



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

**ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN
ARRANQUES DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S. A.**

Juan Pablo Godoy Ocampo

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN
ARRANQUES DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN PABLO GODOY OCAMPO

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN
ARRANQUES DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 15 de Mayo de 2021.

Juan Pablo Godoy Ocampo

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de noviembre de 2022
REF.EPS.DOC.358.11.2022.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Pablo Godoy Ocampo** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200212074, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCION DE TIEMPOS MUERTOS EN ARRANQUES DE PRODUCCION DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S.A**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Estuardo Sarceno Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EDSZ/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de noviembre de 2022
REF.EPS.D.370.11.2022

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

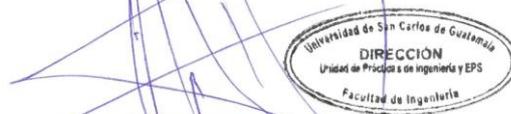
Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCION DE TIEMPOS MUERTOS EN ARRANQUES DE PRODUCCION DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S.A**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Pablo Godoy Ocampo** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra

Ref.EIM.003.2023

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN ARRANQUES DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S. A.** del estudiante **JUAN PABLO GODOY OCAMPO, CUI 2531737870101, Registro académico 200212074** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y enseñad a todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor – Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, enero de 2023
/aej

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.039.EIM.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN ARRANQUES DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S. A.**, presentado por: **Juan Pablo Godoy Ocampo**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero de 2023



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.202.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN ARRANQUES DE PRODUCCIÓN DE LÍNEA DE ATOLES EN ALIMENTOS, S. A.**, presentado por: **Juan Pablo Godoy Ocampo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme guiado en el camino del bien, del estudio y del trabajo fuerte.
- Mis padres** Edgar Alfredo Godoy y Gloria Esperanza Ocampo, por haberme motivado a estudiar y proporcionarme todos los medios para hacerlo.
- Mi esposa** Matyluz Facette Tapias, por ser mi motivación para terminar la carrera.
- Mis hijos** Juan Sebastián y Juan José, por ser el motor principal de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma <i>mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Escuela de Mecánica	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este trabajo de graduación.
Mi asesor	Ing. Edwin Estuardo Sarceño, por haberme guiado durante el EPS.
Empresas INGRUP Y Alimentos, S. A.	Empresas que bondadosamente me permitieron realizar prácticas y EPS a lo largo de los últimos años de universidad.
Familia y amigos en general	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia	1
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Valores	2
1.1.6. Línea de producción de atoles. Definición	3
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Definiciones básicas.....	3
1.4. Descripción del proceso de fabricación	4
1.4.1. Fabricación de harina de maíz.....	4
1.4.1.1. Línea de extrusión	5
1.4.1.2. Fases de la línea de extrusión	10
1.4.1.3. Componentes de línea de extrusión	10
1.4.2. Mecanismos de arranque	10
1.4.2.1. Dispositivos eléctricos	17
1.4.2.2. Dispositivos mecánicos	18

1.5.	Mejor control en el proceso	18
1.5.1.	Modificación y optimización de procedimientos de trabajo y operación.....	18
1.5.2.	Operación de la maquinaria y parámetros de operación para operar los procesos a mayor eficiencia	21
1.5.3.	Motivos de paro.....	22
1.5.4.	OEE.....	24
1.5.5.	Minimizar las razones de generación de paros	25
1.6.	Modificaciones <i>in situ</i>	25
1.7.	Ahorro de energía eléctrica	26
1.8.	Ahorro de agua	26
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	27
2.1.	Arranque de línea de extrusión	27
2.1.1.	Inspección de arranques	27
2.1.1.1.	Efectividad de arranque	27
2.1.1.2.	<i>Check list</i> de arranque	28
2.1.1.3.	Sistema de enfriamiento.....	29
2.1.1.4.	Sistema de calefacción	30
2.1.1.5.	Servicios auxiliares.....	32
2.1.2.	Equipos de línea de extrusión	32
2.1.2.1.	Exclusa.....	32
2.1.2.2.	Filtro	34
2.1.2.3.	Tubería y abrazaderas	34
2.1.2.4.	Micros de emergencia	36
2.1.2.5.	Dispositivos eléctricos de arranque	36
2.2.	Detalles de operación.....	37
2.3.	Detalles de funcionamiento	39

2.4.	Creación de guías de operación.....	40
3.	FASE DE DOCENCIA	41
3.1.	Importancia de orden en las labores de fabricación	41
3.2.	Mostrar tiempos iniciales y tiempos finales.....	43
3.3.	Proceso de fabricación antes y después	44
3.4.	Costo anterior y costo ahorrado	44
3.5.	Presentación de mejoras y avances.....	46
3.6.	Procedimiento de arranque modificado	47
3.7.	Discusión de resultados.....	47
3.8.	Listado de asistencia y firma de entendimiento	49
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	APÉNDICE.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Harina cruda.....	6
2.	Parte básica de un extrusor	7
3.	Hojuela precocida extruida.....	8
4.	Harina precocida	9
5.	Sistema de válvula de apertura y cerramiento	11
6.	Filtro, sensor y tolva circular de extrusores	12
7.	Extrusor	12
8.	Sensor de temperatura del molde PPRO	13
9.	Rotámetro	14
10.	Panel de control de secadora.....	15
11.	Enfriadora.....	16
12.	Separador de extrusión	17
13.	Flujo de paro de extrusor	20
14.	Pareto, motivos de fallas	24
15.	Enfriamiento de extrusor	30
16.	Calefacción extrusora.....	31
17.	Secadora.....	31
18.	Exclusas.....	33
19.	Ejemplos de filtros	34
20.	Ejemplos de tuberías y abrazaderas.....	35
21.	Micros de seguridad.....	36
22.	Dispositivos eléctricos	37
23.	Manómetro	38

24.	Fugas de producto	39
25.	Objetivos	40
26.	5 porqués del proyecto.....	42
27.	Gráfica de tiempos de arranques	43
28.	Asistencia y firma de entendimiento.....	49

TABLAS

I.	Datos obtenidos de arranques de extrusores	23
II.	OEE de extrusores.....	24
III.	Efectividad de arranque	28
IV.	Lista de chequeo de arranque de extrusores	29
V.	Tiempos de arranque	43
VI.	Efectividad del arranque	44
VII.	Cálculo de mejora económica	45
VIII.	OEE de diciembre de 2021	45
IX.	Lista de chequeo de arranque de extrusores	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
ASC	Aseguramiento de calidad
kg/h	Kilogramo por hora
qq	Quintales

GLOSARIO

Aire comprimido	Aire del que se ha reducido su volumen por medio de un compresor y es utilizado para mover alguna máquina o pieza.
Aire forzado	Se refiere a hacer pasar aire a través de un área y extraerlo para reducir temperatura.
Almidón	Es un producto natural de las plantas que da energía al cuerpo humano y sirve también para dar cuerpo y consistencia a los alimentos.
Alpina 710	Máquina refinadora de harina que consta de pines.
Amperaje	Unidad de medida para la corriente eléctrica.
ASA	Alimentos, S.A.
Carbohidratos	Son nutrientes presentes en los alimentos.
Celdas	Espacios cerrados de tamaños grandes que contienen harina.
Cuello de botella	Actividad más lenta y costosa, en empresas hace saber de un problema.

Densidad	Es la relación entre el peso y el volumen que ocupa un objeto.
Diagrama de Pareto	Es una gráfica de barras que indica cuál problema se debe resolver primero.
Disponibilidad	La disponibilidad mecánica está definida como la relación entre las horas trabajadas y las horas usadas en reparación.
Edulcorantes	Son aditivos que dan sabor al alimento.
Eficiencia	Es utilizar algo con el menor gasto posible.
EPS	Estudio de Práctica Supervisada.
Equipos auxiliares	Hacen referencia a agua, vapor y aire.
Extruir	Proceso de comprimir para dar forma a algo haciéndolo pasar por presión, temperatura y espacio comprimido
Hojuela	Lámina u hoja de producto.
Mangas de filtro	Tela larga para limpiar impurezas del aire.
OEE	Overall Equipment Efficiency (eficiencia general de los equipos).

PPRO/CP	Programa de Prerrequisitos Operativo.
Productividad	Dar uso correcto a los recursos obtenidos.
Proteína	Nutriente para el cuerpo humano.
Psi	Libra por pulgada cuadrada en inglés.
Puesto de trabajo	Se refiere a una máquina específica.
Rodamiento	Cojinete que permite el movimiento en un eje.
Rotámetro	Medidor de caudal.
Sistema neumático	Sistema que usa un compresor para aire.
Termocupla	Cable que mide temperatura.
Tiempo de residencia	Tiempo de permanencia en algún lugar.
Tiempo muerto	Tiempo de paro o falla.
Tolva circular	Espacio cerrado para almacenar harina.
Transductor de presión	Aparato que convierte la presión en una señal eléctrica.
Turbo cernedora	Máquina que gira y limpia la harina de impurezas con un tamiz.

Válvula neumática	Dirige y distribuye el aire.
Viscosidad	Capacidad de resistirse al movimiento de un líquido.
Wincos	Sistema de control integrado para el control del proceso de la marca Bühler.

RESUMEN

Los análisis de tiempos muertos, cuellos de botella y estudios de arranques y paros son usualmente realizados en plantas de producción, ya que ayudan a mejorar la eficiencia general de los equipos y los indicadores generales de las empresas tales como productividad y rendimientos.

En los arranques de una planta de producción que se encuentra detenida, ya sea por fin de semana, paros por limpiezas, cambios de producto o problemas operativos, hay tiempos de demora en los arranques, los cuales, si no se controlan oportunamente, perjudican la eficiencia de operación.

El presente diseño de investigación propone sentar las bases para calcular esta mejora de eficiencia operacional mediante la obtención de datos de producción y análisis de cada uno de los componentes de una línea de producción. Se mencionará cada uno de los dispositivos que en la línea de producción se utilizan.

También con la solución propuesta se espera que exista una mejora en la eficiencia de los equipos OEE y que haya un ahorro económico medible por medio de diferentes análisis de tiempos y de reportes de producción y productividad.

Por último, se hará llegar la información recolectada a todo el personal operativo y jefes encargados del proceso y de la planta para echar a andar las mejoras y que así queden implementadas en el transcurso del tiempo.

OBJETIVOS

General

Conocer el funcionamiento de la planta y línea de producción para lograr investigar ahorros posibles en líneas de producción de extrusión. Además, investigar y determinar acciones correctivas para realizar lista de chequeo de arranque en línea de extrusión y mostrar los resultados a jefatura de producción y capacitar al personal.

Específicos

1. Determinar un mínimo de 10 % de ahorro con base en tiempos de arranque y paros mediante la determinación del rendimiento actual y objetivo.
2. Aplicar las técnicas 5s, diagrama de pareto, Ixicaigua y 5 porqués, para diseñar lista de arranque para que los operadores puedan arrancar más rápido la máquina, tomando en cuenta todos los instrumentos, dispositivos mecánicos y servicios auxiliares que dicha línea o máquina contiene.
3. Determinar un mejor método de arranque para la línea de extrusión de harinas precocidas.
4. Mostrar resultado de tiempos y costos aplicados al proyecto para el correcto entendimiento del personal operativo y administrativo.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia de una planta de producción de alimentos se ve afectada por distintos motivos, entre los cuales están la velocidad de los equipos, la cantidad producida versus la cantidad planificada y la calidad de los productos terminados.

La empresa Alimentos, S. A. se ha caracterizado por la eficiencia y calidad de sus productos y servicios, tanto internos como externos, por medio de la mejora continua. Parte de la mejora continua está en reducir constantemente los costos y ello incluye el análisis de tiempos muertos en la planta.

En el proceso de producción hay varios puntos muertos o cuellos de botella, los cuales pueden representar costos que se deben corregir y reducir.

Actualmente se necesitan acciones correctivas para eliminar los cuellos de botella en la línea de producción, específicamente en los arranques de las máquinas al iniciar producción, ya que no se cuenta con una lista de comprobación, revisión de instrumentos y equipos auxiliares.

A solicitud del jefe de producción, el presente estudio y práctica supervisada busca resolver los tiempos de arranques y paros de una línea de producción.

También se hará la recolección de datos que muestren detalladamente el funcionamiento de la maquinaria, el desempeño de las máquinas, los periodos necesarios de lubricación e información sobre posibles modificaciones que sea

posible realizar para mejorar los procesos. Con estos datos se procederá a la creación de una base de datos que muestre a detalle el funcionamiento y desempeño de las máquinas para tener una mejor fabricación.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Alimentos S.A. es una empresa de origen guatemalteco con más de 60 años de experiencia y liderazgo en la elaboración y distribución de productos alimenticios de la más alta calidad. Sus productos tienen presencia en más de 10 países.

1.1.1. Ubicación

Alimentos, S. A. está ubicada en el km. 15 de la carretera a El Salvador, Santa Catarina Pinula, Guatemala C. A.

1.1.2. Historia

En 1965 se fundó Alimentos Populares de Centroamérica S.A., con el objetivo de producir y distribuir toda clase de alimentos para consumo humano, con el adecuado uso de carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y aplicación de procesos. Dos años más tarde cambió su razón a Alimentos, S. A.

Desde entonces, y gracias a la aceptación de los consumidores, ha desarrollado e introducido al mercado una serie de productos de éxito. Para aprovechar las oportunidades de crecimiento se separó el área de distribución de la empresa, formándose en 1994 Distribuidora Chiquimulteca, S. A., que un año después cambia a Central de Alimentos, S. A., distribuyendo desde entonces todos los productos.

En el año 2002 se iniciaron operaciones en la planta de Pinula, S. A. en Nicaragua, con la producción de la línea de Platanitos Señorial. Con la apertura de esta fábrica se buscaba el crecimiento hacia los países de Costa Rica y Panamá. En el 2019 se compró Pro-Nueces y Semillas en Costa Rica y se mejoró la presencia en el mercado regional. Hoy este grupo de empresas es una de las más importantes en el ramo de la fabricación y comercialización de productos alimenticios de la región.

1.1.3. Misión

Alimentar con pasión para un mundo mejor.

1.1.4. Visión

Ser la empresa líder en alimentos con mayor crecimiento en la región.

1.1.5. Valores

- Integridad: obrar con rectitud siempre, no importando las circunstancias. Incluye comunicar las intenciones, ideas y sentimientos. Vivir correctamente, ser honesto y confiable.
- Innovación: constante en los portafolios de las marcas, procesos y maneras de facilitar a los clientes y consumidores cómo obtener los productos.
- Resiliencia: es sobreponerse a los retos, anticiparse y adaptarse a los cambios que se presentan en los diferentes mercados donde participa la empresa.

- Excelencia: comprometerse a superar las expectativas de los clientes, mediante la mejora continua. Implica esforzarse por conocer y satisfacer las necesidades.

1.1.6. Línea de producción de atoles. Definición

Una línea de producción de atoles se define como las máquinas encargadas de procesar el maíz en grano, limpiándolo, moliéndolo, almacenándolo, descontaminándolo y convirtiéndolo en hojuelas, para luego molerlo y crear harina de maíz precocida para fabricar por medio de mezcla el atol necesario para los distintos productos que la fábrica requiere.

1.2. Descripción del problema

En el proceso de producción hay varios puntos muertos o cuellos de botella, los cuales pueden representar costos que se deben corregir y reducir.

Actualmente se necesitan acciones correctivas para eliminar los cuellos de botella en la línea de producción, específicamente en los arranques de las máquinas al iniciar producción, ya que no cuentan con una lista de comprobación, revisión de instrumentos y equipos auxiliares.

1.3. Definiciones básicas

- Cuellos de botella: puntos de congestión que causan retrasos en la producción.
- Acciones correctivas: pautas y acciones concretas que modifiquen el proceso productivo para mejorarlo.
- *Check list*: lista de chequeo de una línea de producción.

- ¿Qué es la extrusión en alimentos?: la extrusión es una técnica que implica el formado o moldeado de un producto por el paso forzado de materiales suaves o plastificables a través de dados con orificios o moldes, a fin de conseguir la estructura y características del producto deseado.
- Extrusión en frío: con la extrusión en frío se logra controlar la reducción del pH que impide que ciertos microbios y bacterias patógenas se repliquen, proporcionando un nivel de pH estable en los productos para evitar reacciones como la desnaturalización de proteínas, la purga de humedad o decoloración.
- Extrusión en caliente: el proceso de extrusión de alimentos es una forma de cocción rápida, continua y homogénea. Mediante este proceso mecánico de inducción de energía térmica y mecánica, se aplica al alimento procesado alta presión y temperatura en el intervalo de 100 a 180 °C durante un breve espacio de tiempo.

1.4. Descripción del proceso de fabricación

A continuación se presenta una breve descripción del proceso de fabricación del atol de maíz Incaparina. Esta breve descripción ayudará a ir desglosando las partes fundamentales de la línea de extrusión, en la cual fue solicitado hacer la mejora en este EPS.

1.4.1. Fabricación de harina de maíz

El procedimiento industrial consta de dos fases: la primera consiste en limpiar, descascarar y desgerminar el maíz para preparar la sémola; la segunda, en elaborar la sémola para producir harina precocida. Se ha intentado modificar aún más este método mediante la cocción por extrusión.

Este trabajo se enfoca específicamente en el segundo proceso: elaborar la sémola para producir harina precocida, la cual se fabrica en una línea completa de extrusión.

1.4.1.1. Línea de extrusión

La línea de extrusión cuenta con las siguientes partes:

- Tolva circular
- Extrusor
- Secadora
- Enfriadora
- Molinos
- Separador
- Celdas
- Alimentación de tolva circular

Dicha harina cruda que se va a extruir proviene de unas celdas de almacenamiento de que dispone la planta, son 4 celdas, cada una contiene 250 qq de espacio disponible y para extraer el producto dispone de un sistema de tornillos extractores que son controlados por medio de un control digital. Al salir dicha harina de las celdas, es enviada hacia la tolva circular de alimentación del extrusor por medio de un sistema de refinamiento y elevación hacia el 7^o. nivel donde se encuentra dicha tolva.

Figura 1. **Harina cruda**



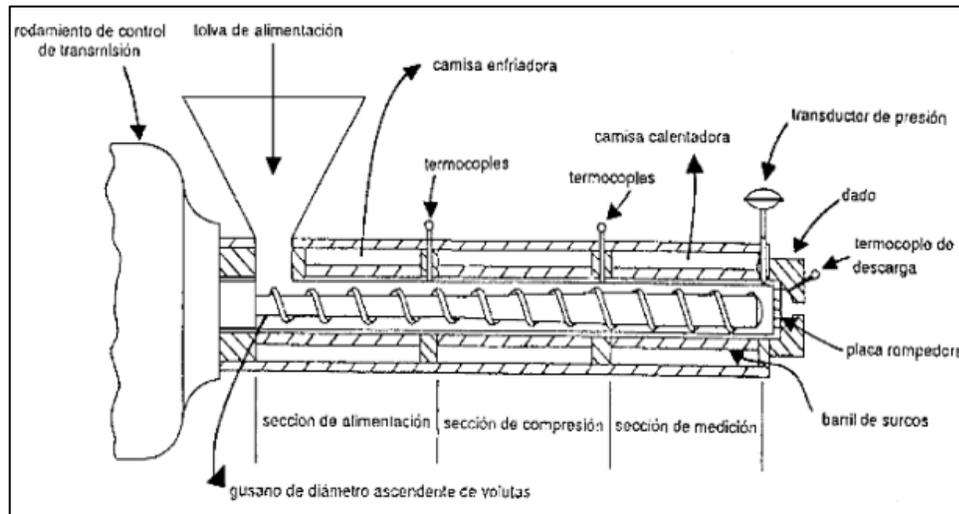
Fuente: área de producción, Alimentos S.A.

- **Extrusor**

La extrusión puede definirse como un proceso que involucra el transporte de un material, bajo ciertas condiciones controladas, forzándolo a pasar por una boquilla de una dada geometría y con un caudal masivo preestablecido, durante este transporte se produce la cocción parcial o total de los componentes por medio de fricción y temperatura.

La masa de partículas de harinas más o menos hidratadas es convertida en un fluido de muy alta viscosidad. A medida que este fluido es transportado, los elevados esfuerzos de corte, en combinación con la alta temperatura, transforman los elementos estructurales del material, es decir a los gránulos de almidón y las estructuras proteicas. Alimentos, S. A. dispone de extrusores tipo tornillo, los cuales fueron diseñados entre 1940 y 1950 para elaboración de *snacks* y harinas precocidas.

Figura 2. Parte básica de un extrusor



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente que ya se tiene la tolva circular llena de producto se procede a arrancar la línea completa y se comienza a alimentar el extrusor con la cantidad de agua, vapor y flujo de harina cruda necesarios. Se debe conocer que el molde y las piezas de todas las máquinas deben estar en perfecta colocación y listos para no tener atrasos, tampoco debe tener fugas de aire, vapor o de producto.

Figura 3. **Hojuela precocida extruida**



Fuente: área de producción, Alimentos S.A.

- Secado de la hojuela extruida

Después del arranque del extrusor, el producto se dirige al secado de la hojuela precocida, máquina que es configurada con la temperatura de secado óptimo y tiempo de residencia en las bandas.

- Enfriado de la hojuela extruida

Luego del secado correspondiente, el producto desciende al nivel inferior e ingresa a la enfriadora, que por medio de un aire forzado y una banda giratoria permite enfriar la hojuela aproximadamente a 30 grados centígrados.

- Molienda de la hojuela

Después del enfriado de la hojuela se va a molerla en unos molinitos de martillos. Es un prequebrado de la hojuela.

- Refinado de la hojuela

Luego de moler dicha hojuela precocida, ya se obtiene harina prequebrada y triturada, la cual será dirigida por medio de aire comprimido y se eleva a una celda de almacenamiento para ser refinada en una alpina 710, la cual consta de unos pines de acero inoxidable que se encuentran en dos discos que giran en sentido contrario para refinar y dar la granulometría indicada para la harina precocida, con rango de 0 a 1.5 micras.

Figura 4. **Harina precocida**



Fuente: área de producción, Alimentos S.A.

- Almacenamiento de harina precocida

Después del refinado en alpina 710, se eleva por medio de aire comprimido la harina hacia las celdas de almacenamiento para posteriormente ser utilizada para otros productos. Aquí termina el proceso de fabricación de harina precocida.

Cada paso mencionado lleva una serie de dispositivos de arranque que es necesario analizar para implementar un control y chequeo óptimos.

1.4.1.2. Fases de la línea de extrusión

Las fases de la línea de extrusión son las siguientes:

- Alimentación
- Adición de agua y vapor
- Extruido
- Secado y enfriado
- Molienda
- Pulverizado
- Almacenado

1.4.1.3. Componentes de línea de extrusión

En los posteriores subíndices se hace mención detalladamente de los componentes mecánicos y eléctricos más importantes que el operador mencionó con respecto a la línea de extrusión. Esto ayudará a enfocarse en estos mecanismos para nombrarlos en la lista de chequeo.

1.4.2. Mecanismos de arranque

Para detallar los dispositivos de arranque y operación se va a llevar paso a paso según el orden de secuencia de arranque de la línea de producción.

Las raseras de descarga de harina cruda de las celdas van hacia el sistema de refinamiento turbo-cernedora y molino refinador. Este sistema es una válvula neumática de apertura y cerramiento por medio de un pistón.

Figura 5. **Sistema de válvula de apertura y cerramiento**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

El aire comprimido que utiliza este sistema es de 7 psi. El pistón es de tipo émbolo.

Se detectó que el personal quita las mangueras para utilizarlas en otros lados por temas de limpieza y no las regresa nuevamente, esto atrasa el arranque. También el personal desconoce el funcionamiento de este equipo y constantemente tiene problema para que descienda la harina cruda dentro de la celda y esto un obstáculo para que fluya el producto.

Después de las celdas de harinas crudas está la tolva circular, la cual contiene un sensor de nivel que marca lleno o vacío y que es vital verificar que funcione correctamente. El sistema de raseras y el control del flujo hacia la tolva circular está controlado por un sistema digital en Wincos en el 5º nivel.

Figura 6. **Filtro, sensor y tolva circular de extrusores**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

Es importante también verificar que las mangas del filtro, las tapaderas y tornillos estén debidamente bien instalados. Posteriormente, en la figura 7, es posible apreciar el extrusor armado y listo para operar.

Figura 7. **Extrusor**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

Se debe verificar que las mangueras estén bien conectadas, que las lañas de sujeción de ambos lados del cañón estén bien colocadas, que la tubería de aspiración de las cuchillas y el acondicionador estén bien colocados, que el sistema de vapor marque mínimo 50 psi, y que el agua fluya correctamente a través de las mangueras y el rotámetro.

También es muy importante verificar que el sensor de temperatura PPRO en el extrusor esté ya conectado y funcione correctamente.

Figura 8. **Sensor de temperatura del molde PPRO**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

Figura 9. **Rotámetro**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

Se continúa con la secadora de hojuela, la cual se debe revisar para que no tenga en su parte interna o externa fugas de vapor o de producto.

También es necesario validar que las temperaturas en el panel de seteo sean las correctas.

Figura 10. **Panel de control de secadora**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

En el 3er nivel está la enfriadora, la cual se debe verificar para que se encuentre libre de producto, aspiraciones libres, sin fugas de vapor en las tuberías encima, y que la banda de la enfriadora esté en buen estado.

Figura 11. **Enfriadora**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

Después está el separador en el 2º nivel, el cual contiene unos tamices por dentro que separan la harina prequebrada gruesa de la más fina. Estos tamices deben ser revisados al arrancar la semana o en un paro forzado.

Figura 12. **Separador de extrusión**



Fuente: área de producción, Alimentos S. A.

Es importante que todos los equipos sean revisados constantemente, que no haya fugas, piezas semirotas o mal colocadas, para evitar los paros de producción.

En el anexo se colocan algunos otros conceptos de equipos para capacitar al personal de acuerdo con la necesidad de la planta. Se observa que el personal no tiene conocimiento básico de estos dispositivos, por lo que una de las acciones correctivas será darles dicho conocimiento para beneficio de la planta de producción.

1.4.2.1. Dispositivos eléctricos

- Botones pulsadores
- *Switch on off* en panel de control
- Lectores de amperajes

- Lectores de temperaturas *display*
- Variador de frecuencia
- Potenciómetro para regular velocidad de banda de secadora y enfriadora
- Tamalera, luz indicadora de falla en extrusor
- Lector de nivel sensor láser de nivel
- *Microswitch* para seguridad industrial

1.4.2.2. Dispositivos mecánicos

- Medidores de aire caudalímetro, manómetro
- Medidor de caudal de agua rotámetro
- Medidor de presión de vapor manómetro
- Banda transportadora
- Tornillo sin fin

1.5. Mejor control en el proceso

A pesar de que la línea de extrusión es antigua, se puede detectar oportunidades de mejora en el control del proceso productivo mediante análisis de datos y secuencia lógicas. A continuación, se hará mención de la oportunidad de modificar el procedimiento de trabajo y operación con base en el cálculo de graneles previo al paro.

1.5.1. Modificación y optimización de procedimientos de trabajo y operación

En esta práctica supervisada se detectó que se debe implementar una lógica de cálculo de granel o producto antes de arrancar el extrusor.

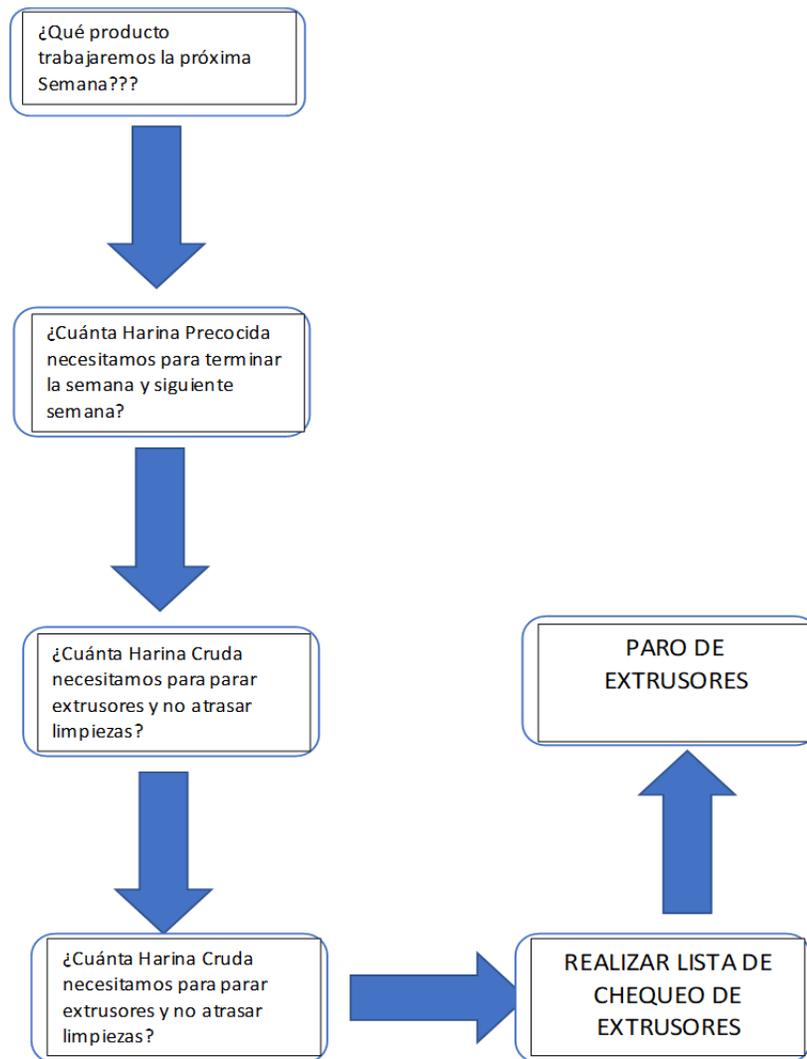
Esto por este motivo que es clave para el operador conocer las cantidades de graneles que se necesitan y se tienen antes de arrancar.

A continuación se muestra un diagrama de flujo que se entregó y explicó para entender los nuevos puntos a analizar antes de parar y arrancar un extrusor:

El objetivo de este pequeño diagrama de flujo es concientizar al personal sobre que, antes de parar el extrusor la semana anterior, se debe calcular cuánta harina cruda será necesaria y cuánta harina precocida se tiene que dejar. Esto servirá para no atrasar las limpiezas previas al próximo arranque. Este análisis formará parte del método a implementar en planta.

Figura 13. Flujo de paro de extrusor

PARO DE EXTRUSORES



Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Operación de la maquinaria y parámetros de operación para operar los procesos a mayor eficiencia

Los parámetros operacionales incluidos en la hoja de control de extrusión son los siguientes:

- Temperatura acondicionadora
- Temperatura del molde PPRO
- Capacidad kilos/hora
- Amperaje del motor
- Cantidad acondicionada de agua
- Velocidad de alimentación de unidades arbitrarias
- Velocidad de alimentación
- Velocidad de corte
- Tipo de molde
- Temperatura de secado
- Velocidad de bandas de secado
- Humedad del producto
- Viscosidad densidad

Es importante conocer cuáles son los dispositivos que controlan cada parámetro operacional para que el operador pueda controlar al 100 % su línea de producción. Además de los parámetros operacionales, también se deben tomar en cuenta partes de la maquinaria como:

- Trampas de polvo
- Filtros de aspiración, sistema de aspiración de los equipos
- Llaves, sistemas neumáticos
- Sistema de vapor

- Sistema de enfriamiento con agua
- Tornillos de sujeción claves y sistemas de apriete como abrazaderas
- Medidores de flujo, vapor y temperatura

Estas partes de la maquinaria son equipos auxiliares importantes para el correcto control y desempeño, conocerlos al 100 % ayudará a no tener atrasos ni paros tanto en el arranque como durante la producción semanal.

1.5.3. Motivos de paro

Actualmente la línea de extrusión para por lo general, el sábado 6 am y su proceso de limpieza, está planificado en 12 horas con 6 personas asignadas. Existe una limpieza rutinaria cada fin de semana que se conoce como limpieza superficial y hay cada 2 semanas una limpieza profunda a toda la planta y edificio, por lo que el tiempo de paro y la limpieza completa de toda la línea de extrusión están planificados en 12 horas. Es importante dicha limpieza, ya que el personal que la realiza debería tomar en cuenta los puntos clave para el arranque del lunes y así reducir los tiempos de arranque.

A continuación se indican cuáles son los puntos de atraso de arranque de los lunes:

- Falta de harina cruda
- Fugas de vapor
- Faltan piezas por armar
- No se terminó la limpieza / se repite limpieza
- ASC tarda en validar
- Problemas mecánicos o eléctricos al arrancar / no enciende
- Fugas de producto no dejan arrancar

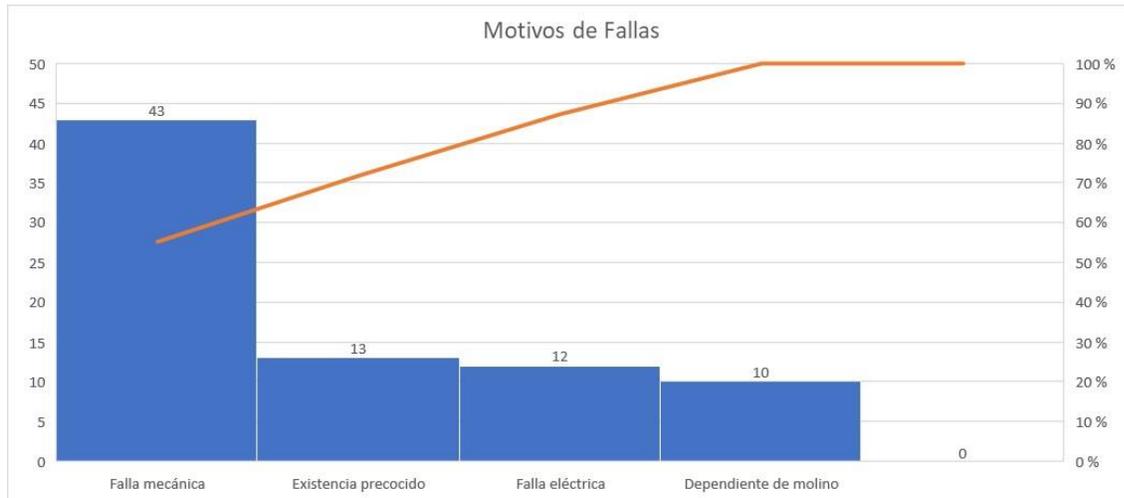
Tabla I. Datos obtenidos de arranques de extrusores

FECHA	PLANTA	OPERADOR	LÍNEA	PRODUCTO	ARRANQUE PROGRAMADO	ARRANQUE REAL	TIEMPO DE DESFASE	EFFECTIVIDAD DEL ARRANQUE	SUBPRODUCTO (kg)	Clasificación de falla	Columna1	NMES	MES	AÑO	
05/abr	Planta 1	Hipólito Romero	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	10:00:00	11:35:00	01:35:00	86 %	150,00 kg				04	Abril	2 021
05/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	10:00:00	12:30:00	02:30:00	80 %	207,00 kg				04	Abril	2 021
12/abr	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	11:50:00	03:50:00	68 %	61,60 kg				04	Abril	2 021
19/abr	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	22:00:00	22:02:00	00:02:00	100 %	145,00 kg				04	Abril	2 021
19/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	22:00:00	22:30:00	00:30:00	98 %	130,00 kg				04	Abril	2 021
26/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	18:00:00	18:30:00	00:30:00	97 %	37,80 kg				04	Abril	2 021
26/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	18:00:00	18:05:00	00:05:00	100 %	509,00 kg				04	Abril	2 021
06/may	Planta 1		Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	02:00:00	02:05:00	00:05:00	98 %	235,00 kg				05	Mayo	2 021
06/may	Planta 1		Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	02:00:00	02:05:00	00:05:00	98 %	285,00 kg				05	Mayo	2 021
10/may	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	09:00:00	01:00:00	89 %	398,00 kg				05	Mayo	2 021
10/may	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	10:00:00	10:15:00	00:15:00	98 %	189,00 kg				05	Mayo	2 021
20/may	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	06:00:00	06:45:00	00:45:00	104 %	65,00 kg				05	Mayo	2 021
14/jun	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	12:00:00	04:00:00	67 %	279,00 kg				06	Junio	2 021
14/jun	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Harina de maiz precocida original	09:00:00	10:45:00	01:45:00	84 %	230,00 kg				06	Junio	2 021
21/jun	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76 %	14,00 kg	Dependiente de m	1	06	Junio	2 021	
02/jul	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	06:00:00	22:30:00	16:30:00	27 %	720,00 kg	Falla eléctrica	2	07	Julio	2 021	
05/jul	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	10:00:00	11:30:00	01:30:00	87 %	16,18 kg	Falla mecánica	3	07	Julio	2 021	
19/jul	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	10:00:00	02:00:00	80 %	15,21 kg	Dependiente de m	4	07	Julio	2 021	
19/jul	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76 %	240,00 kg	Dependiente de m	5	07	Julio	2 021	
26/jul	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	11:30:00	03:30:00	70 %	38,07 kg	Existencia precocida	6	07	Julio	2 021	
26/jul	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	11:50:00	03:50:00	68 %	33,97 kg	Existencia precocida	7	07	Julio	2 021	
02/ago	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	07:30:00	09:00:00	01:30:00	83 %	42,62 kg				08	Agosto	2 021
12/ago	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	06:00:00	06:00:00	00:00:00	100 %	507,31 kg				08	Agosto	2 021
16/ago	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-2	Harina de maiz precocida original	08:15:00	09:00:00	00:45:00	103 %	155,98 kg				08	Agosto	2 021
16/ago	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:45:00	11:00:00	02:15:00	80 %	29,60 kg				08	Agosto	2 021
23/ago	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	11:00:00	03:00:00	73 %	23,27 kg				08	Agosto	2 021
30/ago	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	09:30:00	01:30:00	84 %	11,34 kg				08	Agosto	2 021
06/sep	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	09:00:00	11:00:00	02:00:00	82 %	43,00 kg	Falla mecánica	8	09	septiembre	2 021	
20/sep	Planta 1	Juan Sotoj	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	10:00:00	13:00:00	03:00:00	77 %	130,00 kg				09	septiembre	2 021
20/sep	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Harina de maiz precocida original	10:00:00	10:30:00	00:30:00	95 %	452,30 kg				09	septiembre	2 021
24/sep	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	06:00:00	06:00:00	00:00:00	100 %	292,81 kg				09	septiembre	2 021
28/sep	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	18:00:00	18:00:00	00:00:00	100 %	18,41 kg				09	septiembre	2 021
28/sep	Planta 1	Juan Sotoj	Extrusor X200-2	Harina de Maiz Precocida 1	22:00:00	22:00:00	00:00:00	100 %	58,70 kg				09	septiembre	2 021
04/oct	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	08:00:00	10:30:00	02:30:00	78 %	287,00 kg	Falla mecánica	9	10	Octubre	2 021	
11/oct	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	13:00:00	05:00:00	62 %	10,02 kg	Falla eléctrica	10	10	Octubre	2 021	
25/oct	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-2	Protomas a granel original	08:00:00	09:30:00	01:30:00	84 %	252,28 kg	Falla mecánica	11	10	Octubre	2 021	
25/oct	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maiz Precocida 1	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76 %	15,00 kg	Falla mecánica	12	10	Octubre	2 021	
25/oct	Planta 1	José Hernandez	Mezcladora Búhl	Incaparina Original	07:30:00	08:00:00	00:30:00	94 %	50,00 kg				10	Octubre	2 021
							00:00:00						01	Enero	1 900
							39	85 %							

Fuente: elaboración propia.

La efectividad es medida respecto a la hora planificada versus la hora real de arranque. El departamento de planificación da 2 horas para terminar de preparar, validar y arrancar las líneas de producción. La efectividad medida promedio en la línea de extrusión es de 82 %. Esto quiere decir que en promedio hay un atraso de 2 horas en los arranques, durante los meses en que fue llevado a cabo este EPS.

Figura 14. Pareto, motivos de fallas



Fuente: elaboración propia.

El mayor problema que se presenta en los arranques son fallas mecánicas que en el detalle de la tabla 2 se indica que son problemas de maquinaria.

1.5.4. OEE

Actualmente la eficiencia de la línea de extrusión es medida por medio de la eficiencia general de los equipos:

Tabla II. OEE de extrusores

Puesto de trabajo	Disponibilidad	Velocidad	Calidad	OEE
0102EX01	0,948	0,938	1,000	0,889
0102EX02	0,967	0,824	1,000	0,797

Fuente: elaboración propia.

El puesto de trabajo 0102EX01 es la línea de extrusión 1 y el puesto de trabajo 012EX02 es la línea de extrusión 2.

1.5.5. Minimizar las razones de generación de paros

Como se puede apreciar en la tabla 2, la disponibilidad y la velocidad son los rubros que afectan el OEE de estos equipos.

La velocidad en extrusores se ve afectada por el rendimiento de la línea de producción, es decir, qué tanta harina precocida se obtiene de harina cruda extruida.

La disponibilidad es afectada por todos los paros que tiene dicha maquinaria.

1.6. Modificaciones *in situ*

La planta de producción, la cual cuenta con 8 niveles en un edificio operativo, cuenta con un registro operativo oficial, el cual se puede modificar para que incluya una lista de verificación o chequeo previo al arranque de cada máquina.

Esto quedará dentro de las recomendaciones que se le dejará a los jefes y encargados de planta. También se puede modificar el procedimiento operativo para que aparezca mayor información y detalle de los puntos importantes mencionados en este informe.

1.7. Ahorro de energía eléctrica

El cálculo de ahorro de energía eléctrica para este proyecto de EPS deberá ser realizado con base en el resultado de la fase de servicio técnico profesional y fase de docencia, y deberá reflejar el ahorro de tiempo obtenido y el costo ahorrado.

1.8. Ahorro de agua

El cálculo de ahorro de agua para este proyecto de EPS deberá ser calculado con base en el resultado de la fase de servicio técnico profesional y fase de docencia, y deberá reflejar el ahorro de agua con base en el tiempo que se redujo el arranque de la línea de extrusión.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Arranque de línea de extrusión

Con base en la investigación en planta de la línea de extrusión se nombran los trabajos realizados durante los próximos dos meses.

2.1.1. Inspección de arranques

A continuación se detallan brevemente algunas acciones que se realizaron para la medición del proyecto de EPS asignado por ASA.

2.1.1.1. Efectividad de arranque

En este proyecto de EPS se mantuvo la inspección frecuente y un control de arranques por medio de hojas de Excel. A continuación se detalla dicho control:

Tabla III. Efectividad de arranque

FECHA	PLANTA	OPERADOR	LÍNEA	PRODUCTO	ARRANQUE PROGRAMADO	ARRANQUE REAL	TIEMPO DE DESFASE	EFFECTIVIDAD DEL ARRANQUE
05/abr	Planta 1	Hipolito Romero	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	10:00:00	11:35:00	01:35:00	86%
05/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	10:00:00	12:30:00	02:30:00	80%
12/abr	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	11:50:00	03:50:00	68%
19/abr	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	22:00:00	22:02:00	00:02:00	100%
19/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	22:00:00	22:30:00	00:30:00	98%
26/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	18:00:00	18:30:00	00:30:00	97%
26/abr	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	18:00:00	18:05:00	00:05:00	100%
06/may	Planta 1		Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	02:00:00	02:05:00	00:05:00	96%
06/may	Planta 1		Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	02:00:00	02:05:00	00:05:00	96%
10/may	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	09:00:00	01:00:00	89%
10/may	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	10:00:00	10:15:00	00:15:00	98%
20/may	Planta 1	José Esquit	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	06:00:00	05:45:00	00:15:00	104%
14/jun	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	12:00:00	04:00:00	67%
14/jun	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-2	Harina de maíz precocida original 45.4 kg	09:00:00	10:45:00	01:45:00	84%
21/jun	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76%
02/jul	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	06:00:00	22:30:00	16:30:00	27%
05/jul	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	10:00:00	11:30:00	01:30:00	87%
19/jul	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	10:00:00	02:00:00	80%
19/jul	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76%
26/jul	Planta 1	Efren Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	11:30:00	03:30:00	70%
26/jul	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	11:50:00	03:50:00	68%
02/ago	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	07:30:00	09:00:00	01:30:00	83%
12/ago	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	06:00:00	06:00:00	00:00:00	100%
16/ago	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-2	Harina de maíz precocida original 45.4 kg	08:15:00	08:00:00	00:15:00	103%
16/ago	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:45:00	11:00:00	02:15:00	80%
23/ago	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	11:00:00	03:00:00	73%
30/ago	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	09:30:00	01:30:00	84%
06/sep	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	09:00:00	11:00:00	02:00:00	82%
20/sep	Planta 1	Juan Sotoj	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	10:00:00	13:00:00	03:00:00	77%
20/sep	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Harina de maíz precocida original 45.4 kg	10:00:00	10:30:00	00:30:00	95%
24/sep	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	06:00:00	06:00:00	00:00:00	100%
28/sep	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	18:00:00	18:00:00	00:00:00	100%
28/sep	Planta 1	Juan Sotoj	Extrusor X200-2	Harina de Maíz Precocida 1	22:00:00	22:00:00	00:00:00	100%
04/oct	Planta 1	Esau Lopez	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76%
11/oct	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	13:00:00	05:00:00	62%
25/oct	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-2	Protemas a granel original	08:00:00	09:30:00	01:30:00	84%
25/oct	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	10:30:00	02:30:00	76%
25/oct	Planta 1	José Hernandez	Mezcladora Bühler	Incaparina Original	07:30:00	08:00:00	00:30:00	94%
							00:00:00	
							39	85%

Fuente: elaboración propia.

Este control ayudará a medir la mejora del proyecto.

2.1.1.2. Check list de arranque

Se ha diseñado un formato de lista de chequeo de arranques de extrusores con base en la secuencia de arranque del apartado 1.4.2 sobre dispositivos de arranque y operación:

Tabla IV. Lista de chequeo de arranque de extrusores

	Lista de Chequeo de Arranques Extrusor				Código: P1-R-0XX	Fecha de Emisión: Octubre 2021
	2				Version: 1	Fecha de Revisión: -----
INSTRUCCIONES: Realice esta lista de chequeo para garantizar que usted procederá a hacer un arranque exitoso sin poner en riesgo el equipo, materiales o recurso humano, la lista que a continuación se le describe le recordara pasos importantes que no debe dejar pasar por alto, si cumple marque con un Cheque "√" y si NO con una X y realice la acción correctiva correspondiente antes de hacer funcionar de nuevo la maquinaria. La presente lista la debe de utilizar Antes de Iniciar Producción (AA) , Durante la Producción (Dd) y al Inicio de la producción(Ip)						
Revisado por : _____	Turno: _____	Selector	Guardamotor	Validación		Acción correctiva
Producto a arrancar: _____	Fecha			Revisado		
No.	Descripcion equipos a REVISAR en detalle	Ubicación/Nivel	√	√	√	X
1	Cabina de Soya/Mangas/Tapadera/Filtro/Tipo de Soya 70pdi	Almacen				
2	Filtro/ Tapadera/Abrazaderas/Imán/ Empaques	8o				
3	Sensor/Puerta/Manga Colocada/Tornillo	7mo				
4	Cañon/Manguera/Motor cuchillas/ Configuración/Extrusor	6to				
5	Lañas/ Mangueras/ Cable del PPRO / Extrusor	6to				
6	Revisar tubería aspiración Muñeco y Acondicionador	6to				
7	Extrusion /Vapor/ Rotámetros con Flujo de agua constante	6to				
8	Torre de enfriamiento/ Llaves abiertas correctas	6to				
9	Mangas/Tapadera de Filtros del 6to nivel	6to				
10	Revisar bajada de producto lista y aspiracion destapada	5to				
11	Revisar banda de secadora lista / fugas de vapor /Seteo de temperaturas colocadas	4to				
12	Revisar enfriadora lista , Aspiraciones libres/ fugas de vapor	3ero				
13	Revisar detector de metales alpina 710 encendido y bueno	3ero				
14	Revisar pines , mangas, tapaderas sin fugas	3ero				
15	Revisar que no tengamos fugas de vapor arriba enfriadoras	3ero				
16	Cambios/ Tuberías/Abrazaderas/ mangas /Tamices en Separador / Cambios listos	2do				
17	Revisar Iman Libre	1ero				
18	Personal listo /Radio el alimentador	1ero				
19	Revisar cambio de llave hacia celda o hacia celda 10	1ero				
20	Tipo de soya ya verificada es la correcta	Almacen				
21	Molde protemas verificado y configuración correctos	6to				
22	Registros operativos listos	4to				
AA= Antes de iniciar produccion	Firma Operador					Observaciones:
DP= Durante la produccion						
IP= Inicio de produccion	Firma Jefe Línea					

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3. Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento de la línea de extrusión de harina precocida mencionado en el capítulo anterior es clave para el correcto arranque operacional y control del proceso de producción. Actualmente la planta únicamente cuenta con un rotámetro medidor de caudal de agua y unas mangueras con conectores de acople rápido para inyectar el agua en el extrusor.

Figura 15. **Enfriamiento de extrusor**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Sistema de calefacción

El sistema de calefacción de la línea de producción de harina precocida en extrusión es promovido mediante el uso de vapor seco de caldera.

Dicho vapor es inyectado en las siguientes máquinas:

- Extrusor
- Secadora

En el extrusor es inyectado a través de mangueras y acoples rápidos en lo que se conoce como la cabeza o cabezal del extrusor y en los elementos o cañón del extrusor.

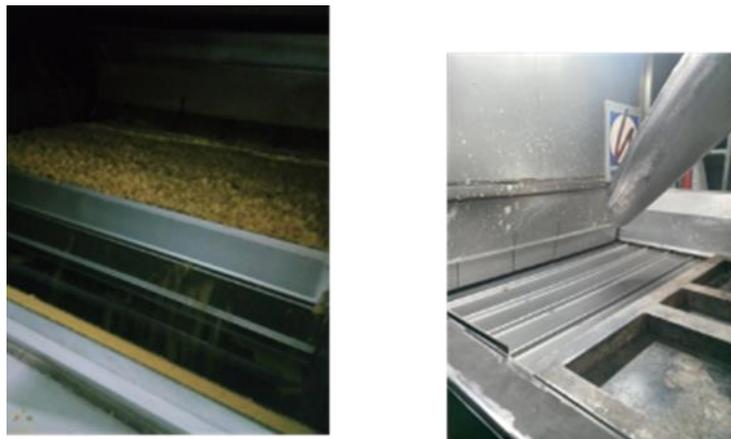
En la secadora es inyectado en distintos puntos de la máquina para secar la hojuela extruida.

Figura 16. **Calefacción extrusora**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Secadora**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.5. Servicios auxiliares

Se denominan servicios auxiliares los que abastecen los procesos productivos:

- Servicio de aire:

El servicio de aire en la planta de producción es de 100 libras de presión

- Servicio de agua:

El servicio de agua en la planta de producción es medido en extrusión por unidades arbitrarias y es variable entre 10 a 60 unidades. En otro punto, la línea de avena es medida en gal/min y oscila entre 0 a 20 gal/min.

2.1.2. Equipos de línea de extrusión

Son los siguientes:

2.1.2.1. Exclusa

Una exclusiva es una máquina que en esta planta sirve para controlar el flujo de producto que atraviesa un proceso.

Figura 18. **Exclusas**



Fuente: elaboración propia.

Tienen unas aspas que giran por medio de un motor y una cadena para trasladar el producto desde la parte superior de las aspas y la dirige hacia la parte de debajo de las aspas para que continúe el proceso.

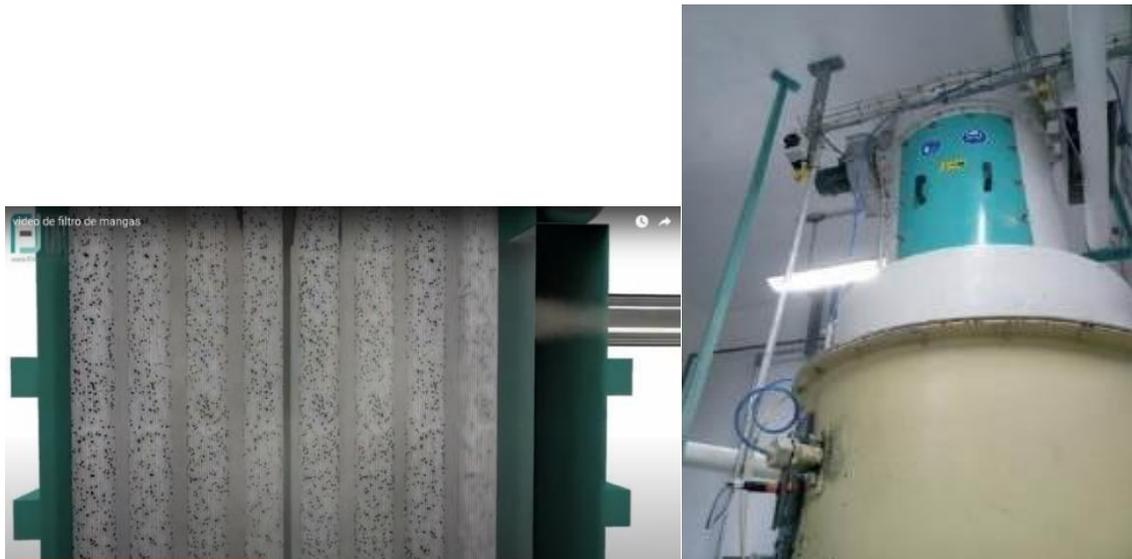
Esta máquina garantiza un flujo constante de salida en el proceso.

En esta planta de producción se usan las esclusas mayormente para garantizar la elevación de un flujo constante de harina hacia los distintos niveles del edificio operativo.

2.1.2.2. Filtro

Se ilustran a continuación:

Figura 19. Ejemplos de filtros



Fuente: elaboración propia.

Un filtro es una máquina que contiene mangas de tela y un sistema de aire para sacudir dichas mangas. El objetivo de los filtros es eliminar y extraer impurezas en el aire que circula en los diferentes procesos productivos. También funciona como liberador de presión en los espacios confinados.

2.1.2.3. Tubería y abrazaderas

La planta de extrusión y molino de maíz para fabricación de harinas cuenta con un sinnúmero de tuberías que elevan el producto y tubos de transporte que descienden o elevan el mismo.

Hacemos mención de las tuberías debido a que es clave en los arranques y paros de producción el correcto armado y desarmado de todas las tuberías y abrazaderas, y todos estos detalles se tomaron en cuenta en la lista de chequeo que solicitaron en este EPS.

Figura 20. **Ejemplos de tuberías y abrazaderas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.4. Micros de emergencia

Los dispositivos de microseguridad son ayudas que tienen las máquinas para detener un motor para evitar un accidente o amputación de un miembro del cuerpo de un ayudante u operador de producción. Son vitales para garantizar la seguridad de los colaboradores y encargados de la planta.

Se deben tomar en cuenta en toda lista de chequeo y revisar constantemente su correcto funcionamiento. Por lo general, a la par de un *microswitch* o selector se coloca un rótulo de peligro de amputación.

Figura 21. Micros de seguridad

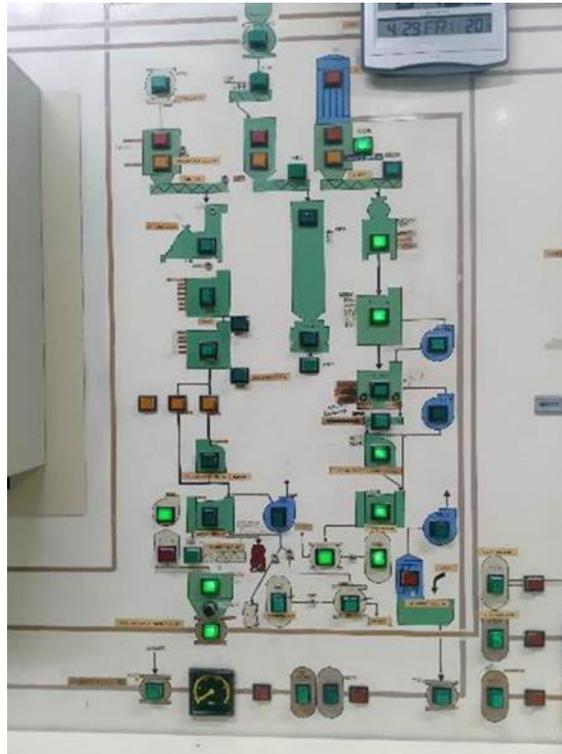


Fuente: elaboración propia.

2.1.2.5. Dispositivos eléctricos de arranque

Existen variadores de frecuencia, pulsadores con luz, *display* o pantallas táctiles, así como programas PLC para arranques automáticos.

Figura 22. **Dispositivos eléctricos**



Fuente: elaboración propia.

2.2. Detalles de operación

Para operar la línea de extruido de harinas precocidas se debe revisar la presión de vapor constantemente.

Figura 23. **Manómetro**



Fuente: elaboración propia.

El manómetro ubicado a la par del extrusor debe estar a no menos de 50psi. Esta presión es la autorizada para el flujo de vapor procedente de la caldera. En lo que respecta a la caldera, es importante que el operador sepa que el vapor no puede tener agua, ya que esto afectará la calidad del producto.

Es también necesario garantizar no tener fugas de producto tanto en el arranque del proceso como en la operación a 24 horas de la misma.

Figura 24. **Fugas de producto**



Fuente: elaboración propia.

2.3. Detalles de funcionamiento

Existen varios problemas en algunos detalles que es necesario mencionar para beneficio del proyecto de mejora, y se mencionan las posibles soluciones:

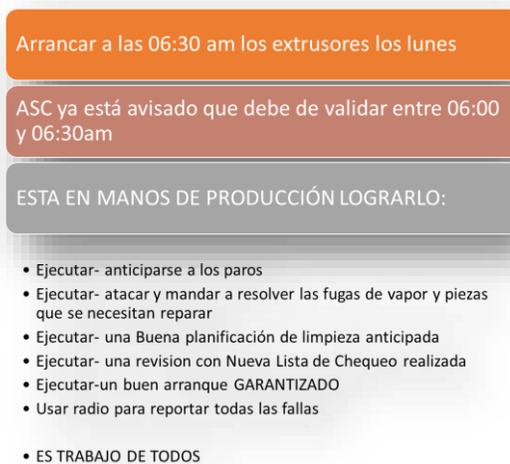
- Variadores de frecuencia con polvo y en un área difícil de limpiar. A estos se debe asignarles o fabricarles cajones para protegerlos o reubicarlos.
- El sistema de enfriamiento tiene variaciones en los niveles de agua dosificados al extrusor. Cotizar nuevo sistema de bombeo.
- Algunos botones del panel de control principal ya no funcionan.
- Solicitar cambio a mantenimiento o reemplazar el equipo selector dañado.
- Hay partes de tuberías de vapor que no están aisladas con protector térmico. Se debe pedir que se protejan para cuidar al personal.
- No existen medidores de nivel de harina dentro de las celdas de almacenamiento, el cálculo de existencias es variable, debido a que se calcula al ojo y experiencia.

- Comprar sensores de nivel por sonda.

2.4. Creación de guías de operación

Se está planteando a jefaturas de planta la creación de una guía de planificación de paro de extrusión, esto con el fin de cumplir con el diagrama de flujo que se mostrará al personal operativo. Se están planteando los siguientes objetivos contenidos en las guías o procedimientos:

Figura 25. **Objetivos**



Fuente: elaboración propia.

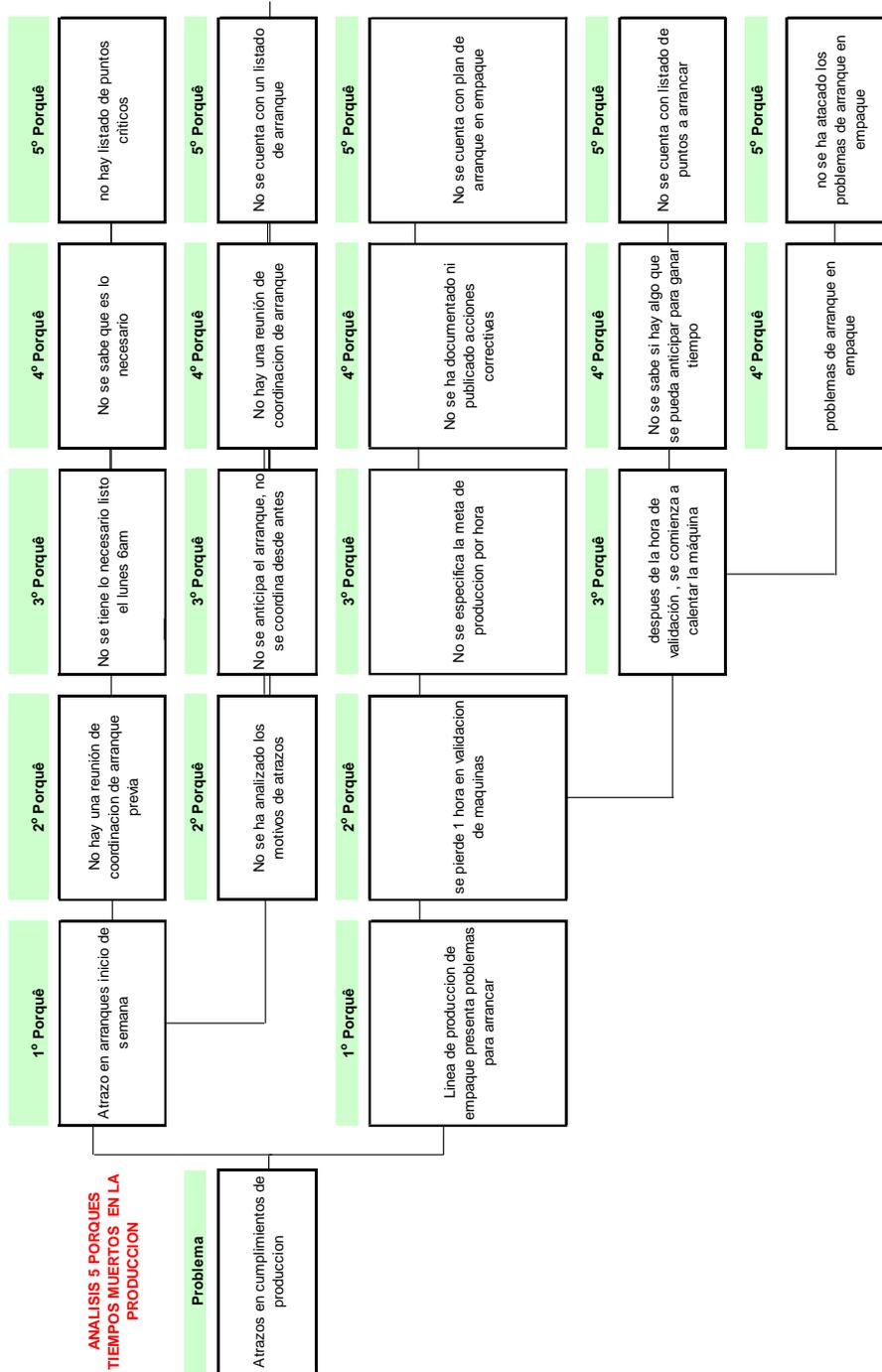
3. FASE DE DOCENCIA

3.1. Importancia de orden en las labores de fabricación

A continuación se presenta el análisis de los 5 porqués a las preguntas de atrasos en cumplimientos de producción relacionados con problemas de maquinaria.

Esto ayuda a visualizar la importancia de tener un orden y datos específicos que permiten controlar el proceso productivo.

Figura 26. 5 porqués del proyecto



Fuente: elaboración propia.

3.2. Mostrar tiempos iniciales y tiempos finales

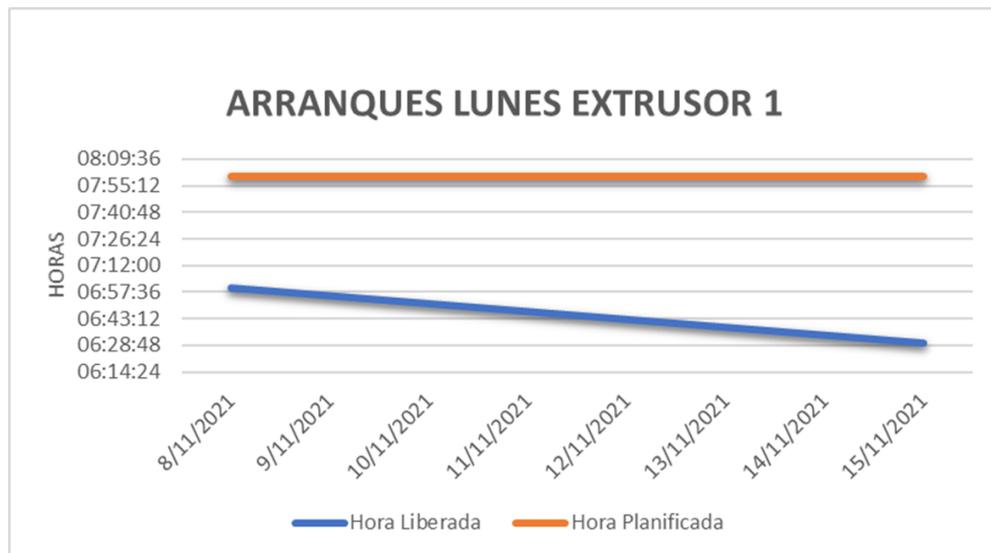
Se muestran a continuación los tiempos iniciales y finales:

Tabla V. **Tiempos de arranque**

Fecha	Extrusor	Hora Liberado	Hora Planificada	Tiempo Ahorrado	Motivo Atrazo
8/11/2021	1	07:00:00	08:00:00	01:00	Falta Harina Cruda
15/11/2021	1	06:30:00	08:00:00	01:30	Falta Harina Cruda

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Gráfica de tiempos de arranques**



Fuente: elaboración propia.

Se logra evidenciar en la tabla y gráfica que se ahorró 1 hora y 1 hora 30 minutos en los arranques observados.

3.3. Proceso de fabricación antes y después

El proceso de fabricación, antes y después del EPS, se mide con base en la efectividad de los arranques de esta maquinaria y línea de extrusión.

Tabla VI. Efectividad del arranque

FECHA	PLANTA	OPERADOR	LÍNEA	PRODUCTO	ARRANQUE PROGRAMADO	ARRANQUE REAL	TIEMPO DE DESFASE	EFFECTIVIDAD DEL ARRANQUE
08/nov	Planta 1	Noé Salay	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	07:00:00	01:00:00	114%
15/nov	Planta 1	Elvin Lopez	Extrusor X200-1	Harina de Maíz Precocida 1	08:00:00	06:30:00	01:30:00	123%

Fuente: elaboración propia.

En el control de arranques de lunes, se evidencia que el arranque de los extrusores el día 08 de noviembre del 2021 tuvo el 114 % de eficiencia. Cabe mencionar que la línea de extrusión 1 estaba lista antes de tiempo, sin embargo el molino de maíz aún no tenía harina cruda disponible para arrancar. No obstante, hubo mejoras en la preparación anticipada de la línea gracias a la lista de chequeo e involucramiento de todo el personal de planta de producción, revisión de todos los mecanismos y chequeos previos e inclusive anticipación al paro de producción desde el viernes para no atrasar la limpieza de la línea 1.

3.4. Costo anterior y costo ahorrado

La propuesta del proyecto es reducir 1 hora el tiempo de arranque de la línea de extrusión y eliminar los atrasos en los arranques.

Como se planteó en la situación actual, en el apartado 2.2, en la hoja de Excel se indica que el promedio de atraso en los arranques del lunes es de 2

horas 15 minutos y, en vez de arrancar a las 8 am como está planificado, se está arrancando a las 10 am. Esto no da la pauta sobre si se eliminan esas 2 horas de tiempo.

Tabla VII. **Cálculo de mejora económica**

Concepto	Horas	Capacidad(kg/h)	Total, Kg	Precio/Kg	Costo ahorro mensual
Tiempo	2,00	2 000	4 000	4,87	77, 920.00
Paros	0,00	1 800	0	4,87	0,00
					77,920.00

Fuente: elaboración propia.

Q 77 920,00 mensuales como oportunidad de mejora dentro de la empresa.

A raíz del proyecto, el OEE en el mes de diciembre 2021 mejoró de 0,84 a 0,91. Se muestra en la siguiente tabla el nuevo OEE:

Tabla VIII. **OEE de diciembre de 2021**

Puesto de trabajo	Disponibilidad	Velocidad	Calidad	OEE
0102EX01	0,945	0,982	1,000	0,928
0102EX02	0,955	0,941	1,000	0,899

Fuente: elaboración propia.

3.5. Presentación de mejoras y avances

Se diseñó un formato de lista de chequeo de arranques extrusores con base en la secuencia de arranque del apartado 1.4.2 sobre dispositivos de arranque y operación:

Tabla IX. Lista de chequeo de arranque de extrusores

Alimentos S.A		Lista de Chequeo de Arranques Extrusor				Código:	Fecha de Emisión:
		2				P1-R-0XX	Octubre 2021
						Version: 1	Fecha de Revisión:
INSTRUCCIONES: Realice esta lista de chequeo para garantizar que usted procederá a hacer un arranque exitoso sin poner en riesgo el equipo, materiales o recurso humano, la lista que a continuación se le describe le recordará pasos importantes que no debe dejar pasar por alto, si cumple marque con un Cheque "√" y si NO con una X y realice la acción correctiva correspondiente antes de hacer funcionar de nuevo la maquinaria. La presente lista la debe de utilizar Antes de Iniciar Producción (AA) , Durante la Producción (Dd) y al Inicio de la producción(Ip)							
Revisado por : _____		Turno:		Selector		Validación	
Producto a arrancar: _____		Fecha		Guardamotor		Revisado	
						Acción correctiva	
No.	Descripción equipos a REVISAR en detalle	Ubicación/Nivel	√	√	√	X	
1	Cabina de Soya/Mangas/Tapadera/Filtro/Tipo de Soya 70pdi	Almacén					
2	Filtro/ Tapadera/Abrazaderas/Imán/ Empaques	8o					
3	Sensor/Puerta/Manga Colocada/Tornillo	7mo					
4	Cañon/Manguera/Motor cuchillas/ Configuración/Extrusor	6to					
5	Lañas/ Mangueras/ Cable del PPRO / Extrusor	6to					
6	Revisar tubería aspiración Muñeco y Acondicionador						
7	Extrusion /Vapor/ Rotámetros con Flujo de agua constante	6to					
8	Torre de enfriamiento/ Llaves abiertas correctas	6to					
9	Mangas/Tapadera de Filtros del 6to nivel	6to					
10	Revisar bajada de producto lista y aspiración destapada	5to					
11	Revisar banda de secadora lista / fugas de vapor /Seteo de temperaturas colocadas	4to					
12	Revisar enfriadora lista , Aspiraciones libres/ fugas de vapor	3ero					
13	Revisar detector de metales alpina 710 encendido y bueno	3ero					
14	Revisar pines , mangas, tapaderas sin fugas	3ero					
15	Revisar que no tengamos fugas de vapor arriba enfriadoras	3ero					
16	Cambios/ Tuberías/Abrazaderas/ mangas /Tamices en Separador / Cambios listos	2do					
17	Revisar Iman Libre	1ero					
18	Personal listo /Radio el alimentador	1ero					
19	Revisar cambio de llave hacia celda o hacia celda 10	1ero					
20	Tipo de soya ya verificada es la correcta	Almacén					
21	Molde protemas verificado y configuración correctos	6to					
22	Registros operativos listos	4to					
AA=Antes de iniciar producción		Firma Operador		Observaciones:			
DP= Durante la producción							
IP= Inicio de producción		Firma Jefe Línea					

Fuente: elaboración propia.

3.6. Procedimiento de arranque modificado

El método de limpieza, planificación y arranque implementado se sugerirá agregarlo al procedimiento operativo, modificando las partes que sean necesarias con el objetivo de que cualquier operador y personal nuevo o en capacitación que desee arrancar la línea lo pueda realizar.

Se tomó en cuenta que el arranque de inicio de semana debe ser anticipado desde la semana anterior, utilizando la lista de chequeo de arranque implementada. Además, se puede utilizar la lista de chequeo varias veces, por ejemplo:

- Primera revisión previa los jueves
- Segunda revisión previa los sábados al terminar limpieza
- Tercera revisión antes de arrancar el lunes

Esta metodología ayudará a garantizar un buen arranque los lunes e inicios de corrida.

3.7. Discusión de resultados

Sobre el análisis de la información obtenida en este proyecto debe conocerse:

- Se logró obtener una meta de arranque de inicio de producción a únicamente 30 minutos, tener lista la línea de extrusión a las 06:30 am, ahorrando Q 77 920,00 mensuales, lo que equivale a 114 % de eficiencia.

- Se logró determinar que el mayor motivo de atraso en los arranques de producción son las fallas mecánicas tales como falta de vapor y problema en caldera.
- Se logró determinar que es necesario modificar el método de paro de producción para que no afecte el arranque posterior en la siguiente semana y que se implemente el control de cálculo de harinas y graneles antes de parar la producción.
- Se logró determinar un método de evaluación de la línea de producción que involucra varios registros operativos y la nueva lista de chequeo, con el fin de la detección temprana de las fallas y problemas que afecten el arranque de producción semanal.
- Se logró determinar que la disponibilidad de harina cruda es importante para darle seguimiento a la mejora del proyecto dentro de la planta de producción de atoles.
- Se logró capacitar al personal acerca de instrumentación básica de la línea de extrusión de atoles y acerca de teoría del funcionamiento del extrusor.

3.8. Listado de asistencia y firma de entendimiento

A continuación se muestra el listado de asistencia de la capacitación:

Figura 28. Asistencia y firma de entendimiento

INSTITUCIÓN		NOMBRE DE LA ACTIVIDAD		FECHA DE EJECUCIÓN		LUGAR DE EJECUCIÓN	
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		SEMINARIO DE ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN		15 DE ABRIL DE 2011		CARRERA DE INVESTIGACIÓN	
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD: SEMINARIO DE ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN							
LISTADO DE ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN							
Nº	NOMBRE	IDENTIFICACION	NUMERO	FECHA	FIRMA		
1	José David Roldán	P	7	5693	[Firma]		
2	Juan Hernández	P	3	5215	[Firma]		
3	José María Martínez	P	7	6000	[Firma]		
4	Andrés López	P	3	6287	[Firma]		
5	José Coque	P	7	6475	[Firma]		
6	José Gómez	P	3	6070	[Firma]		
7	Roberto...	P	3	5092	[Firma]		
8	Roberto...	P	3	5005	[Firma]		
9	Roberto Hernández	P	7	5145	[Firma]		
10	Roberto...	P	7	6325	[Firma]		
11	Roberto...	P	7	5812	[Firma]		
12	Roberto...	P	7	5214	[Firma]		
13	Roberto...	P	7	5597	[Firma]		
14	Roberto...	P	7	6394	[Firma]		
15	Roberto...	P	7	2983	[Firma]		
16	Roberto...	P	7	5510	[Firma]		
17	Roberto...	P	7	6169	[Firma]		
18	Roberto...	P	7	784	[Firma]		
19	Roberto...	P	7	5039	[Firma]		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. En la primera semana de prueba se logró tener un rendimiento de arranque del 114 %. En la segunda semana se logró el 123 % de eficiencia de arranque.
2. Con base en la técnica de los 5 porqués y el diagrama de Pareto se determinó que los motivos de atraso son por mala planificación en la maquinaria, atrasos por falta de harina para extruir y fallas mecánicas en la línea de extrusión. Al atender dichos problemas fue posible obtener mayor eficiencia en los arranques de la maquinaria y un beneficio al disponer de mayor tiempo en la producción.
3. Se creó la lista de inspección para arranques de extrusores, esto aportará al mejor control y método de arranque de producciones en la planta de atoles.
4. Se planteó un nuevo método de cálculo de harinas y paros programados. Este método de fin de producción ayudará a cumplir el tiempo de limpieza, revisión de línea y resolución de fallas detectadas durante las inspecciones y, por consiguiente, se tendrá un buen arranque la semana posterior.
5. El nuevo horario pactado con el equipo de producción es a las 06:30 am, logrando reducir 2 horas el tiempo anterior, lo cual representa Q 77 920,00 de ahorro mensual en la planta de producción de atoles.

RECOMENDACIONES

1. Modificar lista de chequeo de arranque: evaluar el formato y, de ser necesario, hacer modificaciones y mejoras al registro e implementarlo oficialmente como un registro operativo.
2. Dar seguimiento al método de cálculo de la hora de parar los equipos el fin de semana, ya que al parar más tarde de lo planificado se atrasa la limpieza y, por consiguiente, la preparación formal y revisión de la línea ya no se realiza como está planificado.
3. Mejorar el ingreso a SAP de los avisos de paros por fallas. Esto ayudará a tener una mejor data de los motivos de fallas y paros en el sistema SAP.
4. Mejorar la revisión de registros operativos de inspección de máquinas y revisión de orden y limpieza de las líneas de producción. Esto ayudará a detectar los problemas durante la semana y resolverlos oportunamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. BEATRICE, Yolanda. *Optimización del proceso de extrusión y sellado de películas de mezclas de poliolefinas*. Trabajo de graduación de Ing. en Materiales. Universidad Simón Bolívar, Facultad de Ingeniería, 2007. 70 p.
2. GARCÍA, Roberto. *Estudio de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2005. 476 p.
3. GUTIÉRREZ, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2010. 359 p.
4. RAMÍREZ, Emmanuel. *Estudio e implementación de un sistema de iluminación y ventilación en el área de extrusión de plástico en la empresa polímeros y tecnología*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 182 p.
5. SUÉSCUM, Juan. *Mejoramiento de la eficiencia de una extrusora de doble tornillo para fabricación de tubería*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2007. 104 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Fallas en los equipos

Fallas mecánicas documentadas:

- Atrancamiento de exclusiva de elevación en primer nivel
- Fuga de aire y producto en tapaderas o abrazaderas
- Fuga en cañón de extrusor por mal apriete de sujeciones
- Motores con cojinetes dañados



Fallas eléctricas documentadas:

- Variador de frecuencia no arranca
- Botón de panel de arranque no acciona
- Giro de motor malo
- Detector de metales no enciende
- *Switch* de seguridad de puertas no cierra bien
- Termocupla no funciona (no da la temperatura)
- Bombas de agua no arrancan



Fuente: elaboración propia.

