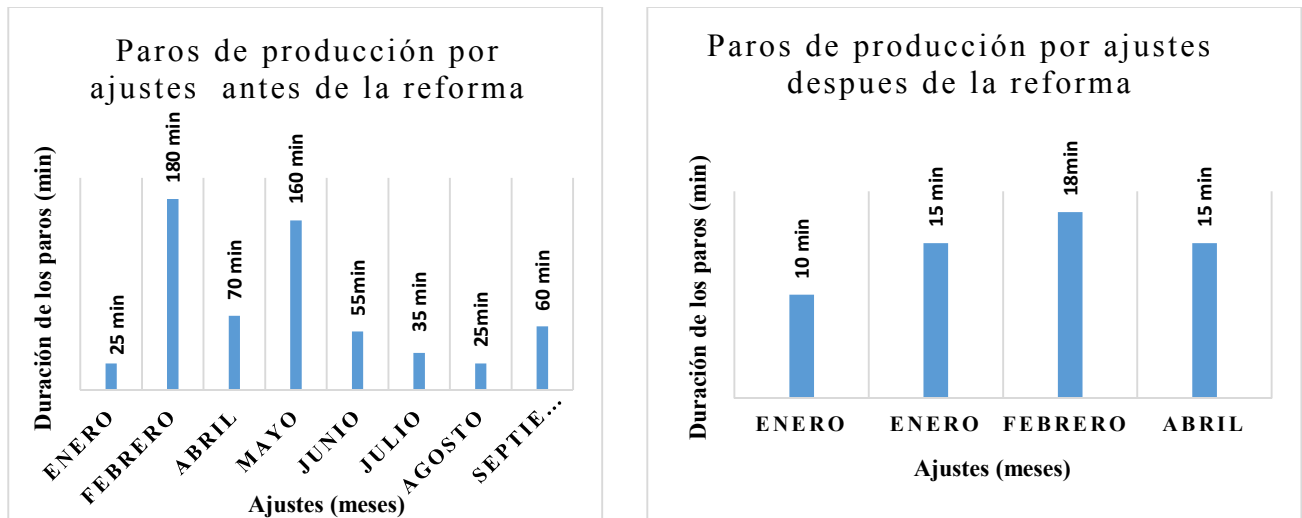


**Figura 18.** Paros de producción por averías antes y después de la reforma.

### 8.5.2 Comparativo de ajustes antes y después de la reforma.

En la Figura 19 se observa el comparativo de antes de la reforma y después de la reforma. Antes de la reforma se registraron 34 paros por ajustes en todos los años 2016 y con una sumatoria de tiempo de reparación de 610 minutos de paro como se muestra en la Figura 19, dejando de procesar y de empacar 134200 paquetes que significa una gran baja de comercialización en el mercado nacional e internacional.

Después de la reforman se registran 4 paros de producción con una sumatoria de tiempo de reparación de 58 minutos que significa que dejo de producir 12760 es decir que al comparar los datos anteriormente misionados disminuyo los paros de producción y aumento la productividad en 94%.



**Figura 19.** Comparativo de ajustes de antes y después de la reforma.

### 8.5.3 productividad antes de la reforma y después de la reforma.

De acuerdo con la información registrada de antes y después de la reforma se obtiene el comparativo de la productividad de la máquina empacadora flow pack recor jaguar como se observa en la Figura 20. Después de la reforma se ha registrado una disminución de paros por fallas mecánicas y eléctricas, aumentando la productividad, confiabilidad y efectividad en un 94% con respecto al año anterior es decir antes de la reforma.

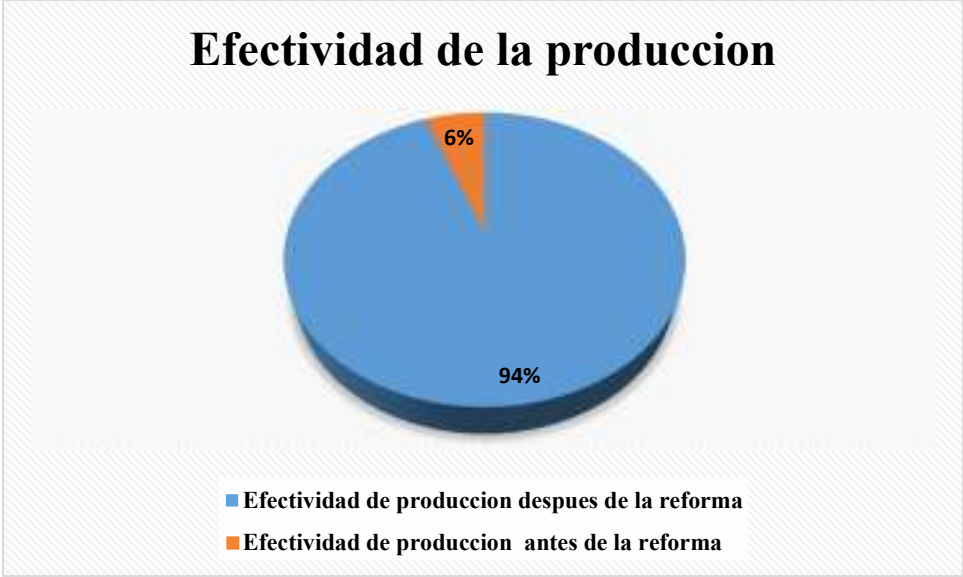


Figura 20. Productividad actual

## **9. Conclusiones.**

La reforma y actualización tecnológica de la máquina Flow Pack Record Jaguar modelo 1993 es un éxito total ya que se lograron los objetivos disminuir los paros constantes por ajustes y averías en sus componentes obsoletos y deteriorados, y aumentar su productividad, disponibilidad y efectividad en un 94% por ciento. Esto a los cambios efectuados en sus componentes de su transmisión de potencia.

La reforma de la máquina ha permitido aumentar la productividad de 195 paquetes por minuto a 245 a 250 paquetes por minutos algo que es muy satisfactorio para el área de producción ya que aumenta su producción aumenta las ventas al mercados nacional e internacional.

## 10. Referencias.

- [1] <http://www.record.it/packaging-machines-and-equipments/horizontal-flow-pack-machine-hffs/jaguar-top-seal-en-gb/>.
- [2] <http://ab.rockwellautomation.com/es/>.
- [3] [www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html](http://www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html).
- [4] [panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/](http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/).
- [5] <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>.
- [6] [www.rexnord.com/ContentItems/TechLibrary/Documents/4000sp\\_Catalog](http://www.rexnord.com/ContentItems/TechLibrary/Documents/4000sp_Catalog).