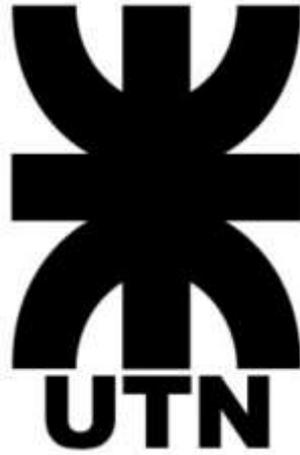


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional de San Rafael



Práctica profesional supervisada
Informe final “Yancanelo SA”

Aumento de la eficiencia en la operación y puesta a punto de línea de fraccionamiento en Lata en planta industrial. Elaboración de plan de mantenimiento para maquinarias empleadas para el envasado de aceite de oliva virgen extra en Lata.

Profesores:

Ing. Boschín, Edgardo

Ing. Membrive, Luis

Alumno:

Alonso, Joaquín

Legajo: 7949

Fecha de presentación: 27/06/2023

Contenido

Introducción.....	4
Objetivo general de las PPS	4
Objetivos específicos de las PPS	4
Alcances – Impactos.....	4
Desarrollo	5
Parte I: Instructivos de trabajo.....	5
Situación actual:	5
Propuesta: Elaboración de Instructivo de trabajo	5
Instructivo de trabajo – Línea de fraccionamiento en Lata	6
Puesta a punto de la línea de fraccionamiento en Lata:.....	6
Propósito:.....	6
Alcance:.....	6
Objetivo:.....	6
Responsables:	6
Diagrama del procedimiento:	7
Descripción del proceso:	7
Registros:.....	8
Cambios en esta versión:	8
Operación/manejo de línea 2 (fraccionamiento en Lata):.....	9
Propósito:.....	9
Alcance:.....	9
Objetivo:.....	9
Responsables:	9
Descripción del proceso:	9
Registros:.....	10
Cambios en esta versión:	10
Fase II: Programa de mantenimiento Línea de fraccionamiento en Lata	11
Contexto operacional de la organización:	11
Diagrama de flujo de procesos:	12
Programa de trabajo:.....	13
Lista y Codificación de Equipos.....	13
Análisis de criticidad:	14
Matriz de criticidad:	14
Análisis de fallos y costos de mantenimiento anuales:.....	15
Llenadora:.....	15
Tapadora:.....	15

Etiquetadora:.....	16
Inkjet de sellado:.....	16
Cinta transportadora:	16
Criticidad global de los equipos que integran la línea:.....	17
Criticidad	17
Observaciones:	17
Asignación del modelo de mantenimiento:	18
Formas de actuación ante un fallo:	19
Equipos con modelo de alta disponibilidad:.....	19
Equipos con modelo de Mantenimiento Sistemático:	19
Equipos con modelo de Mantenimiento Condicional:.....	19
FICHA TECNICA DEL EQUIPO CRITICO	20
Plan de mantenimiento basado en confiabilidad	21
Sistemas Funcionales y Elementos: Codificación	22
Codificación de elementos componentes de cada sistema:	22
Análisis funcional del equipo:	23
Hoja de Información basada en RCM:	24
Hoja de Decisión basada en RCM.....	25
Rutas y gamas:.....	30
GAMAS:	30
Rutas de mantenimiento:	32
Gestión de repuestos:.....	36
Determinación del repuesto que debe permanecer en stock:	36
Determinación del repuesto por tipo de aprovisionamiento:	36
GESTIÓN DE REPUESTOS	¡Error! Marcador no definido.
Evaluación económica del programa de mantenimiento:.....	37
Estructura de costos:.....	37
Justificación del plan de mantenimiento:	42

Introducción

Yancanelo es una de las aceiteras más grandes de la región de Mendoza, que fabrica su propio producto y lo fracciona previamente a comercializarlo. La empresa enfrenta nuevos desafíos impuestos por el mercado y la demanda de los productos finales que ofrecen se encuentran en constante crecimiento.

En el sector de fraccionamiento de la planta productora se identifican ineficiencias en lo que respecta a puesta en marcha de las maquinarias, tiempos improductivos por paradas innecesarias y tareas de mantenimiento ejecutadas al observar averías o anomalías de funcionamiento en los equipos. Esto último se sobrepone a su vez con los tiempos de operación de las máquinas. En base a lo planteado precedentemente se observa la necesidad de establecer un instructivo en el que se describa como debe ser realizada la puesta en marcha y la operación de cada equipo, obteniendo a su vez un registro de los tiempos que afectan a la productividad de la línea. Por otra parte, se identifica la posibilidad de evaluar, modificar y/o confeccionar un plan de mantenimiento que se adecúe específicamente a los requisitos que demanda cada equipo y éste se programe en tiempos que no afecten a la producción.

Los posibles beneficios que se proyectan lograr son: prolongar la vida útil de cada equipo utilizado, como su disponibilidad e incrementar la eficiencia del proceso de fraccionamiento de productos alimenticios obtenidos por la organización Yancanelo SA.

Objetivo general de las PPS

Aumentar la productividad de las líneas de fraccionamiento de productos alimenticios fabricados por la empresa Yancanelo SA, diseñando un instructivo de operación de cada máquina que compone la línea de fraccionamiento en Lata y estableciendo un plan de mantenimiento adecuado y específico, basado en confiabilidad, para los equipos que se emplean en esta área de la planta industrial.

Realizar un estudio económico – técnico para ver la conveniencia de realizar la mejora del plan de mantenimiento actual de la línea de fraccionamiento en envases Lata.

Objetivos específicos de las PPS

- Recopilar información acerca de las maquinarias específicamente empleadas en el proceso de fraccionamiento y el diagrama de trabajo que se desempeña en esta sección de la planta.
- Analizar el proceso de fraccionamiento de AOVE en envases Lata en su respectiva línea.
- Simplificar actividades que se realizan cuando las máquinas fraccionadoras se encuentran en pausa o a ritmo de trabajo lento y convertirlas en actividades que puedan ser resueltas cuando el equipo se encuentra en funcionamiento regular, antes de comenzar o luego de finalizar el lote de producción asignado.
- Plantear mejoras que permitan aumentar la productividad del proceso de fraccionamiento.
- Evaluar el plan de mantenimiento actual de cada equipo que compone la línea de fraccionamiento en Lata y registrar todas las actividades de mantenimiento realizadas en cada uno y el historial de fallas que imposibilitaron cumplir con sus funciones (o alguna de estas).
- Diseñar un plan de mantenimiento distinto al aplicado actualmente si las necesidades de los equipos lo ameritan.
- Evaluar económicamente las propuestas de mejora planteadas considerando la situación actual de la organización a modo de determinar la viabilidad de llevarlas adelante.

Alcances – Impactos

Conseguir una metodología de trabajo que permita disminuir ineficiencias y paradas innecesarias en línea de fraccionamiento en Lata, reduciendo costos operativos y de oportunidad por no producir. Prolongar la disponibilidad y vida útil de los equipos utilizados en la línea de fraccionamiento en lata a modo de que estos cumplan las funciones que el usuario desea durante el tiempo destinado a producción.

Desarrollo

El desarrollo del informe de las prácticas se subdivide en dos partes o secciones. La primera de estas indaga en la construcción de un instructivo de trabajo para ejecutar las funciones de puesta a punto y operación/manejo de la línea de fraccionamiento en Lata en la planta industrial de Yancanelo. La segunda sección describe el proceso de elaboración del programa de mantenimiento para la misma línea, evaluando la situación actual y estableciendo una propuesta de mejora.

Parte I: Instructivos de trabajo

Un instructivo de trabajo es un documento escrito con pasos claros y precisos, con una secuencia definida y una descripción correcta, que deben realizarse para llevar a cabo una tarea en específico con eficacia y la máxima eficiencia posible.

Una instrucción de trabajo es importante ya que proporciona una estructura para ejecutar un trabajo de forma exitosa. Estas sostienen y respaldan los procesos diarios realizados por la organización.

Situación actual:

En sala de fraccionamiento no existe evidencia o registro de algún instructivo de trabajo o guía para llevar a cabo la puesta a punto de las líneas de fraccionamiento ni tampoco para la operación de esta. La información es conocida por los supervisores de las líneas y se transmite por comunicación “boca a boca” entre supervisores de líneas y el personal operario.

Se observa que en muchas ocasiones los operarios no conocen con seguridad la forma en la que deben reaccionar al presentarse un evento no habitual operando la línea. Esto último, generalmente, conlleva a parar la línea completa, llamar a supervisores o personal de mantenimiento y obtener una solución al problema hasta volver a un estado de situación regular. Dentro de estos eventos se pudo registrar:

- Los pistones neumáticos que detienen a las latas golpean a las mismas y ocasionan derrames o daños en el envase.
- Los picos de llenado no se encuentran calibrados correctamente ya que no están centrados con los orificios superiores de los envases.
- Las tapas no se incrustan correctamente en estación de tapado. La tapa queda por fuera, o ingresa en dirección no axial y abolla la lata.
- El sellado se produce en zona donde la botella se encontraba manchada con aceite.
- Algún sensor de presencia capta el movimiento de un operario (por fuera de la línea) y se acciona el movimiento de una máquina o pistón neumático que no debía ser realizado.
- Las guías metálicas de la cinta transportadora no permiten que el envase se encuentre centrado con los picos de llenado y en ocasiones generan atascos de latas y golpes bruscos. Estos eventos generan derrames y paradas de la línea para realizar limpieza y reajuste.
- El extremo de la boquilla de llenado golpea con el borde superior del envase a rellenar, lo cual genera vibraciones y salpicaduras.
- Algunas latas arriban a estación de revisión y empaque con manchas de aceite o abolladuras en la parte superior del envase.

Propuesta: Elaboración de Instructivo de trabajo

Un instructivo de trabajo es un documento en el que se detallan pasos claros y precisos que deben cumplirse para realizar un proceso específico.

Por medio de instrucciones de trabajo claras, coherentes y precisas se puede mejorar la eficiencia en el lugar de trabajo, conservar los estándares de calidad, guiar la secuencia de tareas, obtener registros u observaciones del procedimiento realizado, disminuir pérdidas de producto, mitigar la aparición de accidentes y aumentar el rendimiento del personal y de la línea operada.

Las instrucciones de trabajo son fundamentales para el éxito de las organizaciones ya que gracias a éstas se sostienen y respaldan los procesos de las actividades diarias.

Instructivo de trabajo – Línea de fraccionamiento en Lata

	Yancanelo SA
	Fraccionamiento de AOVE en Lata
	Referencia de la norma ISO 9001-2015

Puesta a punto de la línea de fraccionamiento en Lata:

Propósito:

Conseguir una óptima regulación y ajuste de toda la línea de fraccionamiento en función de que cada una de las máquinas y accesorios de máquinas se encuentren a disposición de obtener un producto en una presentación específica deseada.

Alcance:

Este instructivo está elaborado para el conocimiento y la difusión del procedimiento para poder regular la línea de fraccionamiento en lata. Está dirigido a todo el personal operativo de fraccionamiento, supervisores de líneas de fraccionado y personal de mantenimiento responsable de esta área.

Objetivo:

Ordenar, detallar y optimizar las tareas requeridas para lograr una efectiva puesta a punto de la línea de fraccionamiento en el menor tiempo posible. Identificar riesgos a mitigar durante el procedimiento como a su vez conocer que herramental y/o insumos son necesarios.

Responsables:

Operarios de trabajo: persona que desempeña una actividad manual, manejo de máquinas y de herramientas con objeto de cumplir/colaborar con un proceso productivo. Debe cumplir las normas de seguridad establecidas para el procedimiento de trabajo dictadas.

Supervisor de línea: operario encargado de que las actividades a realizar en un proceso productivo se concreten con eficacia y máxima eficiencia como a su vez, se respeten las normas de seguridad atribuidas al mismo. El supervisor de línea debe ejecutar tareas en donde la complejidad de esta amerite su intervención.

Personal de mantenimiento: operarios técnicos preparados para realizar la revisión, ajustes, diagnóstico, acondicionamiento y reparación de las instalaciones y maquinaria de la línea.

Diagrama del procedimiento:

(El diagrama correspondiente se encuentra en otro archivo word y excel ya que debí quitarlo para reducir el tamaño a 1MB o menos para enviarlo en el formulario. Ante cualquier consulta pedir por e-mail: joaquinmanuelalonso@gmail.com)

Descripción del proceso:

En este apartado se establece la descripción de la secuencia de actividades realizadas en el proceso de puesta a punto de la línea. Aquí se detalla, además, la maquinaria afectada por la tarea, el encargado de llevarla a cabo y, de ser necesario, el herramental requerido para poder ejecutarla.

INSTRUCTIVO DE PUESTA A PUNTO L2 (FRACCIONAMIENTO EN LATA)

N	OPERACION	MAQUINA	ENCARGADO	HERRAMENTAL	DESCRIPCION DE LA TAREA
1	Conectar alimentación y presión neumática	Llenadora	Supervisor	-	Girar la perilla de alimentación de corriente eléctrica a encendido para poder controlar el panel de control y accionar el cilindro buzo.
2	Cambiar el disco del eje (llenadora) correspondiente al envase a utilizar	Llenadora	Supervisor	Conjunto de llaves	Se retira el disco utilizado en el eje transmisor de potencia para el envase previo empleando una llave de tuercas número 14 y 11, colocar el disco correspondiente y ajustar con las herramientas.
3	Regular las guías de entrada según el envase	Mesa transportadora	Personal operario	Llaves Allen	Ajustar los soportes laterales de la mesa transportadora para el nuevo envase procurando que el mismo tenga una holgura horizontal de 1 cm, durante todo su recorrido.
4	Colocar en posición correcta los elementos neumáticos en estación de llenado.	Elemento neumático	Personal operario	Llaves Allen	Los elementos neumáticos deben ser colocados con el vástago en su posición de accionamiento, a modo de poder verificar que el mismo puede detener las botellas en el llenado y aquellas que se encuentran en espera por detrás de las que se llenan, sin golpearlas para que no las corra de su posición.
5	Regular la altura de las boquillas de llenado	Llenadora	Personal operario	-	Accionar el cilindro buzo (posición 0) y realizar la regulación de la altura de las bocas de llenado para cada envase utilizando la varilla roscada colocada en el elemento estructural. Se identifica una rueda de color rojo. Si la misma se gira de forma horaria, los picos aumentan su altura; si se gira en sentido antihorario las bocas de llenado bajan en altura.
6	Regular distancia horizontal entre picos de llenado	Llenadora	Personal operario	Conjunto de llaves	Por detrás de las bocas de llenado se observan unos soportes que las sujetan a un elemento estructural horizontal. Se deben desajustar, buscar la distancia entre bocas que coincidan con los orificios de las botellas (al bajar) y luego se realiza el ajuste para fijarlas. Para esto se emplea una llave de tuercas número 13.
7	Regular sensor de presencia para indicar corte o parada	Sensor de presencia	Supervisor	Llaves Allen	El sensor de latas que mantiene accionada la llenadora debe ser colocado en función de detectar que se encuentran en posición 4 botellas en cola, detrás de las que ya han sido llenadas, para así hacer ingresar a las mismas a la estación de llenado. Dicho esto, el sensor debe ubicarse a la distancia de la cuarta botella en espera. Si ese sitio se encuentra vacío la llenadora debe pararse de forma automática.
8	Verificar las guías y reajustar en su debido caso para que las botellas se encuentren centradas con los picos	Mesa transportadora	Supervisor	Llaves Allen	Chequear nuevamente que las guías permitan que las botellas estén alineadas en su centro con las boquillas de llenado, pero que a su vez no se produzcan atascos.
9	Seleccionar la velocidad correspondiente en el panel de control	Llenadora	Supervisor	-	Colocar la velocidad correspondiente a la lata que se va a fraccionar. Para botellas de 1L se emplea la velocidad número 5 y para botellas de 0,5L la velocidad número 6.
10	Regular máquina tapadora	Tapadora	Supervisor	Conjunto de llaves	Regular la altura del mandril en el que se encuentra colocado el pistón neumático que acciona el vástago para colocar las tapas a presión. El mismo debe ubicarse justo por encima de la tapa en función de que la circunferencia exterior de la tapa de la botella está cubierta por el tapador de forma completa cuando el mismo finaliza su recorrido hasta su punto más bajo.

11	Ajustar pistones neumáticos que detienen a las latas en estación de tapado y a las que se encuentran en fila.	Elemento neumático	Personal operario	Llaves Allen	Colocar pistón sobre la guía en función de que pueda detener a la botella en un punto que pueda quedarse en posición estable y centrada con el tapador. También se debe regular el pistón que frena a la botella que se encuentra en espera para esta misma operación a modo de que no se produzcan colisiones entre estas.
12	Regular sensor de presencia	Tapadora	Personal operario	Llaves Allen	El sensor sujeto a las guías inferiores debe ser colocado en función de poder detectar que existe una botella en espera para ser tapada para poder accionar el pistón tapador. Se coloca por detrás de la lata en estación de tapado, para recibir la señal de dicha lata.
13	Inspeccionar envases en movimiento en estación de tapado	Mesa transportadora	Supervisor	-	Se colocan 2 envases contiguos para analizar el correcto movimiento y posición de tapado de cada botella, evaluando que no existan atascos, que las paradas sean correctas, el sensor detecte bien las próximas latas y que el tapado sea óptimo.
14	Regular inyector de sellado	Inyector de sello	Supervisor	Conjunto de llaves	Se coloca en posición una lata en la estación de sellado (donde se coloca fecha de V y elaboración), luego se desajusta el soporte en donde se encuentra montado el inyector para poder manipular la altura y grado de inclinación en función de que apunte hacia la botella en un sector limpio de letras o bordes. Se requiere realizar movimientos de acercamiento o alejar la mesa en la que se encuentra montada la máquina que abastece de tinta-solvente y envía señales al cabezal.
15	Verificación de la posición final en zona de sellado	Mesa transportadora	Supervisor	-	Evaluar visualmente si la lata colocada recibe la tinta correctamente en la posición que se corresponde cuando pasa por en frente del cabezal. En caso de encontrar alguna anomalía se deben realizar reajustes.
16	Configurar fecha de elaboración y vencimiento	Inyector de sello	Supervisor	-	Cambiar fecha de lote de producción, en donde se indica fecha de elaboración y también se cambia la fecha de vencimiento (2 años después del fraccionado) desde el tablero de control de la máquina inyectora.
17	Controlar la cantidad de tinta y solvente del inyector de sello	Inyector de sello	Supervisor	-	Asegurar que en los depósitos de solvente y de tinta se observe abastecimiento de este insumo por encima de las marcas de seguridad. En caso de que esto no se cumpla, rellenar o emitir una orden de relleno a otro operario ANTES de comenzar con el proceso.
18	Control visual de la línea completa	Mesa transportadora	Supervisor	-	Verificar que toda la línea se encuentre en correcta posición. Para esto se analiza lentamente el movimiento de una o 2 latas durante todo el recorrido, realizando detenciones en cada estación en donde se realizan modificaciones (llenado, tapado y sellado) en el producto, a modo de revisar que cada zona, sin accionar la máquina, se encuentre correctamente regulada.
19	Testear el proceso de forma automática	Línea de fraccionamiento en lata	Supervisor	-	Se colocan 4 envases de lata en la mesa transportadora en la estación de llenado, conectamos el regulador de ingreso de aire en todas las máquinas y elementos neumáticos. Se encienden todos los sensores de presencia. Prender la tapadora y asegurar que existe presión de aire. Se prende la máquina inyectora. Encendemos la mesa transportadora y le damos inicio al llenado (giramos perilla y presionamos botón verde en panel de control).
20	Emitir orden de correcta regulación y dar inicio al fraccionado	Línea de fraccionamiento en lata	Supervisor	-	Se valida la utilización y se confirma que la línea se encuentra apta para comenzar con el fraccionamiento.

Registros:

Se deben relacionar los formatos o bien los documentos que sirven de evidencia de que el procedimiento está siendo aplicado, evidenciando su aplicación, interpretación y uso.

REGISTROS	TIEMPO DE RETENCION	RESPONSABLE DE CONSERVARLO	CODIGO DE REGISTRO
Anotar el nombre del documento utilizado en las actividades del procedimiento.	Anotar el tiempo que debe conservarse como evidencia.	Anotar el nombre del área o departamento responsable de mantener los registros como evidencia de la operación del procedimiento.	Código asignado al formato que va anexo al procedimiento o bien el código que tiene el documento en caso de no ser formato.

Cambios en esta versión:

Para lograr un correcto entendimiento del procedimiento a realizar por parte de los encargados y dejar asentadas observaciones, resulta útil colocar un apartado en el cual pueda volcarse esta información. Es de

esperarse que resulte necesario modificar el instructivo con el objeto de aumentar la eficiencia de este. Para este aspecto en particular se emplea un documento auxiliar que permite alojar todos estos datos.

NUMERO DE REVISION	FECHA DE REVISION	DESCRIPCION DEL CAMBIO
Se anotará el número (arábigo) correspondiente a la revisión del documento.	Es la fecha en la cual se modificó el procedimiento.	Se mencionarán en forma breve las razones que motivaron el cambio de revisión del procedimiento.

Operación/manejo de línea 2 (fraccionamiento en Lata):

Propósito:

Lograr un óptimo desempeño por parte del personal en la realización del fraccionamiento de aceite de oliva en lata, llevando a cabo una correcta manipulación de las maquinarias, insumos y el producto final obtenido, como a su vez, reducir la probabilidad de accidentes y generación de desperdicios al mínimo.

Alcance:

Este instructivo está elaborado para el conocimiento y la difusión del procedimiento para poder manipular y operar la línea de fraccionamiento en lata. Está dirigido a todo el personal operativo de fraccionamiento, supervisores de líneas de fraccionado y personal de mantenimiento responsable de esta área.

Objetivo:

Ordenar, detallar y optimizar las tareas requeridas para lograr una óptima operación de la línea de fraccionamiento con la menor tasa de desperdicios y máxima reducción de riesgos por accidentes posibles.

Responsables:

Operarios de trabajo: persona que desempeña una actividad manual, manejo de máquinas y de herramientas con objeto de cumplir/colaborar con un proceso productivo. Debe cumplir las normas de seguridad establecidas para el procedimiento de trabajo dictadas.

Supervisor de línea: operario encargado de que las actividades a realizar en un proceso productivo se concreten con eficacia y máxima eficiencia como a su vez, se respeten las normas de seguridad atribuidas al mismo. El supervisor de línea debe ejecutar tareas en donde la complejidad de esta amerite su intervención.

Personal de mantenimiento: operarios técnicos preparados para realizar la revisión, ajustes, diagnóstico, acondicionamiento y reparación de las instalaciones y maquinaria de la línea.

Diagrama del proceso:

(El diagrama correspondiente se encuentra en otro archivo word y excel ya que debí quitarlo para reducir el tamaño a 1MB o menos para enviarlo en el formulario. Ante cualquier consulta pedir por e-mail: joaquinmanuelalonso@gmail.com)

Descripción del proceso:

En este apartado se establece la descripción de la secuencia de actividades realizadas en el proceso de puesta a punto de la línea. Aquí se detalla, además, la maquinaria afectada por la tarea y el encargado de llevarla a cabo.

N	OPERACIÓN	MAQUINA	ENCARGADO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA
1	Controlar que la línea de fraccionamiento esté preparada para el producto a envasar	Mesa transportadora	Supervisor	Verificar que las botellas puedan realizar el recorrido sin ninguna dificultad desde la estación de llenado hasta la estación de empaque. Asegurarse que los picos de llenado estén alineados y centrados con los orificios de las botellas vacías.
2	Conectar equipos a alimentación eléctrica y neumática	Línea de fraccionamiento en lata	Supervisor	Conectar la alimentación de energía eléctrica dándole giro al interruptor. Regular o controlar la presión de aire a modo que la misma se encuentre en 6 kg/cm ² .

3	Verificar que la configuración del equipo se adecúa al producto	Panel de control	Supervisor	Controlar que la velocidad de la mesa transportadora sea la adecuada para el envase a fraccionar. 6 para lata de 0,5L y 5 para lata de 1L. Verificar que el sensor de presencia este encendido.
4	Colocar envases en estación de llenado	-	Personal operario	Se colocan los envases lata sobre cinta transportadora por detrás de los pistones neumáticos de parada y de los picos de llenado.
5	Transporte de latas a picos de llenado	Mesa transportadora	Personal operario	Cinta transportadora realiza el transporte de los envases lata desde la zona de inicio hasta la estación de llenado.
6	Llenado de lata	Llenadora	Personal operario	Cuando arriban 4 botellas a la estación de llenado, la máquina realiza el relleno de la botella con aceite, incorporando una dosis de 0,5L. El volumen es establecido por un sistema de control incorporado en la máquina.
7	Transporte de latas a estación de tapado	Mesa transportadora	Personal operario	La cinta transportadora desplaza las botellas llenas hacia la estación de tapado.
8	Colocar manualmente la tapa del envase	-	Personal operario	Poner en el orificio superior de las latas llenas a las tapas en la posición en la que debe ser introducida. La cara de color verde apunta hacia arriba y la sección cónica transparente se introduce en el agujero.
9	Realizar la incrustación automática de la tapa en la lata	Tapadora	Personal operario	Cuando el sensor de presencia detecta que existe una botella en lata en espera la máquina tapadora acciona el pistón neumático en su cabezal y empuja axialmente hacia abajo a la tapa hasta que quede embutida a presión en la botella.
10	Transporte de latas a estación de sellado	Mesa transportadora	Personal operario	La mesa transportadora desplaza las botellas llenas y tapadas hacia la estación de sellado.
11	Colocación de fecha de elaboración y vencimiento	Inyector de sello	Personal operario	Cuando el sensor de presencia detecta que pasa una botella, se activa el inyector enviando tinta por su cabezal y esta es recibida por la botella en su parte externa. Aquí se indica fecha de realización y de caducidad del producto.
12	Transporte de latas a estación de control y empaque	Mesa transportadora	Personal operario	La mesa transportadora desplaza las botellas llenas, tapadas y selladas hacia la estación de revisión y empaque.
13	Revisión del producto final obtenido y empaque	-	Personal operario	Las botellas son recibidas en la estación de empaque, en donde se depositan en una mesa circular metálica. Aquí las mismas se inspeccionan visualmente y si se encuentran en correcto estado y selladas se colocan en cajas o el debido empaque final y se cierra (utilizando cinta adhesiva).
14	Colocación de producto empacado en pallet	-	Personal operario	Las cajas de botellas que se encuentran completas se depositan en pallets apiladas.

Registros:

Se deben relacionar los formatos o bien los documentos que sirven de evidencia de que el procedimiento está siendo aplicado, evidenciando su aplicación, interpretación y uso.

REGISTROS	TIEMPO DE RETENCION	RESPONSABLE DE CONSERVARLO	CODIGO DE REGISTRO
Anotar el nombre del documento utilizado en las actividades del procedimiento.	Anotar el tiempo que debe conservarse como evidencia.	Anotar el nombre del área o departamento responsable de mantener los registros como evidencia de la operación del procedimiento.	Código asignado al formato que va anexo al procedimiento o bien el código que tiene el documento en caso de no ser formato.

Cambios en esta versión:

Para lograr un correcto entendimiento del procedimiento a realizar por parte de los encargados y dejar asentadas observaciones, resulta útil colocar un apartado en el cual pueda volcarse esta información. Es de esperarse que resulte necesario modificar el instructivo con el objeto de aumentar la eficiencia de este. Para este aspecto en particular se emplea un documento auxiliar que permite alojar todos estos datos.

NUMERO DE REVISION	FECHA DE REVISION	DESCRIPCION DEL CAMBIO
Se anotará el número (arábigo) correspondiente a la revisión del documento.	Es la fecha en la cual se modificó el procedimiento.	Se mencionarán en forma breve las razones que motivaron el cambio de revisión del procedimiento.

Fase II: Programa de mantenimiento Línea de fraccionamiento en Lata

Contexto operacional de la organización:

Yancanelo SA es una empresa dedicada a la producción y fraccionamiento de aceite de oliva, aceite de oliva virgen, virgen extra, aceto balsámico y conservas. La aceitera obtiene una producción de 350 toneladas de aceite de oliva virgen por temporada, de las cuales 44 se fraccionan para terceros (otras firmas). Actualmente la empresa destina el 98% de su producto a fraccionado en envases de 5L, 3L, 2L, 1L, 0.5L y 0.25L.

La organización dedica los meses de mayo, junio y julio a la molienda de aceituna para la obtención de aceite de oliva virgen extra, mientras que el fraccionamiento de AOVE se lleva a cabo durante todo el año, utilizando aceite almacenada en tanques.

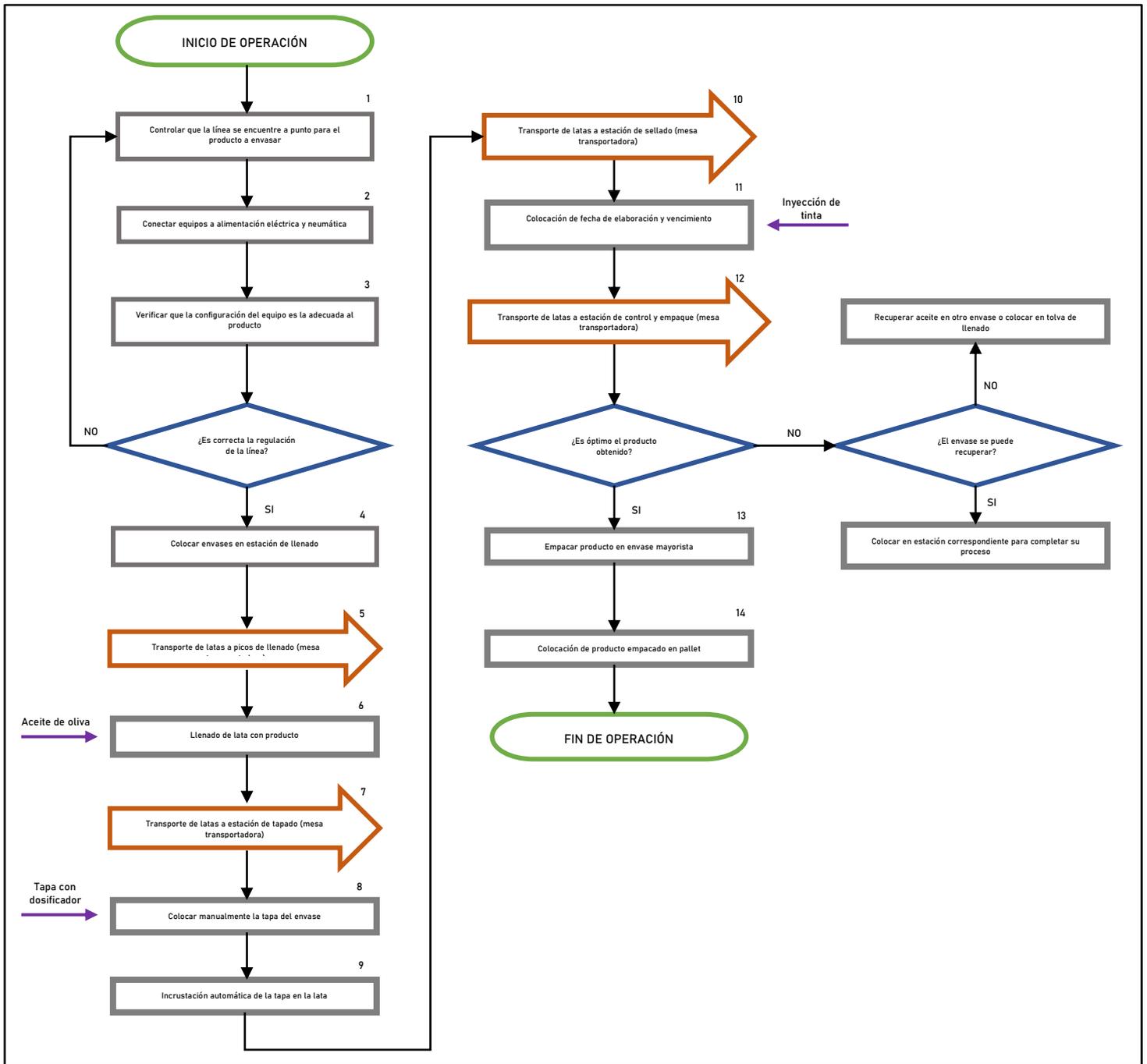
Las líneas de fraccionamiento, de esta manera, se encuentran en funcionamiento diariamente y la obtención del producto final por medio del proceso de llenado-tapado-etiquetado-sellado se planifica por pedidos y no por stock.

Se desea que la línea se encuentre disponible para funcionar en base a las condiciones que el usuario desea durante un periodo de 6,5hs por día sin experimentar paradas no inducidas.

El ambiente de trabajo se encuentra calefaccionado durante todo el año, oscilando la temperatura entre 22 y 28°C. El clima de San Rafael es árido desértico, experimentando muy baja humedad presente en el aire.

El nivel de presión sonora presente oscila entre 40-50 decibeles, el cual es producido principalmente por las líneas de fraccionamiento en funcionamiento. Sin embargo, se encuentra por debajo del límite máximo exigido por la legislación laboral vigente para una jornada laboral de 8 horas que se corresponde a 85 decibelios.

Diagrama de flujo de procesos:



Programa de trabajo:

N	OPERACION	MAQUINA	ENCARGADO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	OBSERVACIONES
1	Controlar que la línea de fraccionamiento esté preparada para el producto a envasar	Mesa transportadora	Supervisor	Verificar que las botellas puedan realizar el recorrido sin ninguna dificultad desde la estación de llenado hasta la estación de empaque. Asegurarse que los picos de llenado estén alineados y centrados con los orificios de las botellas vacías.	Se debe mantener una holgura entre las guías y las botellas de 1cm (0,5cm en cada extremo) para que no se ocasionen atascos. Chequear la altura de la tapadora y garantizar que el cabezal del pistón permita incrustar la tapa correctamente sin provocar abolladuras. Para esto es necesario que la circunferencia del pistón coincida con la circunferencia de la tapa de la botella.
2	Conectar equipos a alimentación eléctrica y neumática	Línea de fraccionamiento en lata	Supervisor	Conectar la alimentación de energía eléctrica dándole giro horario al interruptor. Regular o controlar la presión de aire a modo que la misma se encuentre en 6 kg/cm2.	Controlar que el cable de alimentación este correctamente conectado y aislado antes de darle vuelta a la perilla interruptora. La presión de aire debe ser de 6kg/cm2 para hacer funcionar a los pistones de cada máquina en la línea.
3	Verificar que la configuración del equipo se adecúa al producto	Panel de control	Supervisor	Controlar que la velocidad de la mesa transportadora sea la adecuada para el envase a fraccionar. Verificar que los sensores de presencia estén encendidos.	El accionado del sensor de presencia es de vital importancia ya que permite delimitar las fases de llenado y frenar la máquina para no ocasionar derrames.
4	Colocar envases en estación de llenado	-	Personal operario	Se colocan los envases lata sobre cinta transportadora por detrás de los pistones neumáticos de parada y de los picos de llenado.	Verificar visualmente que no existan defectos apreciables en el insumo antes de colocarlo en fila de llenado. Ocasionalmente puede haber orificios en la base, imperfecciones en la costura de la lata y orificio no centrado en donde se coloca la tapa.
5	Transporte de latas a picos de llenado	Mesa transportadora	Personal operario	Cinta transportadora realiza el transporte de los envases lata desde la zona de inicio hasta la estación de llenado.	Asegurarse que ingresen 4 latas hasta la estación de llenado sin ningún detenimiento, vibración, golpe y/o movimiento que pueda desalinearse las trayectorias de las mismas. Cada orificio circular de la parte superior de cada lata debe estar alineado y centrado con cada pico de llenado.
6	Llenado de lata	Llenadora	Personal operario	Cuando arriban 4 botellas a la estación de llenado, la máquina realiza el relleno de la botella con aceite, incorporando una dosis de 0,5L a cada una. El volumen es establecido por un sistema de control incorporado en la máquina.	Asegurar de que los picos de llenado al descender se encuentran perfectamente centrados con la lata y que no tocan en ningún momento el borde del orificio por donde ingresa el aceite. Controlar que los elementos neumáticos frenan correctamente a las botellas y aseguran la correcta posición de estas.
7	Transporte de latas a estación de tapado	Mesa transportadora	Personal operario	La cinta transportadora desplaza las botellas llenas hacia la estación de tapado.	Hay que asegurar que en esta etapa no se observen derrames de aceite sobre la parte superior de la lata. En caso contrario, colocar un paño seco para poder absorber el aceite y dejar limpia a la lata.
8	Colocar manualmente la tapa del envase	-	Personal operario	Poner en el orificio superior de las latas llenas a las tapas en la posición en la que debe ser introducida. La cara de color verde apunta hacia arriba y la sección cónica transparente se introduce en el agujero.	El plano de la parte superior de la tapa debe quedar lo más paralelo posible a la superficie de la parte superior de la lata. Si queda inclinada puede generarse un tapado erróneo, abollar la lata y así provocar un producto defectuoso. Por otra parte, en muchos casos se salpican las botellas con aceite y se requiere de una limpieza antes de que pasen a la fase a tapado.
9	Realizar la incrustación automática de la tapa en la lata	Tapadora	Personal operario	Cuando el sensor de presencia detecta que existe una botella en lata en espera, la máquina tapadora acciona el pistón neumático en su cabezal y empuja axialmente hacia abajo a la tapa hasta que quede embutida a presión en la botella.	Controlar que la tapa esté paralela a la parte superior en cada borde (no inclinada), que no se haya salido, que la tapa no se haya sumergido en la posición incorrecta y que no se hayan generado abolladuras en la parte superior. Para esto, debemos asegurarnos de que vástago este golpeando la tapa cubriendo la totalidad de su superficie.
10	Transporte de latas a estación de sellado	Mesa transportadora	Personal operario	La mesa transportadora desplaza las botellas llenas y tapadas hacia la estación de sellado.	El operario encargado de esta estación debe controlar que las botellas que se envían a sellar están siendo correctamente tapadas y que no se han ocasionado derrames ni salpicaduras en su parte superior.
11	Colocación de fecha de elaboración y vencimiento	Inyector de sello	Personal operario	Cuando el sensor de presencia detecta que pasa una botella, se activa el inyector enviando tinta por su cabezal y esta es recibida por la botella en su parte externa. Aquí se indica fecha de realización y vencimiento del producto.	Controlar que la impresión sea nítida y se interprete bien lo que se ha colocado en la botella. Es importante que no haya habido aceite en el sector en donde se colocó el sello para que este no pueda ser borrado fácilmente.
12	Transporte de latas a estación de control y empaque	Mesa transportadora	Personal operario	La mesa transportadora desplaza las botellas llenas, tapadas y selladas hacia la estación de revisión y empaque.	En la medida de lo posible, chequear que tanto el tapado y el sellado se hayan realizado correctamente. Para esto debemos verificar visualmente que la tapa no haya abollado la lata ni tampoco esté salida, como a su vez la impresión del sello no debe estar hecha sobre aceite.
13	Revisión del producto final obtenido y empaque	-	Personal operario	Las botellas son recibidas en la estación de empaque, en donde se depositan en una mesa circular metálica. Aquí las mismas se inspeccionan visualmente y si se encuentran en correcto estado y selladas se colocan en cajas o el debido empaque final y se cierra (utilizando cinta adhesiva).	En muchas ocasiones el producto no llega con la presentación óptima a zona de empaque, en donde se debe controlar visualmente la posición de la tapa, las costuras de la lata, si se ha colocado de forma correcta el sello y si existen manchas de aceite o no. En caso de que esto suceda, se separan estas latas y son destapadas para recuperar el aceite. El envase se reporta como "recipiente fallado".
14	Colocación de producto empacado en pallet	-	Personal operario	Las cajas de botellas que se encuentran completas se depositan en pallets apiladas.	La caja no debe tener roturas en ninguna parte y deben estar correctamente cerradas. Verificar que no haya cajas que estén manchadas con aceite. Esto indica una falla en algún envase no detectado previamente. Esta caja debe ser abierta y se debe localizar el producto defectuoso para retirarlo. La caja manchada con aceite no debe ser reutilizada.

Lista y Codificación de Equipos

La codificación de equipos nos permite identificar cada una de las unidades con un código único, que nos facilita la localización, las referencias respecto a ordenes de trabajo, la identificación en planos, la elaboración de registros para mantener un historial de los eventos relevantes de estas y que el monitoreo y control sea adecuado.

Para proceder a la codificación de los equipos, se empleó una combinación alfanumérica. Se utilizaron letras referentes al área donde se encuentra y a los nombres respectivos de cada equipo, y también se empleó una correlación numérica en el caso de poseer más de una unidad, permitiendo una simplificación en los códigos.

Referencia de áreas: como todos los equipos se encuentran en área de fraccionamiento, estos se referirán a una misma combinación en lo que respecta a su ubicación. En plano de la planta se le asigna el valor 4 a esta zona.

LISTA Y CODIFICACION DE EQUIPOS					
MAQUINA	PLANTA	ÁREA	CÓDIGO DE EQUIPO	CANTIDAD	CÓDIGO IDENTIFICADOR
LLENADORA	01	04	LLE	01	01-04-LLE-01
TAPADORA	01	04	TAP	01	01-04-TAP-01
ETIQUETADORA	01	04	ETI	01	01-04-ETI-01
INYECTOR	01	04	INY	01	01-04-INY-01
MESA TRANSPORTADORA	01	04	MES	03	01-04-MES-03

Análisis de criticidad:

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El análisis de criticidad permite comprender los riesgos potenciales del activo que podrían afectar su operación, y de esta forma, la producción. Asegura que la confiabilidad se vea con una lupa desde una perspectiva basada en el riesgo en lugar de la opinión de cada persona.

Los criterios adoptados para realizar el análisis de criticidad son:

Frecuencia de fallas: número de veces que se repite un evento considerado como falla funcional dentro de un periodo de un año (periodicidad adoptada para este análisis).

Impacto operacional: efectos ocasionados en la producción debido a fallas funcionales.

Flexibilidad operacional: posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.

Costo del mantenimiento: se consideran todos los costos que implican la labor de mantenimiento (mano de obra, insumos y repuestos), dejando inherentes los costos atribuidos a pérdidas de producción por fallas.

Seguridad y medio ambiente: enfocado a evaluar los posibles daños que pueda ocasionar la falla en las personas o el medio ambiente.

Matriz de criticidad:

ANALISIS DE LOS FACTORES	
Valoración	Frecuencia de fallas
4	ALTA: Mas de 6 fallas por año
3	PROMEDIO: entre 3 y 5 fallas por año
2	BAJA: entre 1 y 2 fallas por año
1	EXCELENTE: menos de 1 falla por año
Valoración	Impacto operacional
10	Parada de toda la planta
8	Parada inmediata de toda la línea
6	Parada inmediata de un sector de la línea
4	Impacto en los niveles de producción o calidad
2	Repercute en costos operacionales adicionales
1	No genera ningún efecto significativo sobre operaciones ni producción
Valoración	Flexibilidad operacional
4	No existe opción de producción y no existe función de respaldo
2	Existe opción de respaldo compartido
1	Existe opción de respaldo disponible
Valoración	Impacto en seguridad y medio ambiente
10	Afecta la seguridad humana

8	Afecta al medio ambiente produciendo daños severos
4	Provoca daños menores
2	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales
1	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones ni ambiente
Valoración	Costo del mantenimiento
10	Entre 700 y 1000 dólares americanos
8	Entre 500 y 700 dólares americanos
4	Entre 200 y 500 dólares americanos
2	Entre 100 y 200 dólares americanos
1	Entre 0 y 100 dólares americanos

Análisis de fallos y costos de mantenimiento anuales:

Para llevar a cabo este análisis se recaba el registro de averías que se presentaron en los equipos que componen la línea. Dentro de este historial, encontramos:

Llenadora:

- Falla en **ejes de pistones** impulsores de aceite en sistema de llenado. Se produce el doblez y ruptura del pistón (macizo de acero inoxidable) que transmite presión para enviar el líquido desde la tolva de recepción hacia los picos de llenado. La avería mencionada conlleva a la rotura de la **cabeza, sello y tapa del pistón**. El conjunto debe ser reemplazado. Periodicidad: 2 por año.
- Pinchaduras y rajaduras en **mangueras de llenado** (el aceite reseca la manguera y ocasiona rupturas). Periodicidad: 1 año.
- Pinchaduras y rajaduras en **mangueras de red neumática**. El aire comprimido desgasta el material de la manguera y la daña por fatiga. Periodicidad: 1 año.
- Los picos llevan un **cuerpo de separación** (material plástico) que por uso y desgaste normal comienza a quebrarse. El cambio de estos se realiza cada 6 meses y tiene una demora de 2-3 horas el cambio de cada uno.
- Falla funcional de **electroválvula** encargada de regular el ingreso de aceite a la tolva receptora, desde el tanque pulmón de almacenamiento. Periodicidad: 1 vez cada 2 años
- Desgaste y daños en **sellos y empaques** de bomba centrífuga en sistema de alimentación hidráulico de la máquina. Se sustituyen cada un año de uso.

LLENADORA - VALOR DE REPUESTOS			
REPUESTO	COSTO DE ADQUISICION (USD)	UNIDADES POR AÑO	COSTO DE REPUESTOS POR AÑO
EJE DE PISTON (ACERO INOX)	USD 57	2	USD 114
CONJUNTO CABEZAL-SELLO-TAPA	USD 42	2	USD 83
MANGUERAS DE LLENADO	USD 20	2	USD 39
MANGUERAS DE RED NEUMÁTICA	USD 6	1	USD 6
CUERPO DE SEPARACIÓN (PICOS DE LLENADO)	USD 17	1	USD 17
KIT ELECTROVALVULA	USD 105	1	USD 105
KIT SELLO Y EMPAQUE	USD 55	1	USD 55
TOTAL			USD 419

Se considera un costo de mano de obra de mantenimiento correspondiente al 80% del costo de adquisición de repuestos. Así tenemos un total de:

$$\text{Costo MO} = \text{USD } 420 * 0.80 = \text{USD } 336$$

$$\text{Costo Mantenimiento} = \text{CMO} + \text{CR} = \text{USD } 336 + \text{USD } 420$$

$$\text{Costo Mantenimiento} = \text{USD } 756$$

Tapadora:

- Pinchaduras y rajaduras en **mangueras de red neumática**. El aire comprimido desgasta el material de la manguera y la daña por fatiga. Periodicidad: 1 año.
- Desgaste y rotura de **tornillos** de ajuste. Estos deben ser reemplazados. Periodicidad: 6 meses.

TAPADORA - VALOR DE REPUESTOS			
REPUESTO	COSTO DE ADQUISICION	UNIDADES POR AÑO	COSTO DE REPUESTOS POR AÑO
MANGUERAS DE RED NEUMÁTICA	USD 6	1	USD 12
TORNILLOS DE AJUSTE DE ACERO	USD 3	2	USD 6
TOTAL			USD 18

Debido a la baja complejidad de cambio de repuestos, esta es realizada por el personal operario.

Etiquetadora:

- Desviación de **guías** de rodillos que debe ser reparada o reemplazada dependiendo de su estado.
- Desgaste y rotura de **tornillos** de ajuste. Se debe al ajuste y desajuste periódico para la puesta a punto de la máquina para la presentación que se requiere. Estos deben ser reemplazados. Periodicidad: 1 año.

Generalmente no ocurren fallos en esta máquina ya que se la monitorea diariamente y se llevan a cabo tareas de limpieza y servicio que permiten mantenerla en buen estado.

ETIQUETADORA - VALOR DE REPUESTOS			
REPUESTO	COSTO DE ADQUISICION (USD)	UNIDADES POR AÑO	COSTO DE REPUESTOS POR AÑO
GUIAS DE RODILLOS	USD 25	0.5	USD 13
TORNILLOS DE AJUSTE DE ACERO	USD 3	1	USD 3
TOTAL			USD 16

Debido a la baja complejidad de cambio de repuestos, esta es realizada por el personal operario.

Inkjet de sellado:

No se registran fallos en el Inkjet. Es conocido por los supervisores de la línea que la tinta es de baja disponibilidad en el mercado y de elevado costo. Dichos insumos no corresponden al apartado de mantenimiento.

Cinta transportadora:

- Rotura de eslabones (acero inoxidable) debido a sobrecargas de potencia proveídas por motor eléctrico impulsor. Periodicidad: 1 por año.

CINTA TRANSPORTADORA - VALOR DE REPUESTOS			
REPUESTO	COSTO DE ADQUISICION (USD)	UNIDADES POR AÑO	COSTO DE REPUESTOS POR AÑO
ESLABONES DE CINTA	USD 26	1	USD 26
TOTAL			USD 26

Debido a la baja complejidad de cambio de repuestos, esta es realizada por el personal operario.

En base a la información recopilada de la base de datos de Yancanelo en lo que respecta a registro de averías y mantenimiento, tenemos los siguiente:

RESUMEN DE HISTORIAL DE FALLOS EN CADA EQUIPO DE LA LINEA		
MAQUINA	FALLOS / AÑO	COSTO DE MANTENIMIENTO
LLENADORA	7	USD 800
TAPADORA	2	USD 20
ETIQUETADORA	1	USD 20
INKJET	-	-
MESA TRANSPORTADORA	1	USD 30
TOTAL	11	USD 870

Aquí podemos apreciar los costos anuales atribuidos al mantenimiento de la línea de lata.

Criticidad global de los equipos que integran la línea:

En este apartado se analiza la criticidad de cada equipo para conocer donde debemos centrar nuestro estudio para construir el plan de mantenimiento. Para esto, definimos el método empleado para cuantificar el análisis cualitativo de ciertos aspectos:

Criticidad = Frecuencia * Consecuencia

Frecuencia = número de veces que ocurre una falla funcional en un equipo por unidad de tiempo.

Consecuencia = [(impacto operacional * flexibilidad operacional) + (costo de mantenimiento) + (impacto seguridad y medio ambiente)]

MATRIZ DE CRITICIDAD							
Equipo	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto seguridad y MA	Consecuencia	Criticidad
LLENADORA	4	8	4	10	2	44	176
TAPADORA	2	6	2	1	1	14	28
ETIQUETADORA	1	6	2	1	1	14	14
INKJET	1	6	4	1	1	26	26
MESA TRANSPORTADORA	1	4	2	1	1	10	10

MATRIZ DE RIESGO					
Frecuencia	4				LLENADORA
	3				
	2		TAPADORA		
	1		ETIQUETADORA - MESA	INKJET	
	0-8	8-18	19 - 29	30 - 40	41 - 51
Consecuencia					
	No crítico (NC)				
	Semi crítico (SC)				
	Crítico [C]				

Según los datos analizados en la matriz de criticidad tenemos:

- **Equipo crítico:** Llenadora (176).
- **Equipo importante (semi crítico):** Tapadora (28).
- **Equipos prescindibles:** Etiquetadora (14), Inyector de sellado (26), Mesa transportadora (10).

Observaciones:

El análisis de criticidad determina que el equipo crítico del proceso de fraccionamiento de aceite de oliva virgen extra en envases Lata es la Llenadora lineal y en segunda medida la Tapadora (equipo semi crítico).

Como resultado de esto se procede a elaborar un plan de mantenimiento enfocado en el funcionamiento de la máquina Llenadora. Nos enfocamos principalmente en poder aumentar la confiabilidad y disponibilidad de este equipo para poder atenuar la aparición de fallas funcionales y disminuir al mínimo nivel posible el impacto operacional.

Si bien el costo asociado al mantenimiento puro no es apreciable, relativo al costo incurrido en reparación de averías en otras áreas de la organización, los impactos ocasionados en la producción por pérdida de disponibilidad de la Llenadora son altamente significativos.

Asignación del modelo de mantenimiento:

TIPO DE MANTENIMIENTO		
EQUIPO	CLASIFICACIÓN	MODELO DE MANTENIMIENTO
LLENADORA	Crítico	Sistemático
TAPADORA	Semi crítico	Condicional
ETIQUETADORA	No crítico	Modelo correctivo
INKJET	No crítico	Condicional
MESA TRANSPORTADORA	No crítico	Modelo correctivo

El modelo de mantenimiento aplicado a la Llenadora será el Sistemático debido a que es crítico, durante la temporada de trabajo y la demanda de su disponibilidad es elevada.

No obstante, las líneas de fraccionamiento no se utilizan todas al mismo tiempo durante todos los días destinados a la producción, puesto que es posible programar intervenciones de mantenimiento en períodos de tiempo en los que no se superpone con los tiempos productivos.

Por otra parte, el llenado de los envases es posible realizarlo manualmente (reduciendo sensiblemente su productividad) por los operarios utilizando las canillas y llaves de paso que se encuentran en la parte inferior de los tanques pulmón. Durante este tiempo, se pueden realizar tareas de mantenimiento de urgencia y continuar, a paso lento, con los objetivos de producción.

En base al análisis de estos aspectos, puede concluirse que la disponibilidad del equipo crítico es media.

Por otro lado, el modelo a aplicar a la Tapadora será el Condicional, debido a que puede ser reemplazada su función por operarios manualmente.

Formas de actuación ante un fallo:

Equipos con modelo de alta disponibilidad:

- Fallos funcionales (*si impide alcanzar la función del sistema que se analiza*): A EVITAR.
- Fallos técnicos (*si no impide que el sistema cumpla su función, pero no lo hace correctamente*): A AMORTIGUAR.

Equipos con modelo de Mantenimiento Sistemático:

- Fallos funcionales: A EVITAR.
- Fallos técnicos: A AMORTIGUAR.

Equipos con modelo de Mantenimiento Condicional:

- Fallos funcionales: A AMORTIGUAR.
- Fallos técnicos: A AMORTIGUAR.

FICHA TECNICA DEL EQUIPO CRITICO

Realizado por	Alonso, Joaquín	Fecha	30-03-2023
Máquina	Llenadora lineal	Ubicación en planta	Sala de fraccionamiento
Fabricante		Sección	Línea 2 (Lata)
Modelo	LD-500-4	Código identificador	01-04-LLE-01
Contacto	temasrl.com.ar/contacto		

Características generales

Peso:	279 kg	Ancho:	1300 mm
Altura:	2080 mm	Largo:	3000 mm

Características técnicas:	Descripción
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuatro boquillas de llenado simultaneas. 2. Dosis: 0-530cc. 3. Guía de entrada AISI 3000mm. 4. Bandeja de recolección. 5. Barandas regulables en ancho y altura. 6. Capacidad productiva: 2200 (1L) a 3800 (0.5L) unidades/hora. 7. Presión de trabajo: 6 kg/cm2 8. Tensión de trabajo: 380V 	<p>La llenadora industrial TEMA empleada para fraccionamiento de fluidos en envases de hasta 1000 ml de capacidad, cuenta con 4 boquillas de llenado fabricadas en acero inoxidable AISI, soportes para sostener los recipientes, una tolva receptora de almacenamiento, un sistema de bombeo, un panel de control para configurar el proceso de llenado, tapas y cobertores de acero AISI para proteger los sistemas mecánicos y eléctricos.</p> <p>Este equipo permite ejecutar el proceso de llenado de aceite de oliva virgen extra en la sala de fraccionamiento (planta industrial de Yancanelo) de forma manual y automática, siendo esta última controlada por el usuario desde el tablero de control.</p> <p>En cada fase de llenado, ingresan 4 latas completamente vacías y abandonan esta área completando su interior con AOVE. Se emplea para latas de 500ml y 1000ml de capacidad.</p>

Fotografía del equipo



Plan de mantenimiento basado en confiabilidad

Luego de determinar el equipo crítico y asignar el programa de mantenimiento que se le corresponde, procedemos aplicar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad del equipo (RCM por sus siglas en ingles).

Lo mencionado anteriormente consiste en un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Todo elemento físico se pone en servicio para cumplir una función o funciones específicas, regulada/s por un estándar de funcionamiento. Cuando se mantiene un equipo, el estado en que se desea preservarlo debe ser aquel en el que se desea que continúe para cumplir la función determinada.

Para aplicar el programa de revisión de RCM en el equipo crítico de la línea de fraccionamiento en lata, vamos a llevar a cabo las siguientes etapas de forma consecutiva:

1. **Codificación de sistemas:** registrar cuales son los elementos físicos que componen los sistemas del equipo crítico.
2. Determinar **Funciones y Estándares de Funcionamiento:** definir cuáles son las funciones de cada elemento/sistema/equipo en su contexto operacional y cuantificar el estándar de funcionamiento que debe cumplir.
3. **Fallas funcionales:** identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones.
4. **Modos de fallo:** identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.
5. **Efectos de las fallas:** registrar lo que se produce en el equipo si ocurre la falla funcional. Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.
6. **Consecuencias de las fallas:** determinar las posibles consecuencias de cada falla a modo de conocer cómo y cuánto importa cada falla.
7. **Asignar tareas de mantenimiento:** asignar tareas de mantenimiento con cierta periodicidad y cierto grado de complejidad en base a la importancia que tenga la falla en la organización.
8. Consolidar las labores en un **plan de mantenimiento** para el equipo estudiado.

La información por recabar de los equipos se obtiene por:

- Entrevistas a los usuarios que operan las maquinarias.
- Entrevista a personal de mantenimiento de la empresa.
- Historial de fallos en cada equipo.
- Plan de mantenimiento actual o registro de actividades de mantenimiento realizadas.
- Manual de cada máquina que compone la línea.
- Registro de repuestos e insumos utilizados para mantenimiento.

Sistemas Funcionales y Elementos: Codificación

En este apartado se analiza cada uno de los sistemas que componen a la Llenadora Lineal, definirlos y luego, se identifican los elementos con mayor importancia y se codifican en una tabla.

Sistemas:

Sistema motriz: accionar el movimiento ascendente y descendente de los picos de llenado de forma coordinada con la apertura y cierre de las boquillas. El motor eléctrico transmite energía cinética rotacional a un eje, el cual se encuentra acoplado mediante discos de fricción con un sistema de pistones de llenado que envían aceite a las boquillas, por medio de mangueras.

Sistema eléctrico: alimentación que permite brindar energía a la bomba, al motor eléctrico de la maquina llenadora, al sensor de presencia y al tablero de control.

Sistema electrónico de control: controlar en tiempo real los diferentes procesos secuenciales y continuos requeridos por la llenadora para desempeñar su función de forma precisa.

A continuación vemos un plano del sistema eléctrico y electrónico:

Sistema neumático: encargado del accionamiento de actuadores neumáticos, de los cuales se tienen cilindros neumáticos, válvulas neumáticas, entre otras, que permiten realizar ciertas operaciones al ser activados, siendo el aire el fluido principal.

A continuación vemos un plano del sistema neumático:

Sistema de transporte: desplazar, a una velocidad configurada, envases desde fase inicial en mesa transportadora hacia estación de llenado por debajo de los picos y luego moverlos hacia la estación de tapado cuando se encuentren llenos de aceite.

Sistema hidráulico: transportar AOVE desde un tanque de almacenamiento hasta la tolva receptora empleando un agente externo (bomba) y con la ayuda de la energía potencial que adquiere el fluido por situarse a una altura superior a los picos.

- ❖ Integra un sistema de bombeo que se encarga de proporcionarle al fluido la energía necesaria para su movimiento a través del sistema de tuberías.

Codificación de elementos componentes de cada sistema:

La generación de códigos se ordenará de la siguiente manera:

Equipo	-	Familia	-	Sistema	-	Elemento	-	Redundancia
--------	---	---------	---	---------	---	----------	---	-------------

FAMILIA	
Pieza Mecánica	PM
Accesorio Máquina	AM
Pieza eléctrica/electrónica	PE
Pieza Neumática	PN

SISTEMA	
Neumático	SN

Transporte	ST
Motriz	SM
Hidráulico	SH
Eléctrico - Electrónico (control)	SE

CODIFICACION DE ELEMENTOS					
Equipo	Familia	Sistema	Elemento	Cantidad	Código
Llenadora	PN	SN	FRL	1	LLE-PN-SN-FRL-1
Llenadora	PN	SN	Cilindro neumático de doble efecto	3	LLE-PN-SN-CIL-3
Llenadora	PN	SN	Válvula electroneumática	3	LLE-PN-SN-VEN-3
Llenadora	PN	SN	Mangueras distribuidoras de AC	3	LLE-PN-SN-MAN-3
Llenadora	PE	SM	Motor eléctrico trifásico 220V (3HP)	1	LLE-PE-SE-MOT-1
Llenadora	PE	SE	Variador de frecuencia Schneider (ATVI2H22M2)	1	LLE-PE-SE-VAR-1
Llenadora	PE	SE	PLC	1	LLE-PE-SE-PLC-1
Llenadora	PE	SE	Tablero de control	1	LLE-PE-SE-TAB-1
Llenadora	PE	SE	Sensor de posición (ultrasónicos)	2	LLE-PE-SE-SEN-2
Llenadora	PE	SE	Sensor de Flujo	4	LLE-PE-SE-SEN-4
Llenadora	PE	ST	Motor eléctrico trifásico 220V (0.5HP)	1	LLE-PE-ST-MOT-1
Llenadora	PE	SE	Variador de frecuencia Schneider (ATVI2H037M2)	1	LLE-PE-SE-VAR-1
Llenadora	PM	ST	Placas articuladas	1	LLE-PM-ST-PLA-1
Llenadora	PM	ST	Piñón de mando	1	LLE-PM-ST-PIÑ-1
Llenadora	AM	SH	Cuerpo de separación (boquilla de llenado)	4	LLE-AM-SH-CUE-4
Llenadora	AM	SH	O´Rings 2-110 (boquilla de llenado)	4	LLE-AM-SH-O´R-4
Llenadora	AM	SH	Tubo envase	4	LLE-AM-SH-TUB-4
Llenadora	AM	SH	Juntas teflón boquilla	4	LLE-AM-SH-JUN-4
Llenadora	AM	SH	Mangueras de llenado	4	LLE-AM-SH-MAN-4
Llenadora	PM	SH	Empaque (bomba centrífuga)	2	LLE-PM-SH-EMP-2
Llenadora	PM	SH	Sellos (bomba centrífuga)	2	LLE-PM-SH-SEL-2
Llenadora	PM	SH	Cojinetes (bomba centrífuga)	2	LLE-PM-SH-COJ-2
Llenadora	PH	SH	Electroválvula (sistema de distribución de fluido)	2	LLE-PH-SH-ELE-2
Llenadora	PM	SH	Eje, cabeza, sello y tapa de pistón (pistón de bombeo)	4	LLE-PM-SH-PIS-4

Análisis funcional del equipo:

FUNCIONES PRIMARIAS:	
1	Proporcionar una dosis de 0.5L de aceite de oliva virgen extra (AOVE) al interior de 4 envases en simultáneo con un caudal volumétrico de 0.16L/s (166,7cc/s) por cada boquilla, en un periodo de tiempo de 9,2s por cada lata (desde el ingreso del envase hasta su llenado y liberación) y de forma continua durante un lapso de 4 horas sin paradas.
2	Mantener el fluido a una temperatura no menor a 18°C y no mayor a 25°C, no alterar su acidez (igual o menor a 0.8 gramos de ácido oleico/L aceite), conservar su densidad (0.92g/mL para AOVE) y no variar el contenido de peróxidos (mEq O2/kg <=20).
FUNCIONES SECUNDARIAS	
3	Contener una cantidad de 45L de AOVE en tolva receptora.

4	Bombear como mínimo 2050 L/hs de AOVE desde tanque pulmón a tolva receptora.
5	Prevenir derrames de AOVE en cinta transportadora, panel de control, suelo de planta y operarios.
6	Evitar contaminaciones de AOVE con impurezas sólidas y/o líquidas.
7	Desplazar los envases de AOVE desde estación inicial hasta la salida de la estación de llenado a velocidad establecida en tablero de control.

Hoja de Información basada en RCM:

Aquí se registran cada una de las funciones de la máquina, las posibles fallas funcionales que impiden que se cumpla la función o parte de ella, la causa (MODO) que ocasiona la falla detectada y la consecuencia (EFECTO) que ocurre cuando se presenta el fallo.

HOJA DE INFORMACION BASADA EN TECNICA RCM II

FUNCION:	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (causa de la falla)	EFECTO DE LA FALLA (que ocurre cuando falla)
<p>1</p> <p>Proporcionar una dosis de 0,5L de aceite de oliva virgen extra (AOVE) al interior de 4 envases en simultáneo a un caudal volumétrico de 0,16L/s (166,7cc/s) por cada boquilla, en un periodo de tiempo de 9,2s por cada lata (desde el ingreso del envase hasta su llenado y liberación) y de forma continua durante un lapso de 4 horas sin paradas.</p>	<p>A</p> <p>La dosis recibida en los envases es menor a 0,5L</p>	<p>1</p> <p>Cuerpo de separación pierde aceite por los laterales.</p>	<p>Se genera una grieta o rajadura en cuerpo de separación localizado en boquilla de llenado, ocasionando perdida de aceite. Se debe parar la máquina llenadora (por ende la línea), recuperar el aceite, desarmar completamente la boquilla y reemplazar el cuerpo por uno nuevo. Tiempo de reparación: 2,5hs.</p>
		<p>2</p> <p>Mangueras de llenado pierden aceite.</p>	<p>Se produce una grieta en mangueras de llenado por donde se fuga aceite. Se debe parar a la máquina, recuperar el aceite en un recipiente inocuo y reemplazar la manguera. Tiempo de reparación: 0,5hs.</p>
	<p>B</p> <p>Una boquilla de llenado tarda más de 3s en completar la dosis</p>	<p>1</p> <p>El pico de llenado se encuentra obstruido</p>	<p>El cuerpo de boquilla se encuentra tapado y no fluye aceite a razón de 0.16L/s. Se debe retirar el cuerpo de boquilla, realizar su limpieza con productos de calidad alimenticia y volver a colocar. Duración: 0,75hs.</p>
		<p>2</p> <p>El actuador doble efecto de la boquilla no desplaza la varilla hasta su punto máximo</p>	<p>El filtro FRL se obstruye y no proporciona presión de aire suficiente (=6kg/cm2) para mover la varilla en su máximo recorrido. Se para el equipo, se limpia o reemplaza el filtro FRL según su estado, se arma nuevamente el dispositivo. Duración: 0,5hs.</p>
			<p>Se manifiestan perdidas de aire en manguera del sistema neumático. Se para la máquina, se reemplaza la manguera que ocasiona la falla por una nueva y se reanuda. Duración: 0,5hs.</p>
	<p>C</p> <p>Una boquilla no proporciona líquido al envase</p>	<p>1</p> <p>El tubo de envase se encuentra tapado</p>	<p>Se produce un atasco en el tubo de envase que no permite liberar aceite. Se debe parar la llenadora, quitar el tubo de envase y colocarlo en su posición correcta o reemplazarlo si esta averiado. Duración: 0,33hs.</p>
		<p>2</p> <p>La varilla de boquilla no se ve accionada por el sistema neumático</p>	<p>Pérdida de aire en la manguera del circuito del accionador doble efecto. Disminución de presión transmitida ocasiona que no se mueva la varilla y así no se libera el líquido. Parar la máquina y cambiar las mangueras de circuito neumático. Tiempo requerido: 0,5hs.</p>
		<p>3</p> <p>La manguera de llenado se desajusta y se pierde aceite</p>	<p>Desajuste de abrazadera que mantiene acoplada a la manguera de llenado en el circuito hidráulico ocasiona la liberación de aceite hacia la mesa transportadora, quedando la manguera fuera de la red. Se debe parar la máquina, recuperar lo que se pueda de aceite, limpiar toda la zona de trabajo y colocar nuevamente la manguera con una nueva abrazadera. Tiempo requerido: 1hs.</p>
	<p>D</p> <p>El proceso se ve interrumpido antes de completar las 4 horas</p>	<p>1</p> <p>El cilindro neumático no se acciona de forma coordinada con el llenado</p>	<p>Se registra pérdida de presión en el circuito neumático que no permite desplazar el vástago del elemento neumático a la velocidad correcta, debido a resecaimiento de mangueras de la red y fugas de aire. Se para la máquina, se localiza la manguera con fuga y se cambia. Tiempo requerido: 0,5hs.</p>
		<p>2</p> <p>La válvula electroneumática impide el paso de AOVE hacia tolva receptora</p>	<p>La llave de paso de aire se encuentra obstruida y no permite lograr la presión de trabajo requerida para desplazar los cilindros neumáticos. Se debe parar la llenadora, parar la alimentación neumática, quitar la llave, limpiarla o sustituirla, rearmar el circuito y testear la alimentación de aire comprimido. Tiempo requerido: 1,5hs.</p>
		<p>3</p> <p>El sensor de posición no indica la presencia de envases en espera</p>	<p>No se manifiesta la apertura de puerta interna que permite el paso del fluido. Se debe parar la máquina, desconectar mangueras, recuperar el aceite, abrir electroválvula, realizar una limpieza, revisar estado de empaquetaduras, lubricación, asegurar una correcta conexión de la placa electrónica y módulo, regulador de tensión y conexión eléctrica. Rearmar cuando esté lista y conectar al circuito hidráulico. Tiempo requerido: 2,5hs.</p> <p>El circuito eléctrico que alimenta el sensor de posición no se encuentra en correcto estado y no se acciona el sensor de posición. Se debe parar la máquina, revisar el cableado y asegurar que tanto el cable como el regulador de tensión se encuentren en correcto estado, reconectar todo el circuito, testear sensor y comprobar su funcionamiento. Tiempo requerido: 0,5hs.</p>

		E	No llena el envase con AOVE	4	Un pistón se atasca realizando su recorrido y es incapaz de impulsar aceite hacia la boquilla	Se produce el ingreso de aire dentro del cilindro por tolva o porque se encontraba mal posicionado. Se debe parar la máquina, revisar cilindro de llenado y si se encuentra atascado, desarmar el conjunto, reemplazar los elementos averiados (eje de pistón, clavija, sellos y tapa), armar nuevamente el conjunto y colocarlo en su debido lugar, asegurando que la marca del eje coincide con el borde de la tapa del cilindro en su posición inicial. Tiempo requerido: 2,5hs.
				1	El variador de frecuencia deja de suministrarle energía al motor eléctrico.	Los rulemanes en el interior del motor eléctrico trifásico sufren daños por fatiga debido a su desgaste por uso normal y comienzan a demandar mayor cantidad de energía para continuar su funcionamiento. El relevo térmico del variador de frecuencia desconecta el suministro de corriente. Se debe abrir el motor y cambiar rulemanes. Tiempo requerido: 6hs.
				2	El variador de frecuencia no regula la velocidad angular a la que debe girar el eje del motor.	El PLC que comanda el variador no le envía la señal correcta, no coordinada al variador para que se complete el ciclo de llenado de manera precisa y de forma simultánea con el movimiento horizontal de la mesa transportadora. Debe ser revisado el PLC, evaluar conexiones y señales enviadas al VF. Tiempo requerido: 6hs.
2	Mantener el fluido a una temperatura no menor a 18°C y no mayor a 25°C, no alterar su acidez (igual o menor a 0.8 gramos de ácido oleico/L aceite), conservar su densidad (0.92g/mL para AOVE) y no variar el contenido de peróxidos (mEq O2/kg <=20).	A	La acidez del producto supera grado de acidez 0,8. El contenido de peróxidos es superior a 20mEq O2/kg.	1	Ingresar oxígeno en tolva receptora que produce oxidación de aceite.	Ingresar aire al sistema de bombeo, el cual genera burbujas en el conducto de salida por presión. El oxígeno favorece la oxidación del AOVE disminuyendo su calidad. Se debe cerrar el circuito de bombeo y alimentar tolva por gravedad. Parar la bomba, volver a cebar (llenar de líquido todo el compartimiento) utilizando válvula de alivio para hacer escapar el aire, comprobar un correcto funcionamiento. Tiempo requerido: 0,75hs.
3	Contener un volumen de 45L de AOVE en tolva receptora.	A	Incapacidad para contener 45L en tolva receptora.	1	La tolva receptora tiene una pérdida	Se manifiesta una pinchadura en tolva receptora por donde se pierde aceite. La máquina debe ser parada. Se debe vaciar y recuperar el aceite, retirar el elemento y soldar con acero inoxidable. Tiempo requerido: 3,5hs.
				2	El sensor de nivel de tolva no funciona correctamente y se rebalsa la tolva receptora	El sistema electrónico falla al enviar señales de ingreso o egreso de aceite a tolva receptora. No se detiene la máquina pero se debe inspeccionar el nivel de aceite en tolva por un operario para que no falte líquido ni se rebalse. Se debe reparar circuito eléctrico y/o plaqueta. Luego volver a colocar sensor de nivel y monitorear su funcionamiento. Tiempo requerido: 2hs.
4	Bombear como mínimo 2050 L/hs de AOVE desde tanque pulmón a tolva receptora.	A	No bombea AOVE hacia la tolva.	1	La toma de fluido se encuentra obstruida	El filtro de succión se encuentra obstruido y necesita limpieza. Se debe anular el circuito del sistema de bombeo y continuar por gravedad. Quitar el filtro, limpiarlo o cambiarlo según estado y volver a armar partes. Tiempo requerido: 1hs. Válvula de succión se encuentra trabada en posición de cierre. Se debe anular el circuito del sistema de bombeo y continuar por gravedad. Quitar el acoplamiento de manguera con la válvula, limpiar, reparar partes dañadas o cambiarla según estado y volver a armar partes. Tiempo requerido: 1,33hs.
				2	Se presenta aire o gas en el sistema	Sellos y collarín deteriorados que provocan el ingreso de aire al compartimiento interno de la bomba. Se generan vibraciones anómalas por explosiones de burbujas y se para la bomba. Se debe anular el circuito del sistema de bombeo y continuar por gravedad. Quitar el collarín y sellos, reajustar o cambiarlos según estado y volver a armar partes. Acoplar bomba a circuito de bombeo y cebar hasta que no se presente gas en su interior. Tiempo requerido: 2hs.
				3	El relevo térmico de la bomba interrumpe el suministro de corriente que demanda el motor.	Los cojinetes se encuentran tomados y no permiten un giro del eje de forma regular. Agarramiento de un rulemán que impide el movimiento fluido del eje. Se requiere abrir el motor, Reacondicionar cojinetes y cambiar rulemanes. Tiempo requerido 4,5hs.
		B	Bombeea menos de 2050 L/hs	1	Impulsor con partes deterioradas que ocasionan pérdidas de presión	Impulsor tapado por suciedad o desgastado ocasiona problemas de flujo. Se debe anular el sistema de bombeo, desarmar impulsor, revisar anillos y empaque de la carcasa, reemplazar elementos deteriorados y volver a armar. Conectar al circuito hidráulico y testear bomba. Tiempo requerido: 1,5hs.

			2	Los sellos tienen fugas de fluido	Los sellos mecánicos se desgastan en las juntas (entre parte móvil unida al eje y parte fija unida a carcasa) ocasionando fugas de líquido. Se debe anular el circuito de bombeo, desarmar sellos, reemplazarlos y volver a armar. Acoplar bomba a circuito nuevamente. Tiempo requerido: 2,5hs.	
5	Prevenir derrames de AOVE en cinta transportadora, panel de control, suelo de planta y operarios.	A	Se produce salpicadura de aceite en parte superior del envase, mesa transportadora, panel de control o en operario	1	Los sellos O'ring de la boquilla están desgastados y ocasiona perdidas de aceite al finalizar la inyección de dosis	Los O'ring se encuentran deformados y ocasionan pérdidas cuando se acciona el sistema neumático de la boquilla de llenado. Se debe parar la llenadora, quitar el pico y cambiar los sellos por otros nuevos. Volver a armar el pico y reanudar producción. Tiempo requerido: 0,75hs.
				2	El actuador doble efecto de la boquilla no retrae la varilla hasta su punto más elevado ocasionando pérdidas de aceite	Se manifiesta pérdida de presión debido a rotura de una manguera y el movimiento de la varilla interna no alcanza a detener el llenado antes de que rebalse el envase. Parar la máquina, cambiar manguera averiada en circuito neumático y testear presión de salida. Limpiar estación de trabajo. Tiempo requerido: 0,75hs.
				3	Una manguera de llenado se desajusta y el aceite fluye de forma descontrolada.	Se genera un estiramiento y oxidación de la abrazadera que mantiene acoplada a la manguera al sistema hidráulico. Esto hace que zafe la manguera y el fluido caiga sobre cinta y el suelo. Se debe parar la máquina, recuperar la mayor cantidad posible de aceite, limpiar toda la estación de llenado, colocar una nueva abrazadera y reanudar producción. Tiempo requerido: 0,66hs.
6	Evitar contaminaciones de AOVE con impurezas sólidas y/o líquidas.	A	La inocuidad del producto luego del llenado no es óptima.	1	Se contamina el aceite con partículas sólidas que ingresan por tapa de tolva receptora.	La tapa de tolva receptora no es completamente hermética, cual admite el ingreso de impurezas. Se debe controlar que todo el borde de la parte superior de la tolva se encuentre en contacto con la tapa. Realizar los ajustes necesarios. Tiempo requerido: 0,5hs.
7	Desplazar los envases de AOVE desde estación inicial hasta la salida de la estación de llenado a velocidad establecida en tablero de control.	A	No transporta los envases	1	El variador de frecuencia deja de suministrarle energía al motor eléctrico.	Los rulemanes en el interior del motor eléctrico trifásico sufren daños por fatiga debido a su desgaste por uso normal y comienzan a demandar mayor cantidad de energía para continuar su funcionamiento. El relevo térmico del variador de frecuencia desconecta el suministro de corriente. Se debe abrir el motor y cambiar rulemanes. Tiempo requerido: 6hs.
				2	El variador de frecuencia no regula la velocidad angular a la que debe girar el eje del motor.	El PLC que comanda el variador no le envía la señal correcta, no coordinada al variador para que se complete el ciclo de llenado de manera precisa y de forma simultánea con el movimiento horizontal de la mesa transportadora. Debe ser revisado el PLC, evaluar conexiones y señales enviadas al VF. Tiempo requerido: 6hs.

Hoja de Decisión basada en RCM: aquí se evalúan las consecuencias de fallas, se clasifican, se establece una tarea de mto., la frecuencia y el encargado de ejecutarla.

HOJA DE DECISIÓN BASADA EN TÉCNICA RCM II

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Clasificación adoptada	Tarea propuesta	Frecuencia inicial	Responsable	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4	Crítico				
							O1	O2	O3				Importante				
							N1	N2	N3				Tolerable				
1	A	1	S	N	N	S	S						Importante (01)	Verificar si el cuerpo de separación pierde aceite. Cambiar si se encuentra en mal estado.	Quincenal	Supervisor de línea	
		2	S	N	N	S	N	N	S					Importante (03)	Cambiar mangueras de llenado por nuevas.	Semestral	Supervisor de línea
	B	1	S	N	N	S	N	S						Importante (02)	Limpiar cuerpo de boquilla.	Quincenal	Operario de línea
		2	S	N	N	S	S							Importante (01)	Limpiar filtro FRL y monitorear pérdidas de aire en circuito neumático.	Mensual	Supervisor de línea
	C	1	S	N	N	S	N	S						Importante (02)	Inspeccionar estado y posición de tubo de envase. Limpiar el elemento.	Semanal	Operario de línea
		2	S	N	N	S	N	N	S					Importante (03)	Revisar estado de mangueras y depósito de lubricante en FRL. Reemplazar y/o rellenar.	Mensual	Supervisor de línea
		3	S	N	N	S	N	N	S					Crítico (03)	Cambiar abrazaderas de ajuste en zona de acoplamiento de mangueras.	Bimensual	Supervisor de línea
	D	1	S	N	N	S	N	S						Importante (02)	Verificar que llave de paso cumple su función. Limpiar o sustituir en caso de estar averiada.	Mensual	Supervisor de línea
		2	S	N	N	S	S							Crítico (01)	Abrir electroválvula y monitorear estado de empaquetaduras, lubricación, elementos desgastados. Registrar anomalías y programar sustituciones.	Bimensual	Personal de mantenimiento
		3	S	N	N	S	N	S						Crítico (02)	Inspeccionar estado de conexión eléctrica y funcionamiento de sensores. Reacondicionar.	Mensual	Supervisor de línea
		4	S	N	N	S	N	S						Crítico (02)	Controlar que la marca del eje del pistón coincide con tapa de cilindro en posición inicial. Lubricar elementos en movimiento con grasa de Molycote.	Semanal	Supervisor de línea
	E	1	S	N	N	S	S							Importante (01)	Evaluar estado de rulemanes del motor trifásico 220V (3HP), registrar anomalías detectadas y programar una posible sustitución de los mismos.	Bimensual	Personal de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	S						Importante (02)	Revisar estado de conexiones eléctricas entre el PLC y el variador de frecuencia y verificar las señales recibidas por este último.	Bimensual	Personal de mantenimiento

2	A	1	S	N	N	S	N	S					Importante (02)	Controlar que el cierre de tolva receptora sea hermético y que no existan fugas ni puertas de entrada.	Bimensual	Supervisor de línea
3	A	1	S	N	N	S	S						Tolerable (01)	Inspeccionar superficie de tolva receptora y constatar que no existen pérdidas ni orificios para el ingreso de partículas.	Semestral	Supervisor de línea
		2	S	N	N	S	S							Importante (01)	Verificar nivel de AOVE contenido en tolva y que se envíen las señales de forma correcta a electroválvula y bomba.	Mensual
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Importante (02)	Limpia filtro y válvula de succión. Reparar partes dañadas o reemplazar componentes.	Bimensual	Personal de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	N	S				Importante (03)	Quitar collarín y sellos, reajustar y lubricar. Reemplazar o reparar partes dañadas según estado y volver a armar bomba centrífuga.	Trimestral	Personal de mantenimiento
		3	S	N	N	S	N	S					Importante (02)	Examinar estado de cojinetes y rulemanes. Realizar la sustitución de partes dañadas o reparar componentes en mal estado que puedan recuperarse.	Bimensual	Personal de mantenimiento
	B	1	N	N	N	S	N	S					Tolerable (H2)	Limpia impulsor, cambiar anillos o empaque de carcasa que se encuentren dañados y volver a armar bomba.	Trimestral	Personal de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	S					Importante (02)	Verificar que caja de sellos no genere pérdidas de fluido y que esta se encuentra en posición correcta.	Mensual	Supervisor de línea
		2	S	N	N	S	N	N	S				Importante (03)	Reemplazar sellos de bomba (parte móvil, fija y juntas) por un conjunto nuevo.	Anual	Personal de mantenimiento
5	A	1	S	N	N	N	N	N	S				Tolerable (N3)	Reemplazar sellos O´ring de boquilla de llenado.	Semestral	Supervisor de línea
		2	S	N	N	S	N	N	S				Importante (03)	Inspeccionar circulación de mangueras de circuito neumático de accionadores de boquillas de llenado. Cambiar las que estén dañadas.	Mensual	Supervisor de línea
		3	S	N	N	S	N	S					Crítico (02)	Verificar ajuste de abrazaderas en mangueras de llenado. Apretar periódicamente y sustituir aquellas que se encuentren en mal estado.	Quincenal	Supervisor de línea
7	A	1	S	N	N	S	S					Importante (01)	Evaluar estado de rulemanes del motor trifásico 220V (0,5HP), registrar anomalías detectadas y programar una posible sustitución de estos.	Bimensual	Personal de mantenimiento	
		2	S	N	N	S	N	S					Importante (02)	Revisar estado de conexiones eléctricas entre el PLC y el variador de frecuencia y verificar las señales recibidas por este último.	Bimensual	Personal de mantenimiento

Rutas y gamas:

Luego de aplicar el método RCM y determinar las tareas de mantenimiento a realizar, la periodicidad y el responsable, se agrupan y se definen las fechas de ejecución. Las actividades pueden ser agrupadas en base a distintos criterios, los cuales son:

- **Área** en donde se realiza.
- **Equipo** al que se le ejecuta.
- **Responsable** de llevarla a cabo.
- **Frecuencia** de realización.

En base a la situación analizada, el área de la línea de envasado en Lata es la de fraccionamiento y las máquinas que la componen se encuentran contiguas, a una distancia pequeña, por lo que se decide construir las rutas y gamas de mantenimiento adoptando los criterios de “responsable” y “Frecuencia” de tarea.

En el diagrama de “Rutas de mantenimiento” se colocan tareas con una periodicidad no menor a “Semanal”. Las tareas diarias de mantenimiento correspondientes a revisión, monitoreo, lubricación y limpieza serán definidas de forma apartada. Solo se colocarán en Rutas y Gamas las que poseen un nivel de complejidad superior.

GAMAS:

Máquina Llenadora Lineal

PLAN DE MANTENIMIENTO		Frecuencia: DIARIA		Código de ruta:
Categoría: Inspección general		Edición:		Hoja:
		Fecha:		
Instalación por inspeccionar o revisar: Llenadora lineal				
Responsable: Personal operario				
*Firma operario:				
Herramientas requeridas:				
Insumos requeridos: Aceite SAE 30, Desodorante desinfectante ambiental DG-30				
Descripción de la tarea		Tiempo normal tarea	Resultado	Observaciones
Asegurar que cubiertas y tapas se encuentran cerradas.				
Limpieza general de picos de llenado y estación de trabajo.				
Inspección visual del motor.				
Verificación de correcto ajuste de mangueras neumáticas y de circuito hidráulico.				
Inspección visual de la tolva.				
Lubricación periódica de elementos en movimiento y contacto.				

Máquina Etiquetadora:

PLAN DE MANTENIMIENTO	Frecuencia: DIARIA	Código de ruta:	
Categoría: Inspección general	Edición:	Hoja:	
	Fecha:		
Instalación por inspeccionar o revisar: Etiquetadora			
Responsable: Personal operario y Supervisor de Línea			
*Firma operario:			
Herramientas requeridas: conjunto de llaves			
Insumos requeridos: alcohol isopropílico (IPA)			
Descripción de la tarea	Tiempo normal tarea	Resultado	Observaciones
Inspeccionar, limpiar y verificar posición y funcionamiento de Unidad de Tracción.			
Inspección, limpieza y verificación de partes de Desenrollador.			
Inspección, limpieza y verificación de partes en control inminente fin rollo etiquetas.			
Inspección, limpieza y verificación de partes de Sensor Etiquetas y Sensor de Producto.			
Inspección, limpieza y verificación de partes de Aplicador de Etiquetas.			

Máquina Inkjet:

PLAN DE MANTENIMIENTO	Frecuencia: DIARIA	Código de ruta:	
Categoría: Inspección general	Edición:	Hoja:	
	Fecha:		
Instalación por inspeccionar o revisar: Inkjet de sellado			
Responsable: Personal operario y Supervisor de Línea			
*Firma operario:			
Herramientas requeridas:			
Insumos requeridos: Solvente de limpieza especial GA (Inkjet)			
Descripción de la tarea	Tiempo normal tarea	Resultado	Observaciones
Inspeccionar, limpiar y verificar posición y funcionamiento de Inkjet.			
Comprobar correcto estado de cabezal.			

Máquina Mesa Transportadora:

PLAN DE MANTENIMIENTO	Frecuencia: DIARIA	Código de ruta:	
Categoría: Inspección general	Edición:	Hoja:	
	Fecha:		
Instalación por inspeccionar o revisar: Mesa transportadora			
Responsable: Personal operario y Supervisor de Línea			
*Firma operario:			
Herramientas requeridas:			
Insumos requeridos: Desodorante desinfectante ambiental DG-30, Aceite lubricante SAE 20			
Descripción de la tarea	Tiempo normal tarea	Resultado	Observaciones
Inspeccionar, verificar posición y controlar funcionamiento.			
Limpieza de toda la cinta.			
Limpieza exterior de motor y reductor.			
Lubricación de partes en contacto y movimiento.			

Rutas – Plan de Mantenimiento:

Máquina	Componente	Actividad	Frecuencia	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio					
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
LLENADORA	Cuerpo de separación	Verificar si el cuerpo de separación pierde aceite. Cambiar si se encuentra en mal estado.	Quincenal			X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
LLENADORA	Mangueras de llenado	Cambiar mangueras de llenado por nuevas.	Semestral																										X
LLENADORA	Cuerpo de boquilla	Limpiar cuerpo completo.	Quincenal			X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
LLENADORA	FRL y mangueras neumáticas	Limpiar filtro FRL y monitorear pérdidas de aire en circuito neumático.	Mensual				X			X				X				X				X				X			X
LLENADORA	Tubo de envase	Inspeccionar estado y posición de tubo de envase. Limpiar el elemento.	Semanal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LLENADORA	FRL	Revisar estado de mangueras y depósito de lubricante en FRL. Reemplazar y/o rellenar.	Mensual				X			X				X				X				X				X			X
LLENADORA	Mangueras de llenado	Ajustar o cambiar abrazaderas de ajuste en zona de acoplamiento de mangueras.	Bimensual				X							X								X							
LLENADORA	Cilindros neumáticos	Verificar que llave de paso cumple su función. Limpiar o sustituir en caso de estar averiada.	Mensual				X			X				X				X				X				X			X
LLENADORA	Electroválvulas	Abrir electroválvula y monitorear estado de empaquetaduras, lubricación, elementos desgastados. Registrar anomalías y programar sustituciones.	Bimensual				X							X								X							
LLENADORA	Sensor de presencia	Inspeccionar estado de conexión eléctrica y funcionamiento de sensores. Reacondicionar.	Mensual				X			X				X				X				X				X			X
LLENADORA	Pistones de llenado	Controlar que la marca del eje del pistón coincide con tapa de cilindro en posición inicial. Lubricar elementos en movimiento con grasa de Molycote.	Semanal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LLENADORA	Motor trifásico 220V (3HP) – VF	Evaluar estado de rulemanes del motor trifásico 220V (3HP), registrar anomalías detectadas y programar una posible sustitución de los mismos.	Bimensual						X								X								X				
LLENADORA	PLC – Variador de frecuencia	Revisar estado de conexiones eléctricas entre el PLC y el variador de frecuencia y verificar las señales recibidas por este último.	Bimensual						X								X								X				
LLENADORA	Bomba centrífuga	Verificar y ajustar la alineación de la bomba de forma paralela (eje, accionador y bordes de acoplamientos) y angular (caras del acoplamiento).	Mensual		X				X				X			X				X				X				X	
LLENADORA	Tolva receptora	Controlar que el cierre de tolva sea hermético y que no existan fugas ni puertas de entrada.	Bimensual				X							X								X							
LLENADORA	Sensor de nivel	Verificar nivel de AOVE contenido en tolva y que se envíen las señales de forma correcta a electroválvula y bomba.	Mensual		X				X				X			X				X				X				X	
LLENADORA	Bomba centrífuga	Limpiar filtro y válvula de succión. Reparar partes dañadas o reemplazar componentes.	Bimensual		X								X							X								X	
LLENADORA	Bomba centrífuga	Quitar collarín y sellos, reajustar y lubricar. Reemplazar o reparar partes dañadas según estado y volver a armar bomba centrífuga.	Trimestral		X												X												X
LLENADORA	Bomba centrífuga	Examinar estado de cojinetes y rulemanes. Realizar la sustitución de partes dañadas y/o reparar componentes en mal estado que puedan recuperarse.	Bimensual		X								X							X								X	
LLENADORA	Bomba centrífuga	Limpiar impulsor, cambiar anillos o empaque de carcasa que se encuentren dañados y volver a armar bomba.	Trimestral		X												X												X

Gestión de repuestos:

A modo de poder ejecutar el plan de mantenimiento de manera adecuada y respetando la periodicidad de las tareas, se debe de disponer de ciertos repuestos e insumos en almacén de planta, para poder abastecer a las maquinas cuando estas lo soliciten. Para poder determinar que repuestos son necesarios y como se gestiona su disponibilidad, se tienen en cuenta una serie de criterios:

Criticidad del equipo: tiene que ver con que el repuesto pertenece a un equipo crítico, importante o prescindible.

Consumo: grado en el que son consumidos los elementos utilizados en las máquinas durante el ciclo productivo. Aquellos de bajo coste que se consumen habitualmente deben ser mantenidos de forma permanente en stock.

Plazo de aprovisionamiento: tiempo que se requiere para poder disponer de un elemento específico, desde el momento en el que se emite una orden de pedido al proveedor hasta que llega a planta y se encuentra en condiciones para ser instalado.

Costo de adquisición: valor monetario de la pieza. Este aspecto se debe considerar a modo de saber cuáles son los elementos de gran valor sometidos a desgaste a los que se les debe realizar un mantenimiento predictivo y, además, conocer al proveedor y plazos de entrega, para evitar mantener estas piezas en almacén de repuestos.

Costo de la pérdida de producción: se relaciona con el costo de oportunidad asociado al tiempo de producción imposibilitado de realizar debido a la no disposición del repuesto.

Determinación del repuesto que debe permanecer en stock:

Se adopta como criterio: Determinación según la necesidad de mantener repuesto en planta.

Puede ser de tres tipos: A, B y C. Siendo A el repuesto que debe permanecer en stock. Este repuesto se puede dividir a su vez en dos tipos: repuestos de gran rotación (consumibles), y material, que puede usarse en una multitud de equipos (repuesto estándar). Los tipos B se consideran repuestos importantes, cuales se debe conocer plazos de entrega y proveedores, pero no es necesario mantenerlos en almacén de repuestos. Los tipos C son repuestos prescindibles y que solo se los tiene en cuenta para el momento en el que se debe reponer por rotura.

Determinación del repuesto por tipo de aprovisionamiento:

Desde el punto de vista de la compra, podemos dividir el material en 3 tipos:

- Pieza estándar.
- Pieza a pedido del fabricante de la máquina.
- Pieza específica a medida.

GESTIÓN DE REPUESTOS				
		Equipo: Llenadora lineal LD-500-4		Hoja n°
		Realizado por: Alonso, Joaquín		
Sistema neumático		STOCK		
Componente	Clase	Detalle	Cantidad	Tipo
Aceite vegetal unidad FRL	A	Recipiente 1L	1	Estándar
Cilindro neumático de doble efecto	B	Diam. 63mm ; 120mm de carrera	1	Estándar
Válvula electroneumática	A	Electroválvula Vesta E52w1	1	A pedido
Mangueras neumáticas	A	d: 8mm ; poliuretano ; unidad: 1m	10	Estándar
Unidad FRL	B		1	A pedido
Filtro unidad FRL	A		2	Estándar
Sistema electrico/electrónico		STOCK		
Componente	Clase	Detalle	Cantidad	Tipo
PLC	B	Controlador Lógico Programable		A medida
Variador de velocidad	B	P/ Motor trifásico 3HP. Schneider, 380V		Estándar
Variador de frecuencia	B	P/ Motor trifásico 1HP. Weg, 380V		Estándar
Sensor de posición	B	Ultrasónico		A pedido
Sensor de nivel de fluido	B			A pedido
Sistema de transporte		STOCK		
Componente	Clase	Detalle	Cantidad	Tipo
Placas articuladas	B	820k750 Recta 190mm - 1 ROLLO		A pedido
Piñón de mando	A	z 25	1	Estándar
Rodamiento p/ motor trifásico 0,5HP	B	Proveedor: SKF rodamientos	2	Estándar
Aceite semi sintético reductor	A	Aceite SS p/ motor ; Unidad: 1L	2	Estándar
Grasa de Litio con Molycote	A	Unidad: kg	1	Estándar
Sistema hidráulico		STOCK		
Componente	Clase	Detalle	Cantidad	Tipo
Cuerpo de separación	A	Conforma boquilla de llenado	2	A pedido
O´ring boquilla de llenado	A	Modelo 2-110	10	Estándar
Tubo envase	B	P/ envase 0.25L, 0.5L, 1L, 3L, 5L		A pedido
Junta de teflón boquilla	B	Unión en boquillas de llenado		A pedido
Mangueras de llenado GA	A	Tricoflex acero al 3/4" - 45mm	5	Estándar
Empaque (bomba centrífuga)	A		1	Estándar
Sellos (bomba centrífuga)	A	AF 16mm	2	Estándar
Rodamientos para motor bomba	B	2rs 12.7 mm, marca SKF	4	Estándar
Rodamiento p/ motor trifásico 3HP	B	marca SKF. Proveedor: Chiabrando	2	Estándar
Cojinetes (bomba centrífuga)	B			Estándar
Electroválvula hidráulica	A	Qmax = 6 m³/h ; Material : Polipropileno con fibra de vidrio	1	A pedido
Conjunto cabezal - sello - tapa de pistón	A	Material: acero inoxidable	1	A pedido
Eje de pistón	A	Material: acero inoxidable	1	A pedido

Cabe destacar que no contamos con repuestos tipo C debido a que la Llenadora es un equipo crítico, por lo que todos los elementos de esta son indispensables para el óptimo funcionamiento.

Evaluación económica del programa de mantenimiento:

Estructura de costos:

En este apartado vamos a evaluar el costo que incurre ejecutar el plan de mantenimiento, es decir, todos los recursos que son necesarios para poder llevarlo adelante, expresados en unidades monetarias.

Costo de adquisición de repuestos y componentes para almacén:

A continuación, se presenta una lista con los precios de cada elemento que debe ser colocado en almacén para poder abastecer el programa de mantenimiento.

COSTO DE ADQUISICIÓN DE REPUESTOS				
Repuesto a almacenar	Detalle	Cantidad	Costo (USD)	Total (USD)
Aceite vegetal unidad FRL	Recipiente 1L	1	69.6	69.6
Cilindro neumático de doble efecto	D=63mm ; 120mm de carrera	1	325.9	325.9
Válvula electroneumática	Electroválvula Vesta E52w1	1	350.3	350.3
Mangueras neumáticas	d: 8mm ; poliuretano ; unidad: 1m	10	5.9	58.6
Unidad FRL		1	532.0	532.0
Filtro unidad FRL		2	39.2	78.5
PLC	PLC Schneider 32A	1	1351.4	1351.4
Sensor de posición	Ultrasónico	1	142.6	142.6
Sensor de nivel de fluido		1	171.2	171.2
Placas articuladas	820k750 Recta 190mm - 1 ROLLO	1	306.6	306.6
Piñón de mando	z 25	1	54.6	54.6
Aceite semi sintético reductor	Aceite SS p/ motor ; Unidad: 1L	2	12.0	24.0
Grasa de Litio con Molycote	Unidad: kg	1	57.1	57.1
Cuerpo de separación	Conforma boquilla de llenado	2	10.5	21.0
O´ring boquilla de llenado	Modelo 2-110	10	0.7	7.0
Tubo envase	P/ envase 0.25L, 0.5L, 1L, 3L, 5L	3	24.0	72.1
Junta de teflón boquilla	Union en boquillas de llenado	2	29.5	59.1
Mangueras de llenado GA	Tricoflex acero al 3/4" - 45mm	5	10.3	51.3
Empaque (bomba centrífuga)		1	21.0	21.0
Sellos (bomba centrífuga)	AF 16mm	2	36.0	72.1
Cojinetes (bomba centrífuga)		2	62.1	124.1
Electroválvula hidráulica	Qmax = 6 m³/h ; Polipropileno c/ fibra de vidrio	1	105.1	105.1
Conjunto cabezal - sello - tapa de pistón	Material: acero inoxidable	1	41.5	41.5
Eje de pistón	Material: acero inoxidable	1	57.1	57.1
TOTAL		54	159.0	4153.7

El costo total de adquisición y almacenamiento de repuestos (inicial) necesarios para el plan de mantenimiento se corresponde a 4153.7 USD americanos.

Costo de mano de obra de mantenimiento:

En este apartado se analiza el costo de mano de obra por parte del personal de mantenimiento para las tareas específicas propuestas, considerando un horizonte temporal de 1 año. Muchas de las tareas preventivas serán ejecutadas por los operarios y supervisor de línea, lo cual disminuye considerablemente los costos atribuidos a este aspecto.

Tarea de mantenimiento	Frecuencia inicial	Referencia de falla	Tiempo de realización	Frecuencia anual	Cantidad total de horas	Costo MO/hs (USD)	Costo total de MO (USD)
Limpiar filtro FRL y monitorear pérdidas de aire en circuito neumático.	Mensual	1B2 - Importante (01)	0.66	12	7.92	5.42	42.9
Revisar estado de mangueras y depósito de lubricante en FRL. Reemplazar y/o rellenar.	Mensual	1C2 - Importante (03)	1	12	12	5.42	65.0
Verificar que llave de paso cumple su función. Limpiar o sustituir en caso de estar averiada.	Mensual	1D1 - Importante (02)	1	12	12	5.42	65.0
Abrir electroválvula y revisar estado de empaquetaduras, lubricación, elementos desgastados.	Bimensual	1D2 - Crítico (01)	2.5	6	15	5.42	81.3
Inspeccionar estado de conexión eléctrica y funcionamiento de sensores. Reacondicionar.	Mensual	1D3 - Crítico (02)	1.5	12	18	5.42	97.6
Evaluar estado de rulemanes del motor trifásico 220V (3HP), registrar anomalías detectadas y programar una posible sustitución de estos.	Bimensual	1E1 - Importante (01)	3	6	18	5.42	97.6
Revisar estado de conexiones eléctricas entre el PLC y el variador de frecuencia y verificar las señales recibidas por este último.	Bimensual	1E2 - Importante (02)	2	6	12	5.42	65.0
Verificar y ajustar la alineación de la bomba de forma paralela (eje, accionador y bordes de acoplamientos) y angular (caras del acoplamiento).	Mensual	2A1 - Importante (02)	3	12	36	5.42	195.1
Verificar nivel de AOVE contenido en tolva y que se envíen las señales de forma correcta a electroválvula y bomba.	Mensual	3A2 - Importante (01)	0.33	12	3.96	5.42	21.5
Limpiar filtro y válvula de succión. Reparar partes dañadas o reemplazar componentes.	Bimensual	4A1 - Importante (02)	2.5	6	15	5.42	81.3
Quitar collarín y sellos, reajustar y lubricar. Reemplazar o reparar partes dañadas según estado y volver a armar bomba centrífuga.	Trimestral	4A2 - Importante (03)	2.5	4	10	5.42	54.2
Examinar estado de cojinetes y rulemanes. Realizar la sustitución de partes dañadas o reparar componentes en mal estado que puedan recuperarse.	Bimensual	4A3 - Importante (02)	4	6	24	5.42	130.1
Limpiar impulsor, cambiar anillos o empaque de carcasa que se encuentren dañados y volver a armar bomba.	Trimestral	4B1 - Tolerable (H2)	1.5	4	6	5.42	32.5
Reemplazar sellos de bomba (parte móvil, fija y juntas) por un conjunto nuevo.	Anual	4B2 - Importante (03)	4	1	4	5.42	21.7
Evaluar estado de rulemanes del motor trifásico 220V (0,5HP), registrar anomalías detectadas y programar una posible sustitución de los mismos.	Bimensual	7A1 - Importante (01)	3	1	3	6.42	19.3
Revisar estado de conexiones eléctricas entre el PLC y el variador de frecuencia y verificar las señales recibidas por este último.	Bimensual	7A2 - Importante (02)	2	1	2	7.42	14.8
TOTAL							1050.8

Como resultado, se obtiene que se incurre en un año en un costo de mano de obra de 1050,8 USD para poder llevar adelante el plan de mantenimiento.

A partir de estos resultados podemos conocer cuál es la cantidad de dinero que se destina a la ejecución del programa:

$$\text{Costo de mantenimiento} = \text{Costo repuestos} + \text{Costo MO}$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = 4153,7 \text{ USD} + 1050,8 \text{ USD}$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = 5205 \text{ USD}$$

Costos atribuidos a pérdida de producción por no ejecutar plan de mantenimiento:

Una vez conocidos los costos atribuidos a la aplicación del programa de mantenimiento, se desea conocer cuál es la pérdida de producción por la no ejecución / indebida realización de este. Para ello debemos considerar la producción de la máquina llenadora en condiciones normales, cumpliendo con los estándares de funcionamiento y calidad de producto establecidos. Se adopta para este análisis como producto final de referencia el AOVE envasado en latas de 0,5L de capacidad.

Se definen los siguientes conceptos y se evalúan para la línea de producción:

Tiempo de proceso (Tp): está ligado al producto que se fabrica con un proceso concreto. Es el tiempo total necesario para producir una única unidad de un determinado producto utilizando un determinado proceso.

$$\text{Tiempo de proceso (Tp)} = 44s$$

Tiempo de ciclo (Tc): tiempo que transcurre entre la producción de dos unidades consecutivas (siempre que se trabaje unidad por unidad). Es un indicador de la rapidez que está ligado exclusivamente al proceso.

$$\text{Tiempo de ciclo (Tc)} = 2,91s$$

Para obtener este resultado se evaluó el proceso de fraccionamiento de AOVE en lata de 0,5L, registrando el tiempo promedio entre latas obtenido en estación de revisión y empaquetado, a ritmo de trabajo regular sin paradas inducidas, por un periodo de 20 minutos. Esta evaluación se realizó en 5 días de trabajo diferentes, en distintos horarios y con rotación de operarios

Capacidad o rendimiento de proceso (semiautomático): la inversa del tiempo de ciclo es la capacidad del proceso. Esto es la medida en unidades producidas por unidad de tiempo.

$$\text{Capacidad de proceso} = 0,3438 \frac{\text{lata}}{s} = 1237,7 \frac{\text{lata}}{hs}$$

**Durante el análisis de este proceso se identifica una significativa diferencia entre la capacidad de producción de la línea fraccionadora en Lata y la capacidad productiva de la máquina Llenadora. Según fabricante la capacidad máxima de esta última es de 3800 latas/hs, puesto que la capacidad al final de la línea se está reduciendo respecto a la capacidad de este equipo en 2562,32 latas/hs, lo cual se corresponde a un 67,4%. Resulta conveniente dejar asentada esta observación para analizar el cuello de botella que está generando este impacto en la capacidad de la línea y evaluar posibles escenarios que permitan acercarla a la capacidad de la máquina Llenadora.*

Precio de venta unitario (PVU) de AOVE envasado en lata. Se toma la cotización en dólares al cambio "blue", cual representa el valor real al cual se puede vender cada lata en el mercado local argentino.

$$\text{Precio de venta (PVU)} = 2000 \frac{\text{ARS}}{\text{lata}} = 4 \frac{\text{USD}}{\text{lata}}$$

Tiempo disponible de producción: el turno de trabajo en sala de fraccionamiento en Yancanelo comienza a las 8:00 y finaliza a las 16:00. Se encienden las alimentaciones eléctricas y neumáticas y se preparan las maquinarias para producir desde 8 a 8.30. Se realiza un receso a las 12:00 para el almuerzo que dura 1 hora. Se emplean 30 minutos para realizar la limpieza de los equipos utilizados entre 16 y 16:30. Así se tiene un total de horas disponibles de operación de línea correspondiente a:

$$\text{Tiempo disponible operativo} = 3.5\text{hs} + 3\text{hs} = 6.5\text{hs}$$

Capacidad de proceso (manual): se registra aquí la cantidad de latas que pueden ser obtenidas con llenado manual con canilla de llenado desde tanque pulmón. Esto se evalúa para conocer cuál es la pérdida de capacidad cuando la máquina llenadora no se encuentra disponible.

$$\text{Capacidad de proceso} = 3 \frac{\text{lata}}{\text{min}} = 180 \frac{\text{lata}}{\text{hs}}$$

Este valor se obtiene a partir del registro del tiempo requerido para rellenar cada botella en lata de 0,5L y colocarle su debida tapa y sello de elaboración y vencimiento.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de lo evaluado en este apartado:

Técnica de producción implementada	Producto final obtenido	Cantidad de personas requeridas	Horas disponibles/día	Capacidad de producción (lata/hs)	Capacidad de producción (lata/32.5hs)	PVU (USD/Lata)	Valor de lote semanal (USD/lote)
Manual	AOVE en lata (0,5L)	3	6.5	180	900	4	3600
Semiautomática	AOVE en lata (0,5L)	3	6.5	1238	6190	4	24760

En base a la previa información se realiza el siguiente análisis comparativo:

Costo de oportunidad por pérdida de producción		
Proceso implementado	Pérdida de capacidad de producción (lata/32,5hs)	Costo de oportunidad por pérdida de producción (USD/32,5hs)
Manual	-5290	-21160
Semiautomático	-	-

El costo de oportunidad por pérdida de producción representa el dinero que deja de obtener la empresa por ventas (abasteciendo su demanda) por tener la línea de fraccionamiento en lata parada y tener que recurrir al método manual de llenado.

Justificación del plan de mantenimiento:

Se llevó a cabo para la línea de fraccionamiento en envases Lata la aplicación de la técnica RCM II que ofrece un plan de mantenimiento basado en confiabilidad del equipo, el cual se basa en preservar el estado de los equipos en aquel en el que se desea que continúe para cumplir la/s función/es que el usuario quiere, cumpliendo con los estándares de funcionamiento establecidos y adaptándose al contexto operacional en el que se encuentra inmerso.

En base al análisis de fallas funcionales que son factibles de ocurrir en el equipo, se concluye que a lo largo de un periodo de un año puede presentarse alguna falla funcional que ocasione la parada de la Llenadora lineal (y, por ende, la parada de la línea completa) durante 32,5 horas de operación. Esto ocasiona que se deba recurrir al método de llenado manual para obtener el producto y así cumplir con la demanda de producción de esta semana.

La probabilidad de que ocurra un fallo funcional a partir de la aplicación óptima de este plan de mantenimiento se disminuye a valores muy bajos, estableciendo una mayor confiabilidad y disponibilidad del equipo.

El costo de oportunidad por pérdida de producción de 32,5 horas de trabajo y el costo de implementar el plan de mantenimiento basado en confiabilidad se presentan a continuación:

JUSTIFICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	
COSTO TOTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO (USD)	5205
COSTOS DE MÁQUINA PARADA (USD)	21160
AHORRO (USD)	15955
AHORRO (%)	75.4%

Luego de analizar las alternativas se observa que, bajo las condiciones para las que se realiza este plan de mantenimiento, si este se aplica correctamente, se puede generar un ahorro que representa el 75,4%.

A partir de este resultado se determina que llevar a cabo el plan de mantenimiento presente es viable.