

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Mejora de la productividad en una planta de procesamiento de
cárnicos

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Alfredo David Castillo Campuzano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi hija Ammy Castillo que me ha dado fuerzas para alcanzar la suficiente tenacidad y resiliencia ante toda situación de adversidad.

Alfredo David Castillo Campuzano

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haber brindado salud y sabiduría para lograr terminar la carrera.

Mi más sincero agradecimiento a mi madre Flor Campuzano y mi padre desde el cielo Alfredo Castillo, por sus consejos, y apoyo incondicional durante cada momento en mi vida.

A mi abuela, hermanos y demás miembros que estuvieron en momentos muy difíciles.

A mis amigos Sebastián Ortiz, Luis Rivadeneira, Diana Otacoma, Angélica Valarezo, Angie Gómez, por su gran ayuda, y motivación durante el desarrollo de este proyecto.

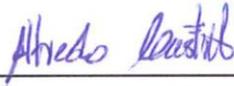
Al M.Sc. Jaime Macias, por ser un maestro y no un profesor, además por sus consejos motivadores.

A M.Sc. Sofía López, por sus enseñanzas y consejos durante la carrera.

Alfredo David Castillo Campuzano

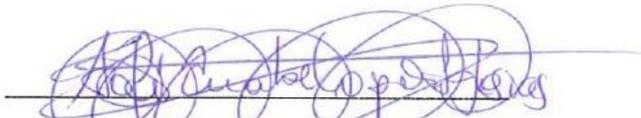
DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Alfredo David Castillo Campuzano* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Alfredo Castillo Campuzano

EVALUADORES



Sofía López I. M.Sc.

PROFESORA DE LA MATERIA



Jaime Macías A. M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo incrementar la productividad de un proceso de grado alimenticio en una planta de procesamiento de pollo. El proceso en la planta de producción consiste en la transformación del pollo en presas, que como primer caso pueden llegar al cliente con valor agregado, donde se le adhiere algún tipo de condimento, y/o saborizante, y como segundo caso simplemente el procesamiento de presas en bandejas como producto final.

Con la ayuda de la metodología DMAIC en cada una de sus etapas se determina las causas raíces y conjuntamente las soluciones al problema general. El síntoma muy presente al problema era los retrasos en el procesamiento de los productos en el área, dando como consecuencia alargues en la producción e incluso en la misma cadena de valor (aguas abajo).

Se determina que la causa más importante del problema es el desbalance en la operación tanto en el flujo de presas como en la carga de trabajo, para entonces como solución se balancea el flujo en el proceso de producción, así como también se crea un balance en la carga operativa, además de la reducción de micro-paradas y reprocesos en la línea de empaquetamiento causados por el mismo desbalance en toda el área.

Finalmente, se alcanzan beneficios tanto económicos como ambientales como aporte a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Con las mejoras, se pretende alcanzar \$4.576,46 dólares al año, reducir el consumo energético en 19 kwh al año, y evitar la contaminación al medio ambiente con el aprovechamiento de 9.343 bandejas al año.

Palabras Clave: Productividad, tiempo de ciclo, balanceo de línea.

ABSTRACT

This project aims to increase the productivity of a food grade process inside a poultry processing plant. The production plant process consists of the transformation of chicken into preys which can, in one case reach the customer with added value, where some type of seasoning, and / or flavoring is added or, on the other side, it can go simply as preys in a tray as final product.

Using the DMAIC methodology, the root causes are determined in each of the stages, together with the solutions to the general problem. The main symptom of the problem was the delay for processing products in the area, which extended the production time, or even caused problems downstream in the value chain.

The main cause of the problem is determined as an imbalance in the operation, both in the flow of dams and in the workload. Then, a solution is devised and the flow in the production process is balanced, as well as the operational load. Also, minor stops and reprocesses in the packing line caused by the same imbalance throughout the area are reduced.

Finally, both economic and environmental benefits are achieved as well as a contribution to the sustainable development goals (SDGs). With the improvements, cost savings are intended to reach \$4,576.46 dollars a year, energy consumption is reduced by 19 kwh per year, and pollution to the environment is avoided saving 9,343 trays per year.

Keywords: Productivity, cycle time, line balancing.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Definición y descripción del problema	2
1.1.1 SIPOC.....	2
1.1.2 Identificación de las necesidades del cliente - VOC	3
1.1.3 Características críticas de calidad – CTQ y los ODS.....	4
1.1.4 Definición del problema	6
1.1.5 Variable de interés.....	7
1.2 Restricciones.....	7
1.3 Justificación del problema	7
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
1.5 Marco teórico.....	8
1.5.1 5W+1H.....	8
1.5.2 Diagrama de Pareto.....	8
1.5.3 SIPOC.....	8
1.5.4 VOC	9
1.5.5 DMAIC	9

1.5.6	Mapa de la cadena de valor.....	10
1.5.7	Lluvia de ideas.....	10
1.5.8	Diagrama de Ishikawa	11
1.5.9	Matriz de impacto esfuerzo	11
1.5.10	5 ¿Por qué?	11
1.5.11	Balanceo de línea	11
1.5.12	Revisión literaria	11
CAPÍTULO 2.....		13
2.	Metodología	13
2.1	Medición	13
2.1.1	Plan de recolección de datos.....	13
2.1.2	Verificación de datos.....	14
2.1.3	Análisis de valor de procesos	23
2.1.4	Análisis de capacidad	24
2.2	Análisis	26
2.2.1	Análisis de las causas potenciales.....	26
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	29
2.2.3	Determinación de causas raíces.....	32
2.3	Mejora	33
2.3.1	Lluvia de ideas de soluciones	33
2.3.2	Selección de soluciones	35
2.4	Implementación y Control.....	39
2.4.1	Desarrollo de las soluciones	39
CAPÍTULO 3.....		43
3.	Resultados.....	43
CAPÍTULO 4.....		48
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	48

4.1	Conclusiones.....	48
4.2	Recomendaciones.....	48
	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	ANEXOS.....	50

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to Quality
3W+2H	What, Where, When, How much, How do I know
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
VSM	Value Stream Mapping
H-H	Horas Hombre
CD	Centro de Distribución
SKU	Stock Keeping Unit
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible

SIMBOLOGÍA

<i>Kg</i>	Kilogramos
<i>s</i>	Segundos
<i>n</i>	Tamaño de la muestra
<i>p</i>	proporción
<i>e</i>	margen de error
<i>z, t</i>	nivel de confianza
<i>kwh</i>	Kilovatio-hora

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1.1 Antecedentes de la empresa, fuente: autor del proyecto	2
Ilustración 1.2 Diagrama SIPOC, fuente: autor del proyecto	3
Ilustración 1.3 La voz del cliente, fuente: autor del proyecto	4
Ilustración 1.4 Características críticas de calidad, fuente: autor del proyecto	5
Ilustración 1.5 Objetivos de desarrollo sostenible, fuente: autor del proyecto	6
Ilustración 2.1 Cortes principales del pollo, fuente: autor del proyecto	15
Ilustración 2.2 Configuraciones de cortes en el pollo, fuente: autor del proyecto	17
Ilustración 2.3 Layout y recorrido del área, fuente: autor del proyecto	18
Ilustración 2.4 Pareto de SKU's, fuente: autor del proyecto	19
Ilustración 2.5 Flujo de proceso SKU, fuente: autor del proyecto	21
Ilustración 2.6 Tiempo de ciclo de los SKU's, fuente: autor del proyecto	21
Ilustración 2.7 Validación del estudio de tiempos, fuente: autor del proyecto	22
Ilustración 2.8 Validación del levantamiento de paras y reprocesos, fuente: autor del proyecto	23
Ilustración 2.9 Análisis de valor, fuente: autor del proyecto	23
Ilustración 2.10 Resultados del análisis de valor, fuente: autor del proyecto	24
Ilustración 2.11 Resultados del análisis de capacidad, fuente: autor del proyecto	25
Ilustración 2.12 Reunión operativa para lluvia de ideas, fuente: autor del proyecto	26
Ilustración 2.13 Lluvia de idea de causas potenciales, fuente: autor del proyecto	26
Ilustración 2.14 Pareto de causas potenciales, fuente: autor del proyecto	27
Ilustración 2.15 Diagrama Ishikawa de causas potenciales, fuente: autor del proyecto	28
Ilustración 2.16 Paras en línea de empaque, fuente: autor del proyecto	30
Ilustración 2.17 Reprocesos en línea de empaque, fuente: autor del proyecto	30
Ilustración 2.18 Paras en línea de empaque, fuente: autor del proyecto	31
Ilustración 2.19 Fallas en la limpieza en los equipos, fuente: autor del proyecto	31
Ilustración 2.20 Verificación de causas potenciales por gemba, fuente: autor del proyecto	32
Ilustración 2.21 Verificación de causas potenciales por gemba, fuente: autor del proyecto	32
Ilustración 2.22 Lluvia de ideas de soluciones, fuente: autor del proyecto	34
Ilustración 2.23 Matiz Impacto vs Esfuerzo, fuente: autor del proyecto	36
Ilustración 2.24 Diseño de platina para línea de empaque, fuente: autor del proyecto	39

Ilustración 2.25 Prioridades con el flujo de presas, fuente: autor del proyecto	40
Ilustración 2.26 Balanceo del área, fuente: autor del proyecto	41
Ilustración 2.27 Programación de presas, fuente: autor del proyecto	42
Ilustración 3.1 Mejora en las paras de la línea, fuente: autor del proyecto	43
Ilustración 3.2 Mejora en las reprocesos de la línea, fuente: autor del proyecto	44
Ilustración 3.3 Resultados de la variable respuesta con la mejora, fuente: autor del proyecto.....	45
Ilustración 3.4 Diagrama de cajas de la variable respuesta antes y después de la mejora, fuente: autor del proyecto	46
Ilustración 3.5 Ahorro anual de la mejora de productividad en dólares, fuente: autor del proyecto.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos, fuente: autor del proyecto	13
Tabla 2.2 Resultados del estudio de tiempos, fuente: autor del proyecto	20
Tabla 2.3 Ponderación de causas potenciales, fuente: autor del proyecto.....	27
Tabla 2.4 Plan de verificación de causas, fuente: autor del proyecto	29
Tabla 2.5 “5” por que’s, fuente: autor del proyecto.....	33
Tabla 2.6 Costo de implementación de soluciones, fuente: autor del proyecto	34
Tabla 2.7 Evaluación de soluciones, fuente: autor del proyecto.....	35
Tabla 2.8 Plan de implementación, fuente: autor del proyecto	38
Tabla 3.1 Resultados reprocesos, fuente: autor del proyecto	45

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolla en el centro de distribución de una cadena de supermercados de alcance nacional. Dicho centro está ubicado en Lomas de Sargentillo, en la provincia del Guayas y se compone de: una bodega, un crossdocking, y una planta de producción de cárnicos. El análisis de valor se ejecuta en la planta de producción de cárnicos, donde la tarea principal de la planta es la transformación de res, cerdo y pollo en productos con valor agregado o simplemente a cortes en bandeja.

En septiembre del año 2019, la empresa se ve en la necesidad de mejorar el proceso de producción de pollo. Se buscó optimizar este segmento del proceso productivo debido a que presenta mayor criticidad, porque, a diferencia del procesamiento de res y de cerdo (en los cuales se almacena producto), en el procesamiento de pollo la materia prima se recibe y procesa el mismo día.

En la producción de pollo, se cuenta con cuatro etapas principales en el proceso: la recepción, la transformación del pollo a partes (y/o presas), el procesamiento de productos con y sin valor agregado, y finalmente el pesado y etiquetado del producto.

La administración de la compañía ha evidenciado que el área de producción de pollo presenta atrasos, alargues en la producción, incremento de horas extra, así como incumplimiento en la planificación de carga de los camiones, y todas las afectaciones que, en los mismos términos se reproducen a las tiendas.



Ilustración 1.1 Antecedentes de la empresa, fuente: autor del proyecto

1.1 Definición y descripción del problema

Durante esta etapa se analizó los requerimientos del cliente, el problema de forma general, y el proceso al cual se expone el análisis. Esta etapa se da por medio del proceso general obtenido del SIPOC, la determinación de las necesidades del cliente a través del VOC, y las características críticas de calidad (CTQ).

1.1.1 SIPOC

El proceso bajo análisis, empieza desde la recepción de materia prima hasta la distribución y almacenamiento de los productos dentro de las cámaras de frío, para cada una de las ubicaciones de las tiendas.

La recepción del pollo se realiza el mismo día que se procesa, siendo esta una restricción en la operación. Esta operación se da por completo en un mismo día para contrarrestar el tiempo de vida útil del producto en la percha que, según los expertos, tiene una vida útil no mayor a 6 días. Una vez que se ha terminado la recepción, el producto pasa a un almacenamiento pulmón, temporal, para abastecer a la etapa más importante del proceso: la transformación del pollo en presas en la sierra de corte. Esta operación consiste en pasar el pollo en bruto a presas o partes, tales como: piernas, muslos, alas, pechuga, cuarto de pollo, entre otros.

El procesamiento de las partes del pollo depende del SKU (stock keeping unit) que se requiere en percha, por lo que depende de la demanda. Las presas o partes que se producen en la estación de corte van destinadas a otras estaciones de trabajo donde pueden ser agrupadas y empacadas sin valor agregado o, como es el caso de las alitas en salsa barbecue, pasan por otro proceso adicional para añadirle valor antes de ser empacadas y/o selladas. El ciclo continua con el pesado y etiquetado de los SKU's y finaliza con la consolidación de las bandejas de pollo junto con bandejas procesadas en el área de cerdo y res.

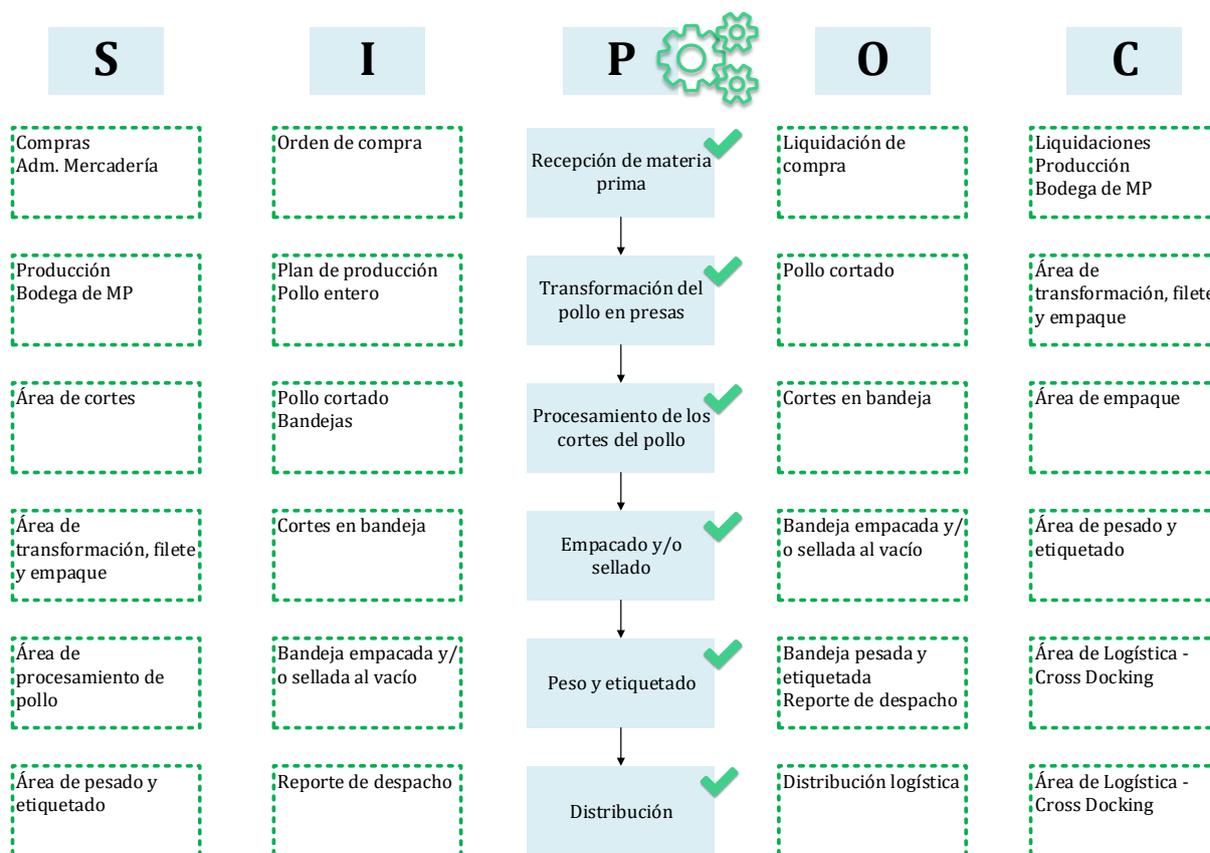


Ilustración 1.2 Diagrama SIPOC, fuente: autor del proyecto

1.1.1.1 El alcance del proyecto

Mediante la herramienta SIPOC, se define el alcance del proyecto como se muestra en la Ilustración 1.2, por lo que el proyecto de estudio inicia desde la transformación del pollo a presas, y termina con el empacado y/o sellado de los SKU's.

1.1.2 Identificación de las necesidades del cliente - VOC

Se realiza con la colaboración del jefe del área de carnes, jefe de del área logística, departamento de calidad, departamento de control, jefe del cross-docking,

operadores, entre otros. Se lleva a cabo un focus group, con la finalidad de identificar los problemas, y el impacto que estos ocasionan en el área que objeto de análisis en la empresa. La Ilustración 1.3 muestra el resumen de la voz del cliente.



Ilustración 1.3 La voz del cliente, fuente: autor del proyecto

1.1.3 Características críticas de calidad – CTQ y los ODS

Las necesidades del cliente sufren una transformación que va desde lo general hasta lo específico. Tal es el caso del incumplimiento en la planificación de embarque, la falta de organización del personal en el proceso, los problemas con la liberación en las maquinas (set-ups), entre otros, los cuales generan alargues en la producción. Por otro lado, se encuentra los reprocesos en la banda de la empaquetadora el cual conduce reprocesos. Las características críticas de calidad se muestran en la Ilustración 1.4, información muy útil para encontrar la variable respuesta.

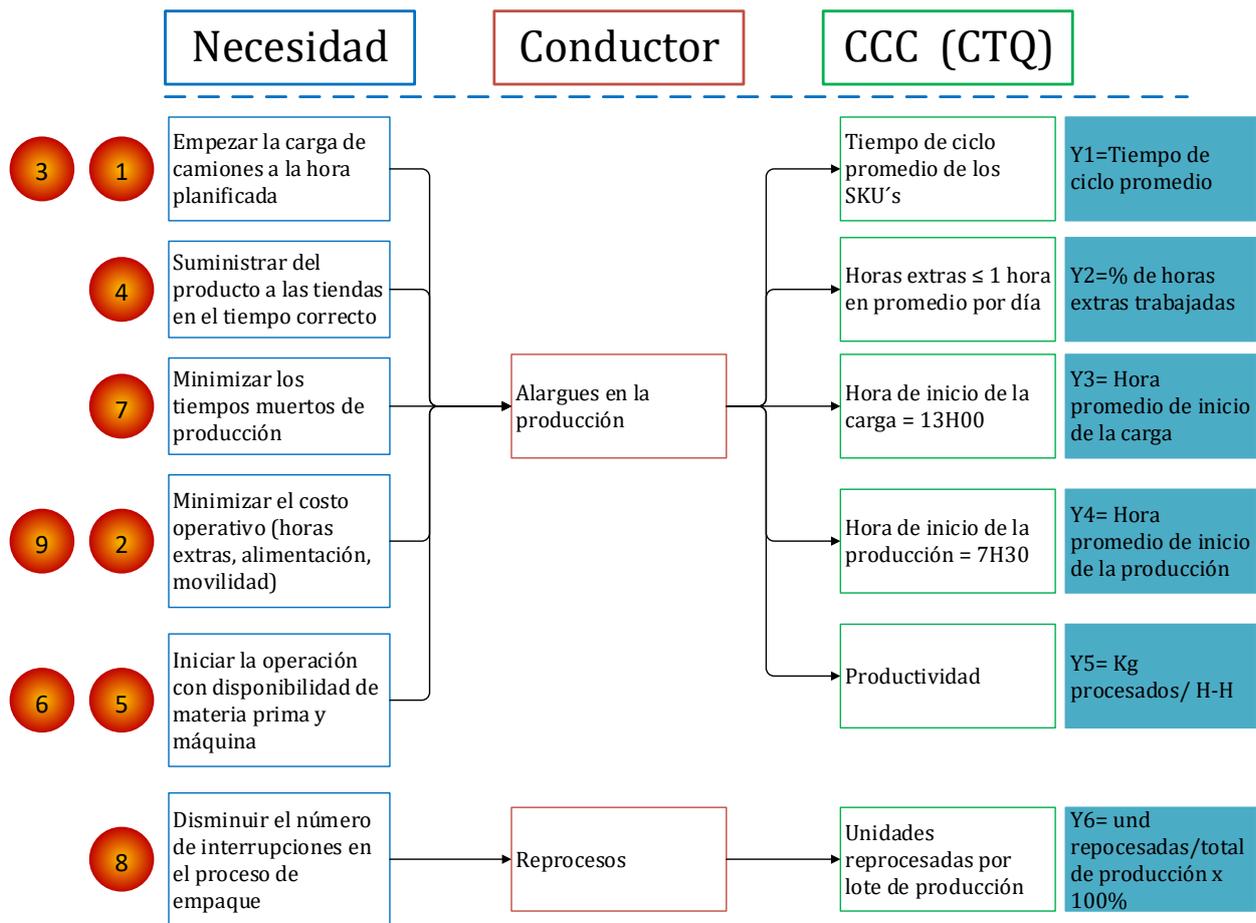


Ilustración 1.4 Características críticas de calidad, fuente: autor del proyecto

1.1.3.1 Los objetivos de desarrollo sostenible - ODS

La sostenibilidad hoy en día es más que un compromiso, por tal motivo se ha considerado el impacto que tiene mejorar este proceso como tal. Por ejemplo, para el caso del pilar ambiental, se tiene el reprocesamiento de bandejas, material que es muy difícil de reutilizar en el mismo proceso, por el hecho de tratarse de un producto alimenticio, por lo tanto cada bandeja reprocesada es una bandeja más en la basura. Sin embargo, se conoce por parte del departamento de suministros que cada bandeja tiene un costo aproximadamente de \$0.10 ctvs de dólar, lo cual además de ser un impacto al ambiente es un impacto al gasto de la empresa. Por otro lado, el pilar económico con la optimización de alargues en la producción el cual apunta a la productividad de la empresa. Finalmente, el pilar social, el cual esta notablemente claro desde la voz del cliente, como una falta de organización en la línea, esto crea a su vez alta carga de trabajo en unos trabajadores y en otros

baja, a su vez crea estrés laboral, entre otros elementos mejor explicados por la medicina ocupacional, como es el caso de estar expuesto por más de 8 horas al clima frío, a temperaturas cercanas a 4 grados Celsius, todo esto es provocado por el retraso en la operación. La Ilustración 1.5 muestra la relación entre las características críticas de calidad y los objetivos de desarrollo sostenible.

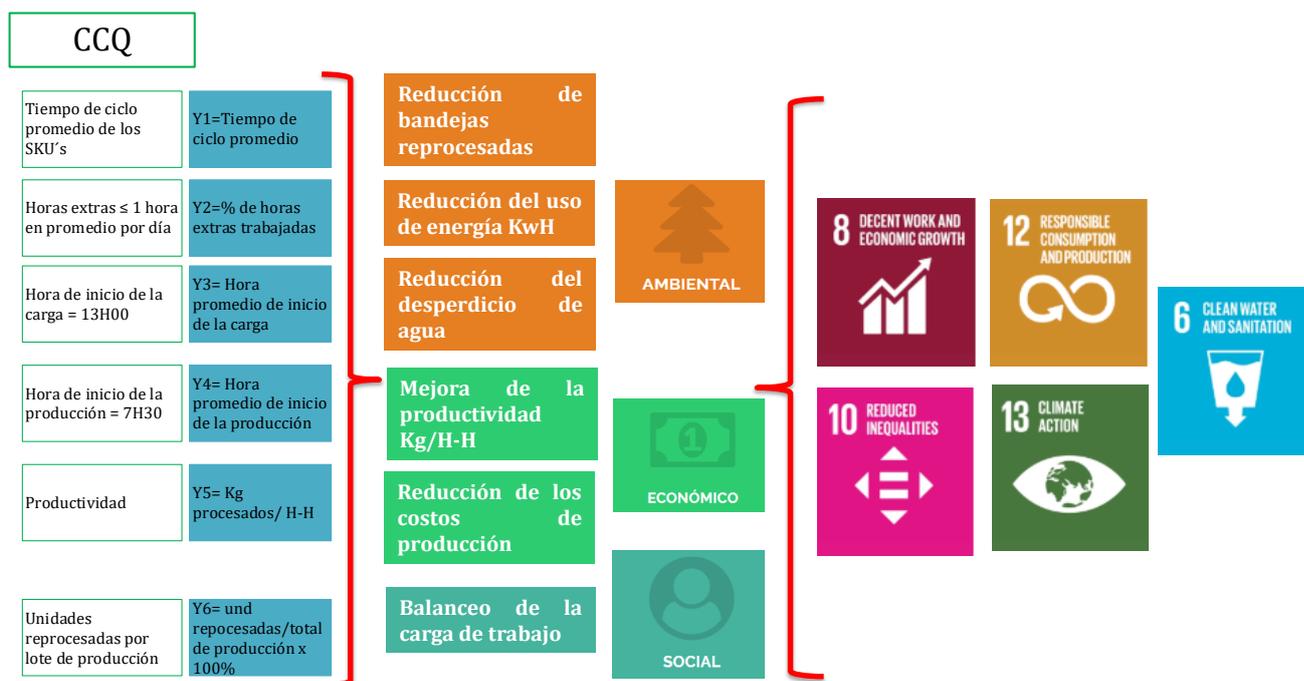


Ilustración 1.5 Objetivos de desarrollo sostenible, fuente: autor del proyecto

1.1.4 Definición del problema

La planta de procesamiento de pollos ha presentado problemas en la cadena de producción, dando como resultado un retraso el embarque y consolidación de los productos en el camión. Esto a su vez provoca el incumplimiento la planificación del área de transporte ocasionando un retraso en la cadena de valor, con el consecuente arribo tardío a las tiendas. A la luz de los hechos y con la ayuda de la herramienta 3W+2H se define formalmente el problema de la siguiente manera:

What

Where

How much

When

How

La productividad en la planta de procesamiento de pollo, ha sido 26 Kg/Hora-Hombre en promedio, desde enero hasta agosto del año 2019, pero la administración requiere que sea de 35 Kg/Hora-Hombre.

1.1.5 Variable de interés

Con la ayuda del árbol de la Ilustración 1.4 se logra definir la variable respuesta (Y), la cual se basa en la productividad, y se define de la siguiente forma:

$$Y = \frac{\text{Kilogramos producidos}}{\text{Horas-Hombre}}$$

Ecuación 1 Variable respuesta, fuente: autor del proyecto

1.2 Restricciones

- La ubicación de la planta,
- La presencia de un solo turno de trabajo,
- La cultura organizacional,
- La falta de trabajo en equipo.

1.3 Justificación del problema

La empresa ha experimentado un decline en su productividad desde enero hasta agosto del año 2019, creando la necesidad (y preocupación) por mejorar sus procesos. Esto sumado al incremento del costo de mano de obra, los problemas operativos, los alargues de la producción, las quejas de los clientes, entre otros, son factores que justifican la relevancia del problema.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Mejorar la productividad en 7% en relación a la situación promedio actual (26 Kg / H-H), desde enero de 2020.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Balancear el proceso de producción
- Reducir las mudas presentes en el sistema
- Cumplir la planificación de embarque
- Reducir las caga de trabajo y horas extras

1.5 Marco teórico

1.5.1 5W+1H

Según (Lean, 2015), la estrategia para el análisis de problemas con ayuda de los 5 porque, es básicamente un examen realizando las preguntas “¿Por qué?”, dónde después de obtener la primera respuesta, esta me llega al segundo ¿Por qué?, donde generalmente se puede llegar a la causa raíz después de realizar 5 repeticiones como mínimo.

1.5.2 Diagrama de Pareto

Permite asignar un orden de prioridades y algo muy importante para que tú puedas ser más productivo y más eficaz es que puedes asignar las prioridades de una manera correcta (Almeida, 2004).

1.5.3 SIPOC

(Shankar, 2009), el Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso
- Recursos (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente.

1.5.4 VOC

La Voz del cliente se entiende como la habilidad para describir y enumerar los requerimientos del cliente incluyendo las percepciones y expectativas que se tienen y esperan hacia el producto o servicio (Shankar, 2009).

1.5.5 DMAIC

Las metodologías seleccionadas para este proyecto está el procedimiento estructurado de solución de problemas asociados a la calidad o a la optimización de procesos, denominado DMAIC por sus siglas en inglés, por las fases que implica: “Define”, “Measure”, “Analyze”, “Improve” y “Control”. (Moncayo, 2015). Esta herramienta cuenta 5 etapas que se detallan a continuación:

Definición: En esta etapa se deben definir los requerimientos del cliente que son críticos en la percepción de calidad, o CTQs por las siglas en inglés, así como también es necesario entender los procesos importantes involucrados. Adicionalmente, se debe establecer el alcance del proyecto que se va a emprender, es decir se delimita el inicio y el final del proceso que se busca mejorar. Una herramienta que resulta práctica en esta fase es el mapa o flujo del proceso, el diagrama SIPOC, y un plan de acción para abordar las otras fases de la metodología, e identificar los obstáculos que se podrían presentar para el éxito del proyecto.

Medición: La finalidad de esta fase es medir el desempeño actual del proceso que se ha seleccionado para ser mejorado. Se utilizan los requerimientos críticos del cliente como el marco de referencia para determinar los indicadores y la clasificación de los defectos que se emplearán en el proyecto. A continuación, se deben identificar cuáles son las fuentes de los datos y se proyectará el plan de recopilación de datos, y se ejecutará el plan de recolección de las fuentes identificadas. En esta fase, es necesario como última parte la comparación de los resultados actuales contra el marco de referencia de los requerimientos del cliente, con el objetivo de tener una noción de la brecha que se deberá cubrir con la mejora.

Análisis: En este paso de la metodología, se debe realizar los análisis de la información recopilada, con la finalidad de encontrar las causas-raíz de las no

conformidades y las oportunidades de mejora. Consecuentemente, se filtran las oportunidades de mejora, según la relevancia que tengan para el cliente, y reconocer y corroborar las causas de variación. Hay algunas herramientas que son frecuentemente empleadas en esta fase como los gráficos de control para la identificación de causas asignables, o pruebas de hipótesis, respecto de condiciones de operación que produzcan resultados diferentes en los parámetros de interés con el nivel de significancia estimado, o incluso se utilizan los métodos de regresión para modelar la variable dependiente o de resultado en función de las variables de entrada independientes, y otra opción viable es el uso de técnicas de simulación para mejorar los tiempos de los ciclos o el rendimiento de los ciclos.

Implementación: en esta fase se proponen varias alternativas para atacar las causas raíces encontradas en la anterior fase, luego de un análisis exhaustivo se selecciona la alternativa que pueda llegar a cubrir la mayor cantidad de objetivos planteados, con la ayuda de simulaciones, pruebas pilotos se puede identificar los resultados de las mejoras y poder tomar la decisión correcta a la hora de la implementación.

Control: Una vez que se cuenta con soluciones validadas, se debe proceder a la institucionalización de la mejora a través de la implementación de controles al proceso, para asegurar que el cambio no sea temporal, o que se desvíe del camino planteado. Esta institucionalización, se la realiza con documentación de los nuevos procesos, de los planes de monitoreo (Shankar, 2009).

1.5.6 Mapa de la cadena de valor

Según (Cuevas, 2013), narra que es una herramienta que describe de una forma detallada el flujo de cada etapa de un proceso, además de identificar partes o procesos que agregan y no agregan valor para su posterior análisis.

1.5.7 Lluvia de ideas

Por su parte (Racines, 2013) declara que esta herramienta que se usa para obtener ideas generales sobre varios puntos en específico acerca de un tema o problema, esta herramienta es realizada grupalmente y con total espontaneidad.

1.5.8 Diagrama de Ishikawa

La utilidad de este diagrama es el establecimiento de la relación entre los efectos o los problemas con las causas que los generan. Cabe señalar, que se trata de una herramienta muy visual. (Arroyo, 2010).

1.5.9 Matriz de impacto esfuerzo

Es una herramienta que ayuda a determinar las causas que genera un menor esfuerzo en atacarla, pero como resultado de un mayor impacto. De esta forma priorizar las causas que se van a atacar (Shankar, 2009).

1.5.10 5 ¿Por qué?

Es una herramienta de análisis de las causas que permite encontrar la/las causas que generan el problema, además de verificar las hipótesis iniciales con ayuda de herramientas estadísticas (Shankar, 2009).

1.5.11 Balanceo de línea

Los autores Suñé, Arcusa y Gil (2004), señalan que el aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizan un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra.

1.5.12 Revisión literaria

La industria y sus procesos evoluciona con a pasos agigantados en la línea del tiempo, por lo que más industrias buscan alcanzar una producción esbelta o por decir la implementación de six sigma en los procesos que los componen, así como lo hacen dos grandes compañías como son DuPont y Dow Chemical, con un

cambio total en su filosofía six sigma alcanzando el 99.9% de operaciones libre de errores en sus procesos, según (Mccoy, 1999).

La implementación de esta metodología tiene varias etapas y hay empresas que optan por empresas con pequeños proyectos lean en las áreas más críticas, que suelen ser el área de producción, así como (Jie Fu, 2012), para en su informe, la necesidad de validar la productividad en la producción de polipasto y poder equilibrar la producción, para ello se utilizó la programación lineal mixta basadas en las restricciones y cuellos de botellas que fueron detectados con la lluvia de ideas en personal involucrado en el proceso productivo, la eficacia de la metodología propuesta fue demostrada por simulación con aumento en la productividad del 32% más de la situación inicial.

La extracción de datos que una compañía genera diariamente, es uno de los pilares para llegar a la mejora continua, con una manipulación correcta, el análisis estadístico puede brindar información valiosa donde se puede identificar áreas críticas a mejorar, como (Eyal Dassaulsrael Zadok, 2006) redacta en su escrito, que realizo una combinación de metodologías entre DMAIC y el control estadístico de procesos, donde luego de identificar la causa raíz del bajo rendimiento de producción de penicilina, establece un control de proceso mejorado atacando los tiempos de ciclo de producción, logrando una reducción del 40% en los tiempos muertos, aumentando significativamente el rendimiento y la calidad de los productos farmacéuticos.

Por su parte (Horng-Jang Liaw, 2010) explica que con la ayuda de la metodología DMAIC lograron identificar los riesgos que existen en los procesos productivos de metanol con tolueno, donde se realizó un modelo con datos pronosticados y con datos experimentales, dando como resultado que los puntos de inflamación son casi constantes en cada línea de enlace que es inherente una propiedad de fase vapor. (Meyerholz, 2015), utilizo la metodología DMAIC para adaptar la industria farmacéutica, en herramientas y capacitación del diseño en los procesos de fabricación, donde tuvo como objetivo principal la comparación de la adopción de producción esbelta por las diferentes etapas de la cadena de suministro farmacéutico.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se basa en la metodología DMAIC, con cada una de sus etapas y requerimientos necesarios para la optimización del proceso de producción. La etapa de medición fue totalmente desarrollada en el capítulo 1 del contenido de este proyecto, sin embargo, la continuidad de la metodología se desarrolla en este capítulo a partir de medición.

2.1 Medición

2.1.1 Plan de recolección de datos

La ejecución de la etapa medir, empezó por medio de un plan recolección de datos, planificación que ayudó a determinar ¿cómo se va a medir? ¿en dónde se mide? ¿por qué se mide? y ¿quién lo mide? Tal plan responde a cada una de estas preguntas que se realizan a variables como el tiempo de ciclo de los SKU's, tiempo promedio del empaquetado, tiempo promedio de las distintas configuraciones de cortes en la sierra, entre otros. Dicho plan se puede visualizar en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos, fuente: autor del proyecto

Variable	Qué?			Dónde?	Por qué?	Cuándo?	Quien?	Como?
	Que medir?	Unidad de medida	Tipo de información					Cómo obtener la data?
X1	Tiempos de ciclo de los SKU's	Segundos	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Determinar el CT de los SKU's	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Muestreo y estudio de tiempo
X2	Tiempo de proceso de empaquetamiento	Bandejas/Seg	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Estimar la tasa efectiva de producción	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Muestreo y estudio de tiempo
X3	Tiempo de proceso de Sellado	Empaques/Seg	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Estimar la tasa efectiva de producción	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Muestreo y estudio de tiempo
X4	Tiempo de proceso de los cortes	Partes/Seg	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Estimar la tasa efectiva de producción	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Muestreo y estudio de tiempo
X5	Tipos de cortes y transformaciones del pollo	Partes	Nominal	Área de producción de pollo	Tomar tiempos del proceso de corte de cada configuración en la sierra de corte	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Gemba
X6	Número de personas por estación de trabajo	Cantidad	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Determinar la capacidad del los centros de trabajo	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Gemba
X7	Demanda	Kg/día	Cuantitativa	Sistema de gestión WMS y SGL	Determinar el tackt time	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Data historica
X8	Número de interrupciones en la línea	Paras/día	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Para usar en la etapa de análisis, permite medir cuantas el número de paras en la línea	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Registros y levantamientos manuales
X9	Bandejas reprocesadas en la línea	Bandejas/día	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Para usar en la etapa de análisis, permite medir el porcentaje de reprocesos	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Registros y levantamientos manuales
X10	Tiempo de finalización en liberación de las máquinas (Setups)	Horas	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Para usar en la etapa de análisis, permite medir la hora que inicia el proceso	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Registros y levantamientos manuales
X11	Productividad	Horas	Cuantitativa	Área de producción de pollo	Para usar en la etapa de mejora y control, permite medir el impacto de las soluciones en la varíbel respuesta	Inicio de etapa de medición, según el plan del proyecto	Alfredo Castillo	Registros, levantamientos manuales y reporte de producción diaria

2.1.2 Verificación de datos

Para el caso de las variables X1, X2, X3, X4 se hizo uso de la aplicación EON, la cual nos daba la estadística correspondiente a cada dato de forma independiente. EON es una app desarrollada exclusivamente para el estudio de tiempos y movimientos. Con X5 se ejecutó un levantamiento con el personal operativo de la sierra para identificar los distintos tipos de cortes que manejan en el área. Además, X6 fue validada por medio de la visita en el piso de trabajo. La variable X7, fue definida por medio de una base de datos que incorpora el sistema de producción y distribución SGL y WMS. Finalmente, las variables X8, X9, X10, X11 fueron levantadas con la ayuda de registros manuales que fueron creados por el autor del proyecto, con la finalidad de recopilar información que es usada en las siguientes etapas.

2.1.2.1 Flujo de materiales

El proceso productivo de cárnicos es un proceso inverso a una línea de ensamble, en este tipo de procesos el flujo de materiales es un flujo en A, es decir con la ayuda de varias partes y piezas se obtiene un producto final, como es el caso de la bicicleta, donde los componentes principales son llanta, aro, pedales, montura, entre otros, luego estas partes van a ser ensambladas por distintas etapas de un proceso para luego obtener el producto final, la bicicleta. El caso de producción de pollo posee un flujo en V, es decir que a partir de un producto entero se obtienen partes y piezas, en este caso, del pollo se obtiene presas, pechuga, alas, piernas, muslos, entre otros. He allí la complejidad del proceso, porque cada presa sigue un flujo distinto.

Con la ayuda de los operadores se logró obtener los diferentes tipos de configuraciones en los cortes, entiéndase como configuración de corte a las diferentes agrupaciones de presas que se puede obtener de un pollo entero. La Ilustración 2.1 muestra los cortes principales del pollo que se obtienen al transformar el producto entero a presas, las líneas color rojo son los cortes que debe realizar el operador de la sierra para llegar a despresar el pollo. Este es el caso más complejo, pero existen otros tipos de cortes que son más rápidas, como

el caso del “medio pollo”, y el “cuarto de pollo”, despresados que tienen menor tiempo de procesamiento en la sierra.

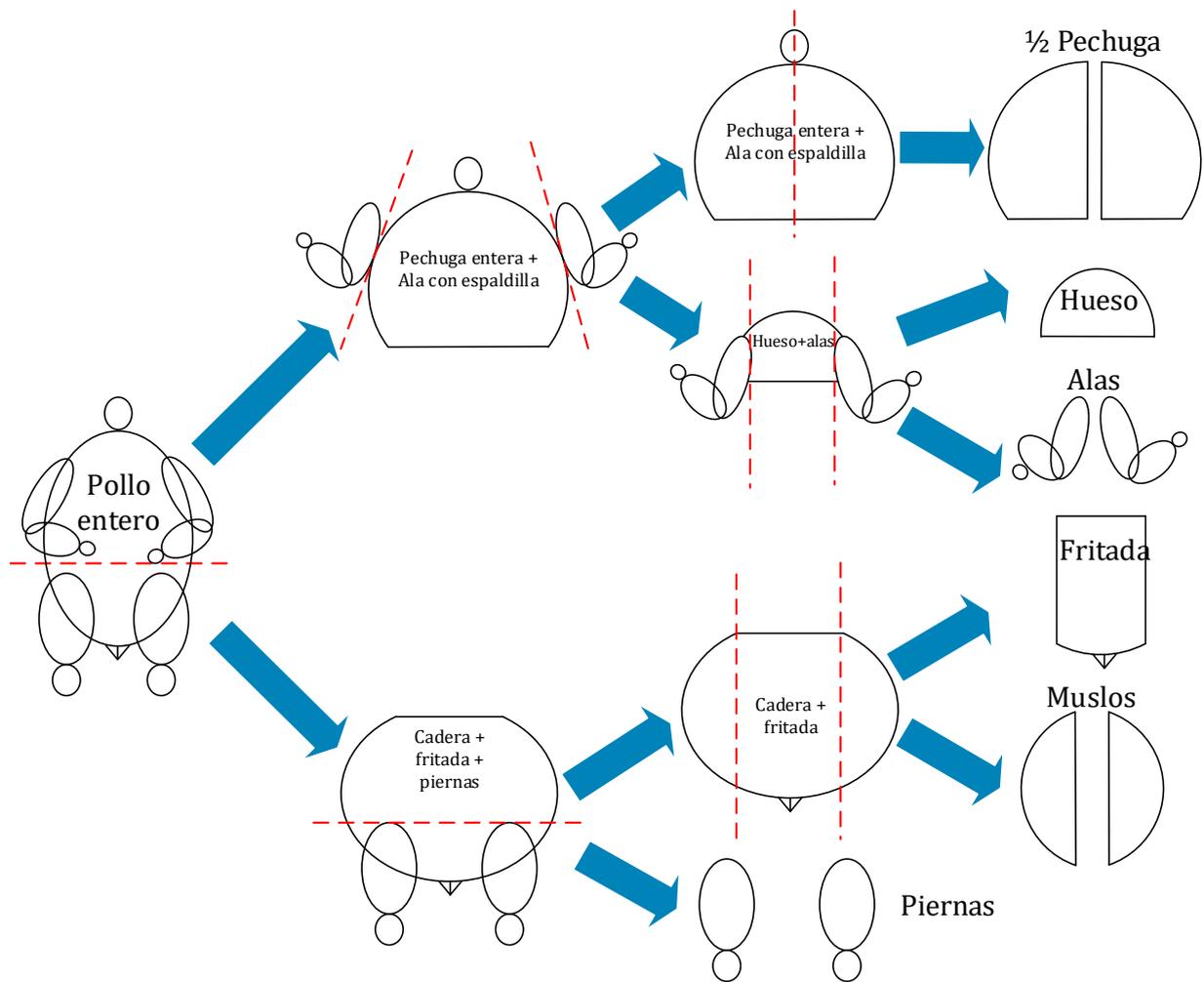
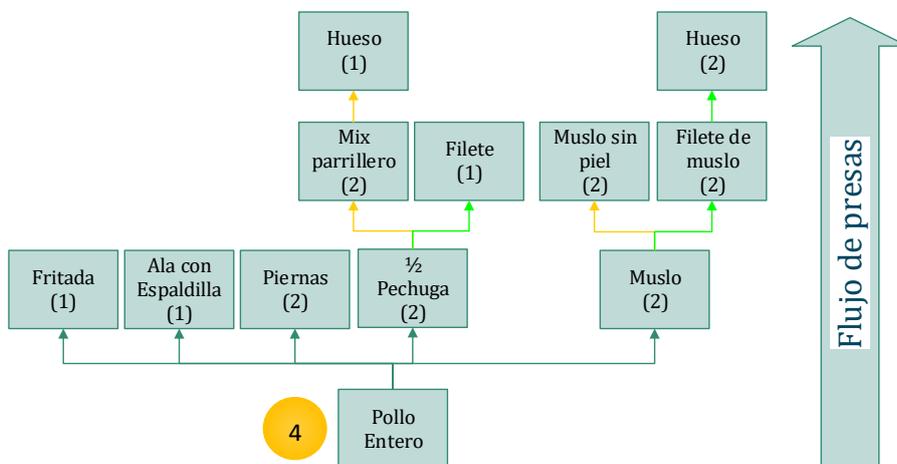
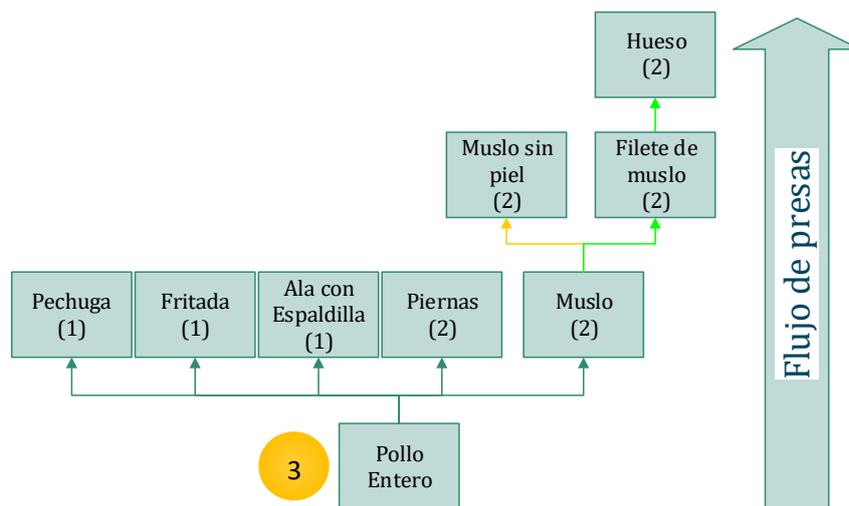
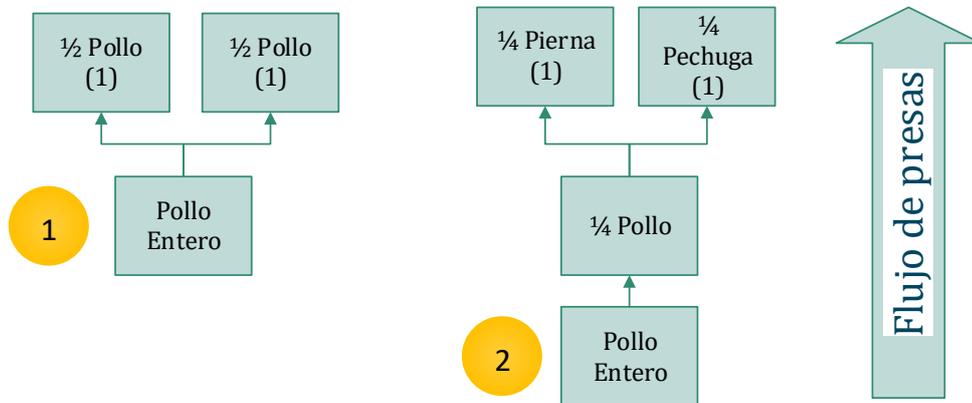


Ilustración 2.1 Cortes principales del pollo, fuente: autor del proyecto

El resultado de las configuraciones de los cortes se resume en 6 formas (ver Ilustración 2.2), sin embargo, el modelo 1 y 2 son los más sencillos, 3 y 4 siguen con la complejidad de ruta dependiendo del producto final, por ejemplo, en el caso de la configuración número 4, el pollo entero se transforma en “fritada”, “alas con espaldilla”, “piernas”, “1/2 pechugas”, y “muslos”. Pero con la pechuga y el muslo existe una toma de decisión, la “1/2 pechuga” puede usarse para pechuga fileteada (filete) o para pechuga con valor agregado (mix parrillero), en este caso cada una de ellas se procesan en el mismo centro de trabajo, pero en el caso del muslo no. El muslo puede utilizarse para “filete de muslo” el cual se procesa en una mesa de fileteado, pero el muslo también puede usarse como producto sin valor agregado,

es decir muslo con piel en bandeja, el cual es cortado y enviado directamente a colocarse en bandeja. Finalmente, los modelos 5 y 6 poseen mayor complejidad por la toma de decisiones.



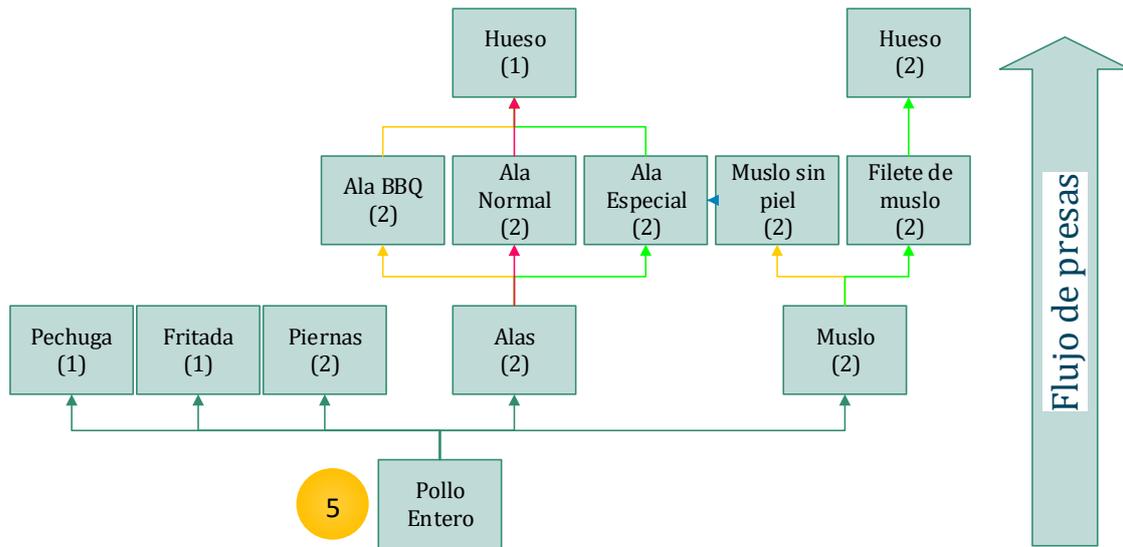


Ilustración 2.2 Configuraciones de cortes en el pollo, fuente: autor del proyecto

2.1.2.2 Layout y recorrido del producto

El área de procesamiento está compuesta por el área de recepción, área de almacenamiento temporal (bodega de materia prima), área del proceso general, y finalmente el área de transformación, esta última se refiere a un área diseñada para realizar mezclas entre productos cárnicos, y evitar la contaminación cruzada por el uso de salsas, saborizantes, entre otros, como es el caso del mix parrillero, y alas barbecue, ver Ilustración 2.3.

Una vez entendido las formas de los cortes, y el flujo de presas, se define el número de familias de producto en función del tipo de proceso que por el cual debe pasar cada presa. Existen 3 tipos de familias de productos: el grupo de familia #1 corresponde a todos los productos que no tienen ningún tipo de proceso con valor agregado, productos que al ser despeizados del pollo caen en una mesa giratoria, para luego colocarlos en bandeja y finalmente empacarse; el grupo de familia #2 tiene que pasar por un proceso que le da una valor agregado medio, se considera medio porque el producto es fileteado y no se le adhiere algún tipo de saborizante, este producto luego de pasar por el corte en la sierra es procesado en la mesa de corte y filete para luego ser colocado en bandeja como el caso anterior, ambos grupos de familias flujo diverge en la sierra pero convergen en la línea de empaque;

como punto final tenemos al grupo de familia #3, producto que si posee saborizantes que pueden contaminar al resto, por ello se los procesa en el área de transformación.

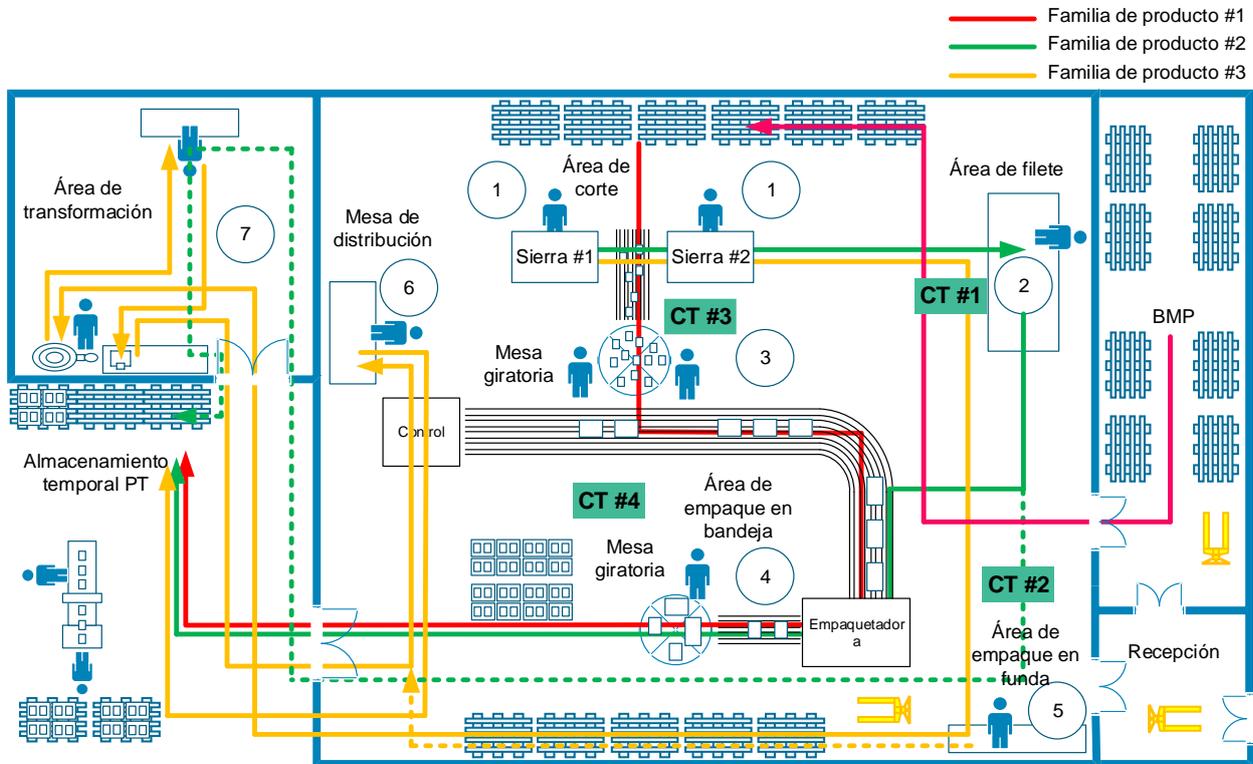


Ilustración 2.3 Layout y recorrido del área, fuente: autor del proyecto

2.1.2.3 Flujo de procesos

Como se ha mencionado, cada familia y/o producto mantienen un flujo distinto y por lo tanto distinto tratamiento por cada etapa dependiendo del flujo, debido a ello los tiempos por etapa varían ya que no es lo mismo obtener una bandeja de “muslo con piel” que una bandeja de “filete de muslo”, estos se obtienen de la misma presa, pero su resultado es distinto.

El levantamiento de cada proceso fue realizado de los productos con mayor participación en la operación, y para ello se realizó una primera estratificación de los productos que tienen que ver con el área, ver Ilustración 2.4. De estos productos solo se tomó en consideración productos tipo A y B, dentro del listado se toma en cuenta al tipo B, porque existe un corte muy conocido en la operación por el retraso, “filete de muslo”, sin embargo, en esta etapa aún no se lo puede comprobar, este trabajo pertenece a la etapa de análisis.

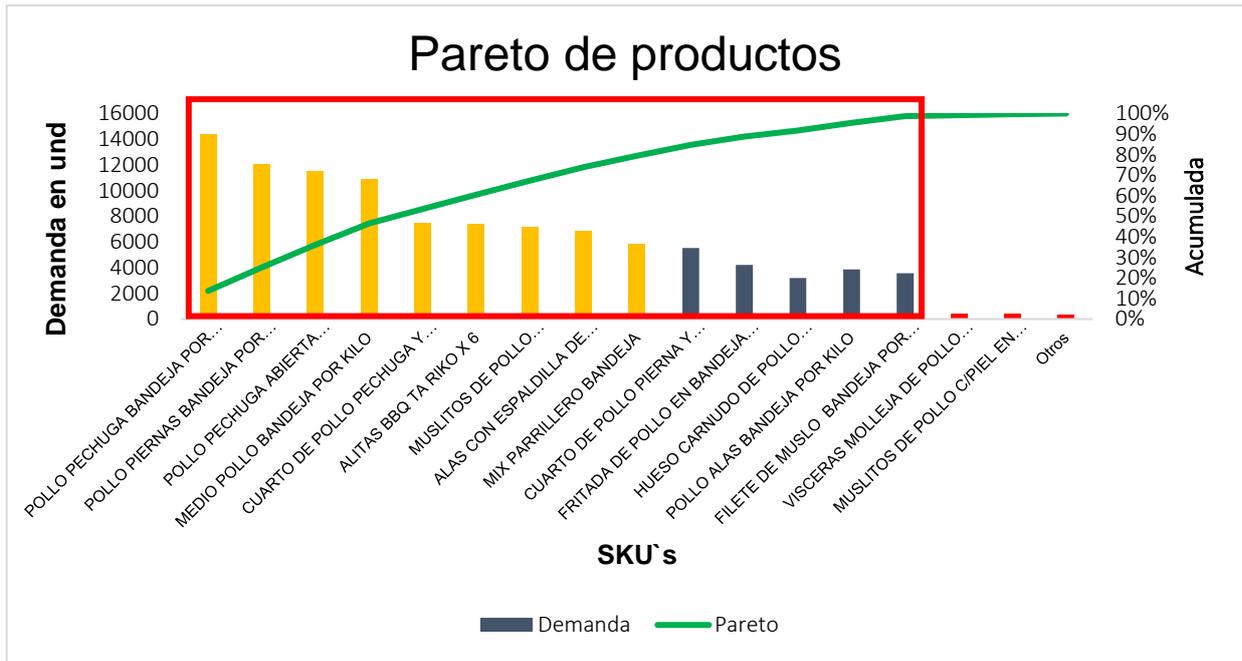


Ilustración 2.4 Pareto de SKU's, fuente: autor del proyecto

2.1.2.4 Estudio de tiempos

En la Ilustración 2.5 se muestra el proceso de la pechuga fileteada, con cada una de sus actividades y sus tiempos obtenidos de forma independiente. Para el caso del estudio de tiempos se hizo uso de la estadística inferencial, con un tamaño de muestra dado por la Ecuación 2, tanto para una muestra piloto ≥ 30 datos caso A), y < 30 caso B).

$$\mathbf{A) } n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} x S}{e x \bar{x}} \right)^2 \quad \mathbf{B) } n = \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}, gl} x S}{e x \bar{x}} \right)^2$$

Donde:

$Z_{\alpha/2}$, $t_{\alpha/2}$: son los estadísticos de la distribución normal y t-student

$\alpha/2$: es el nivel de significancia

gl : son los grados de libertad

S : es la desviación muestral

\bar{x} : es la media muestral

e : es el error

Ecuación 2 Tamaño de muestra, fuente: autor del proyecto

En las Tabla 2.2 se presenta un resumen de los tiempos obtenidos en el proceso de la Ilustración 2.5 y tiempos de las configuraciones de cortes en la sierra.

Tabla 2.2 Resultados del estudio de tiempos, fuente: autor del proyecto

1-Pechuga Fileteada	Realizar corte en sierra	Quitar cuero a la 1/2 Pechuga	Filetear 1/2 pechuga	Trasladar el producto a la banda de la Elixia	Colocar en bandeja y en banda Elixia	Empacado de Elixia
Media	16.39	3.77	3.40	6.40	2.88	8.85
Desviación	1.47	1.37	0.69	0.59	0.57	1.17
n	30	100	100	20	100	50
Confianza	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Alfa	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Z / t-student	1.96	1.96	1.96	2.09	1.96	1.96
Error	4%	7%	3%	5%	3%	3%
N	20	119	178	15	170	75

Número de cortes por pollo en la sierra	1	2	3	6	7	8	9
Partes por pollo	Medio Pollo	Alita BBQ	Cuarto Pollo	Piernas, muslos, fritada, alas con espaldilla, pechuga entera	Piernas, muslos, fritada, alas con espaldilla, 1/2 pechuga	Piernas, muslos, fritada, alas, hueso espaldilla, pechuga entera	Piernas, muslos, fritada, alas, hueso espaldilla, 1/2 pechuga
Unidad de medida	Seg/pieza	Seg/pieza	Seg/pieza	Seg/pieza	Seg/pieza	Seg/pieza	Seg/pieza
Media	12.76	2.67	7.05	12.68	14.36	15.71	18.41
Desviación	0.49	0.65	1.05	1.70	1.43	1.42	1.52
n	30	30	30	30	30	30	30
Confianza	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Alfa	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Z / t-student	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Error	4%	5%	4%	4%	4%	4%	4%
N	34	90	53	43	24	20	16

Para fines didácticos se presenta un proceso puntual, con el resultado del estudio de tiempos, el resto pueden ser observados en la sección de anexos. El levantamiento del proceso y el estudio de tiempos de los SKU's se ejecuta como finalidad obtener el tiempo de ciclo de cada uno en el sistema de forma independiente, esto debido a la criticidad en la operación, y se justifica en la mesa giratoria que se encuentra junto a las sierras, lugar en donde existe una variabilidad de presas las cuales desde el punto de vista de un ciclo es complejo medir, he aquí la utilización del flujo y su resultado en la Ilustración 2.5. Para el resto de productos se muestra un resumen en la Ilustración 2.6.

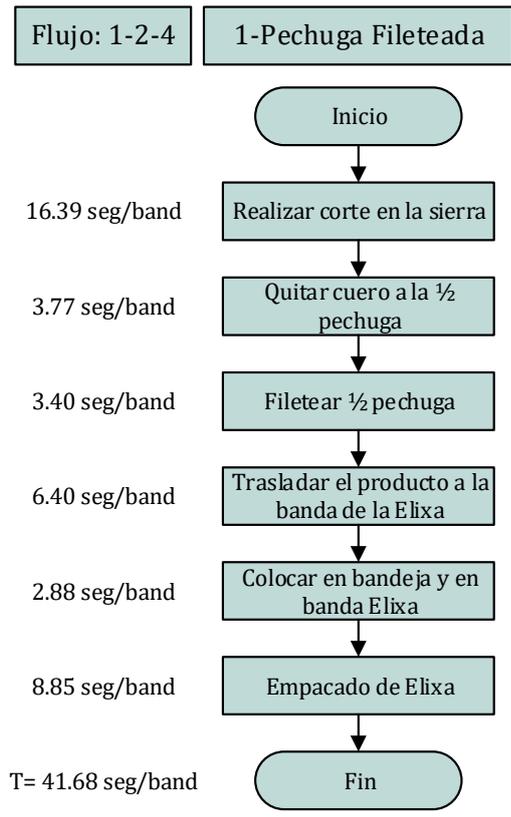


Ilustración 2.5 Flujo de proceso SKU, fuente: autor del proyecto

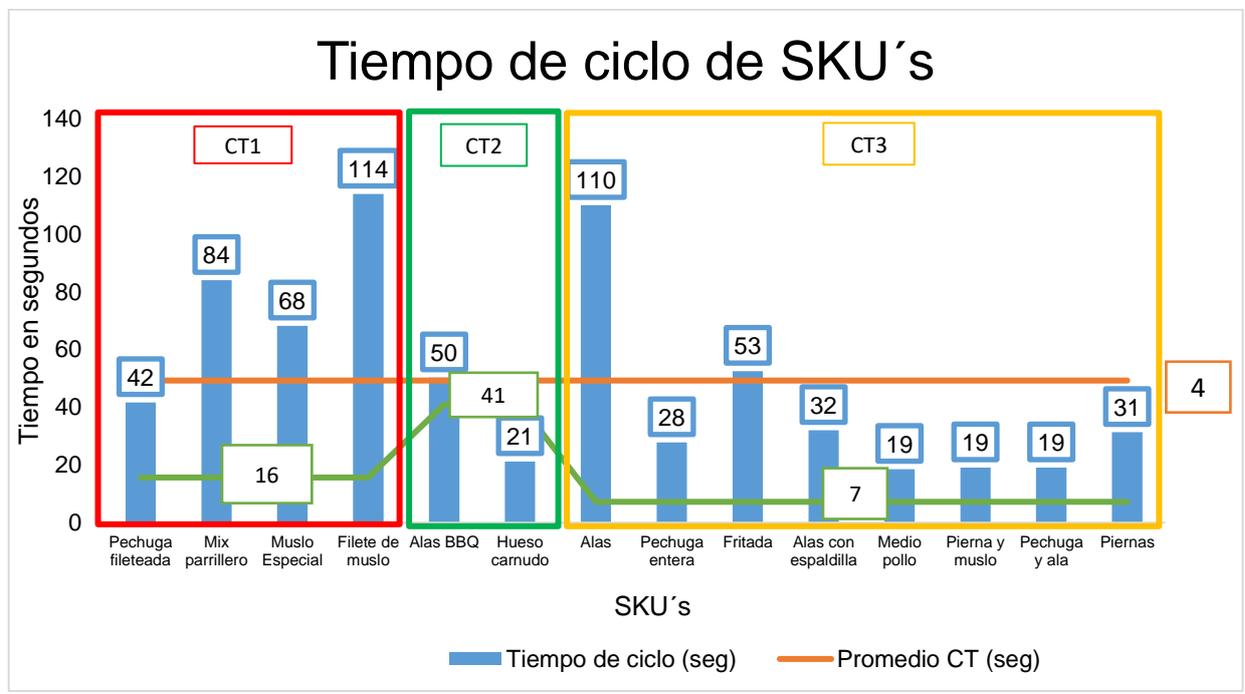


Ilustración 2.6 Tiempo de ciclo de los SKU's, fuente: autor del proyecto

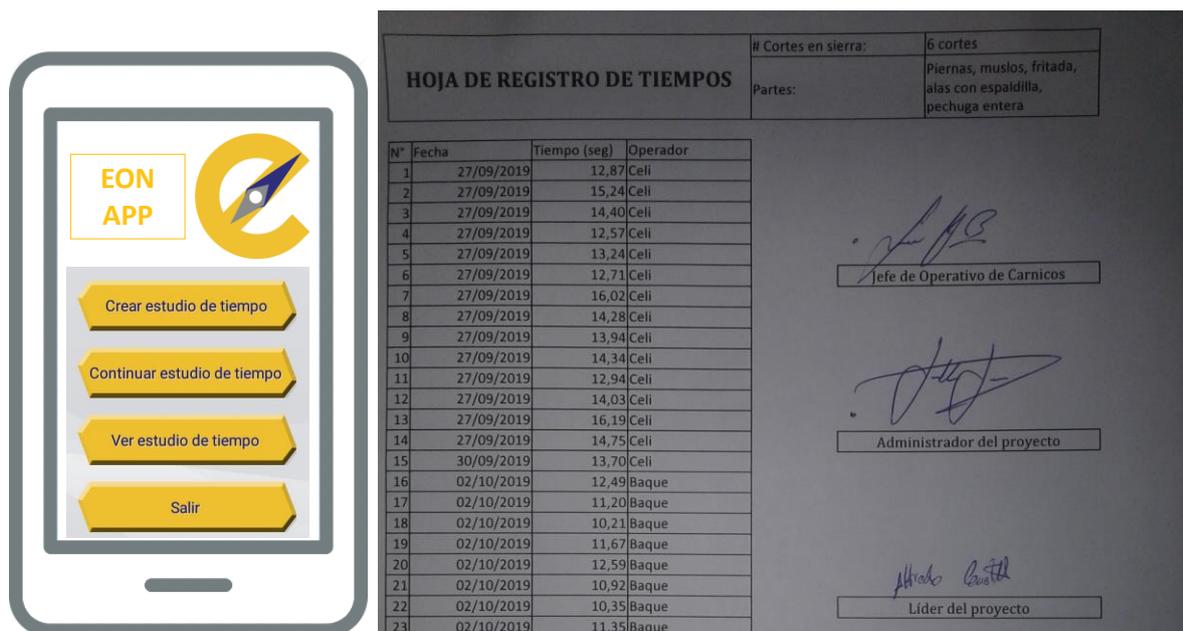


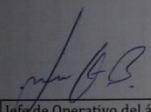
Ilustración 2.7 Validación del estudio de tiempos, fuente: autor del proyecto

Debido a que en el área de análisis no ha existido antes un estudio de tiempos, la data se valida por medio de la presencia del responsable del área, y el administrador del proyecto en la empresa. Sin embargo, la base de datos es tomada del aplicativo EON por medio de una base de datos (ver Ilustración 2.7).

2.1.2.5 Micro-paradas y reprocesos

Para el caso de las paras y reprocesos (ver el anexo B), se diseñó un formato que es alimentado día a día por los operadores de la línea de empaque, este formato se registran las bandejas que se reprocesan por día de trabajo, y el número de veces que la línea de empaque para por día, y la hora de inicio y fin de la operación, con este último se calcula la productividad del proceso general. De la mismo forma que el caso de estudios de tiempos no ha existido data anterior ni registros que puedan compararse con los actuales, por lo tanto, con la ayuda de los responsables del proyecto y del área se valida la información (ver Ilustración 2.8).

HOJA DE REGISTRO DE REPROCESO								
Nº	Item	Fecha:	Inicio:	Fin:	Re-work	Producción(bandejas)	%Re-work	Observaciones por Item
1	Alas	30-10-19	8:10	17:22	0	210	0%	
2	Alas con espaldilla	30-10-19	8:10	17:22	25	315	8%	
3	Alitas especiales	30-10-19	8:10	17:22	0	30	0%	
4	Filete de muslo	30-10-19	8:10	17:22	7	175	4%	
5	Fritada	30-10-19	8:10	17:22	38	301	13%	
6	Hueso carnudo	30-10-19	8:10	17:22	0	0	0%	
7	Medio pollo	30-10-19	8:10	17:22	7	364	2%	
8	Molleja	30-10-19	8:10	17:22	0	0	0%	
9	Muslo con piel	30-10-19	8:10	17:22	0	0	0%	No se procesa
10	Muslo Especial	30-10-19	8:10	17:22	13	434	3%	
11	Pechuga entera	30-10-19	8:10	17:22	33	606	5%	
12	Pechuga fileteada	30-10-19	8:10	17:22	17	982	2%	
13	Pechuga y ala (1/4 pollo)	30-10-19	8:10	17:22	11	362	3%	
14	Pierna y muslo (1/4 pollo)	30-10-19	8:10	17:22	9	362	2%	
15	Piernas	30-10-19	8:10	17:22	86	769	11%	
16	Otro:	30-10-19	8:10	17:22	0	0	0%	


 Jefe de Operativo del área de carnicos


 Administrador del proyecto

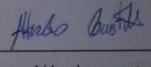

 Líder de proyecto

Ilustración 2.8 Validación del levantamiento de paras y reprocesos, fuente: autor del proyecto

2.1.3 Análisis de valor de procesos

Por medio del levantamiento de los procesos y del recorrido en el Layout, se analiza cada actividad para cuantificar las mudas presentes en el sistema (ver Ilustración 2.9), y la participación de las mismas. Como resultado se tiene que entre el 17% y el 33% de las actividades no agregan valor en los procesos que se dan en la “pechuga fileteada”, “mix parrillero”, “muslo especial”, “filete de muslo”, “alitas BBQ” y “hueso carnudo” tal como se muestra en la Ilustración 2.10.

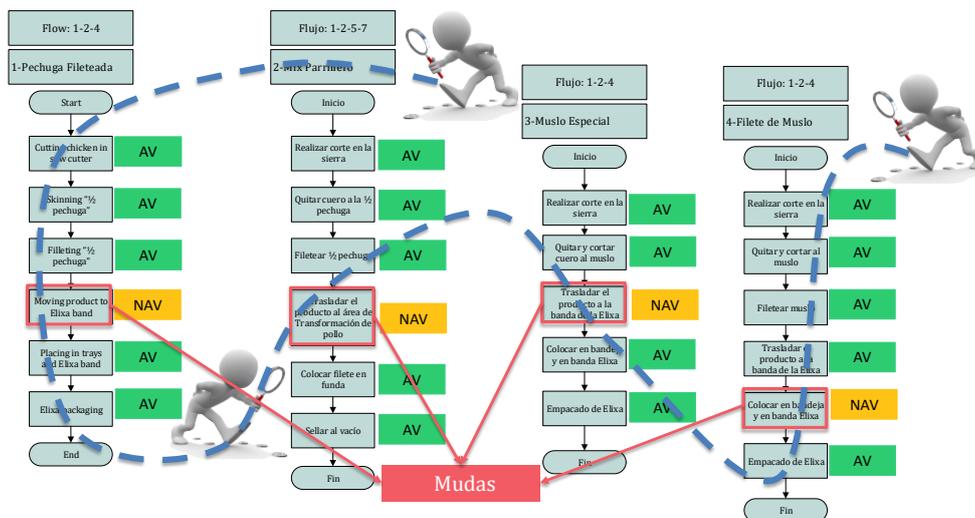


Ilustración 2.9 Análisis de valor, fuente: autor del proyecto

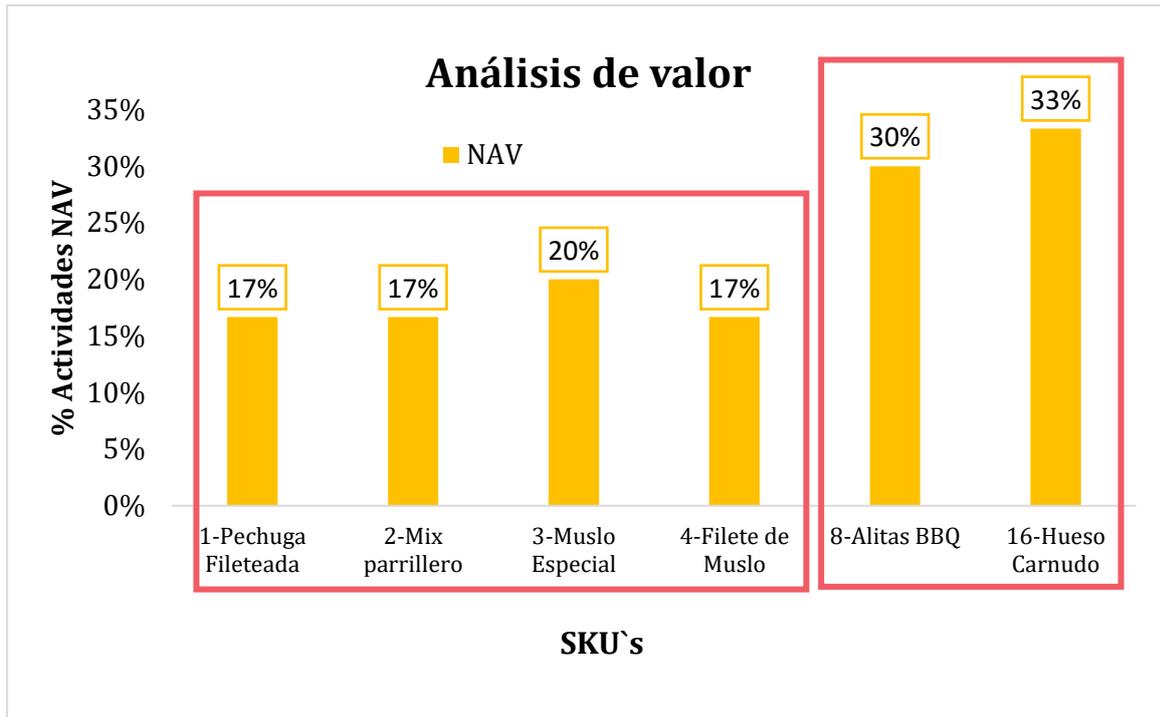


Ilustración 2.10 Resultados del análisis de valor, fuente: autor del proyecto

2.1.4 Análisis de capacidad

Dentro del proceso existen cuatro centros de trabajos, tres de ellos son procesos manuales y uno mixto, los centros de trabajo pueden visualizarse en la Ilustración 2.3. En el caso del mixto (línea de empaquetado) es analizado por medio de las paras y reprocesos, los otros tres son analizados por medio de la capacidad (ver Ilustración 2.11), esto se da por la criticidad del proceso en los tres centros de trabajos. Como resultado se puede verificar que el centro de trabajo 1 y 3, con un Cpk -0.84 y 0.08 correspondientemente no cumplen con los límites de especificación, por lo tanto el proceso no es capaz, esto se debe posiblemente a un desbalance en el flujo de producto originado desde la sierra de corte hacia los diferentes centros de trabajo.

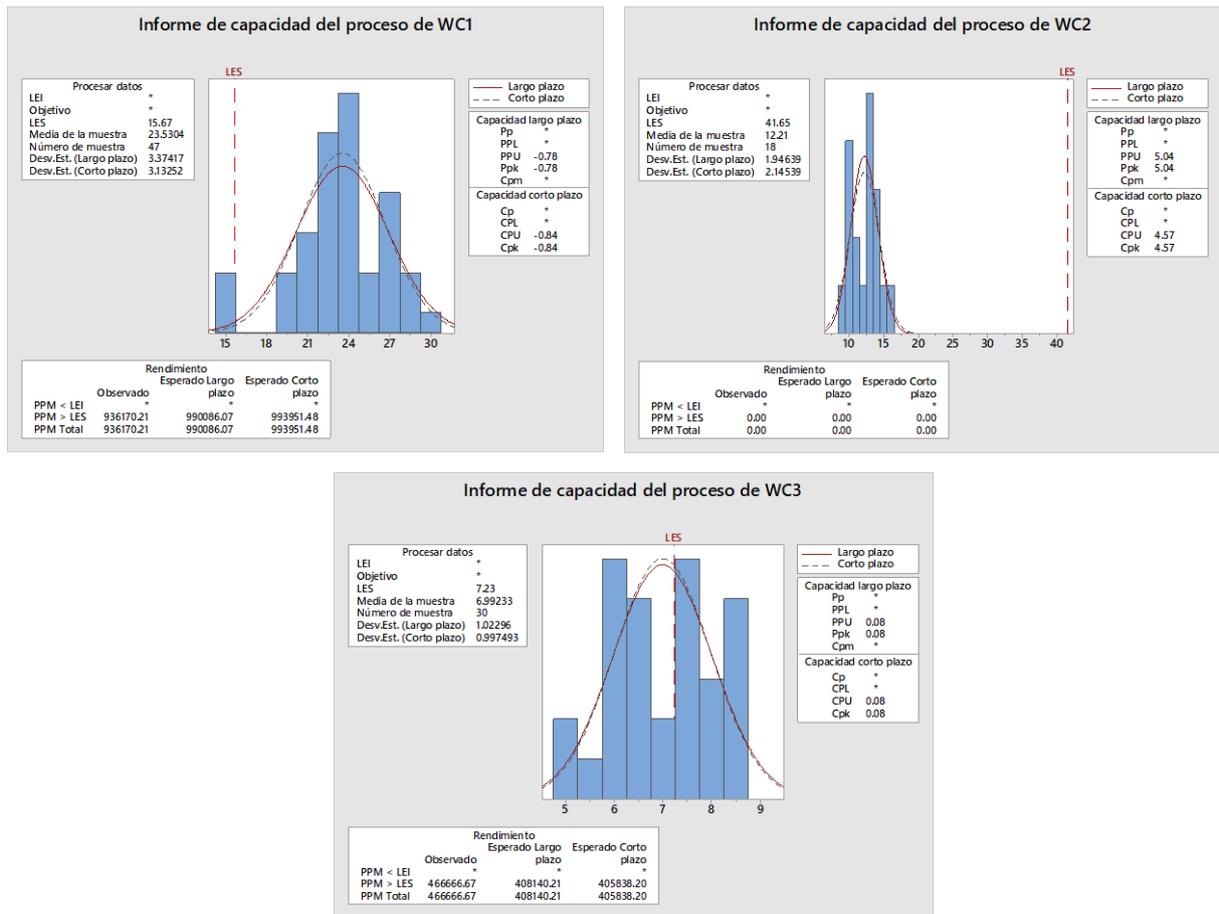


Ilustración 2.11 Resultados del análisis de capacidad, fuente: autor del proyecto

2.1.4.1 Problema enfocado

La importancia en enfocar el problema en la productividad es relevante, suena irrelevante haber definido la variable respuesta como “productividad” cuando enfocamos el problema con en el tiempo de ciclo y la capacidad, sin embargo, mientras el sistema mantenga inconsistencias con el cuello de botella y alargues de producción los resultados apuntan a un proceso no productivo. El factor de estratificación fue el tiempo de ciclo bruto en los centros de trabajo, para entonces el problema enfocado se define de la siguiente manera:

“El tiempo de ciclo bruto en el centro de trabajo número 1 es de 49 segundos en la actualidad, pero el tiempo bruto de actividad es de 16 segundos, considerando un cpk de -084”.

2.2 Análisis

2.2.1 Análisis de las causas potenciales

Con el abstracto de la etapa de medición, se obtuvo un problema enfocado definido en 2.1.4.1, el cual nos permite acotar el problema para trabajar de la forma más sencilla posible, esto se hizo uso mediante una lluvia de ideas con la ayuda de 8 personas del equipo operativo para aterrizar con las causas potenciales que afectaban al sistema, sin embargo, también, se toma en consideración el resultado del VOC en la sección 1.1.2, he aquí algunos detalles que visto desde dos puntos de vista el operativo y el personal administrativo en muchos de los casos coinciden, ver Ilustración 2.12 e Ilustración 2.13.



Ilustración 2.12 Reunión operativa para lluvia de ideas, fuente: autor del proyecto



Ilustración 2.13 Lluvia de idea de causas potenciales, fuente: autor del proyecto

El resultado de la lluvia de ideas, es transformado a la espina de pescado, agregando cada idea en los campos de materiales, método, fuerza laboral, ambiente, etc. Teniendo como resultado la Ilustración 2.15. Cada una de las causas son definidas por una variable "Xi", para entonces ser evaluadas con la ayuda de tres operadores (se consideró aquellos más experimentados para la evaluación), dando como resultado la Tabla 2.3, de la misma forma con la ayuda de un Pareto estratifica estas causas potenciales, para finalmente analizar las variables X2, X4, X5, X6, y X7 siendo aquellas que poseen un mayor impacto ante el resto.

Tabla 2.3 Ponderación de causas potenciales, fuente: autor del proyecto

Nº	Causas potenciales	Total	Pareto
X6	Re-programación de la producción	24	18%
X4	Largos tiempos de Setup - Liberación del área	21	33%
X5	Paras y reprocesos en la línea de empaque	21	49%
X7	Desbalance	18	62%
X2	Materia prima no lista para procesar	16	74%
X9	Falta de trabajo en equipo	12	83%
X1	Error en la secuencia de descarga de producto en bodega	9	90%
X3	Retrasos en la recepción	7	95%
X8	Falta de capacitación	7	100%

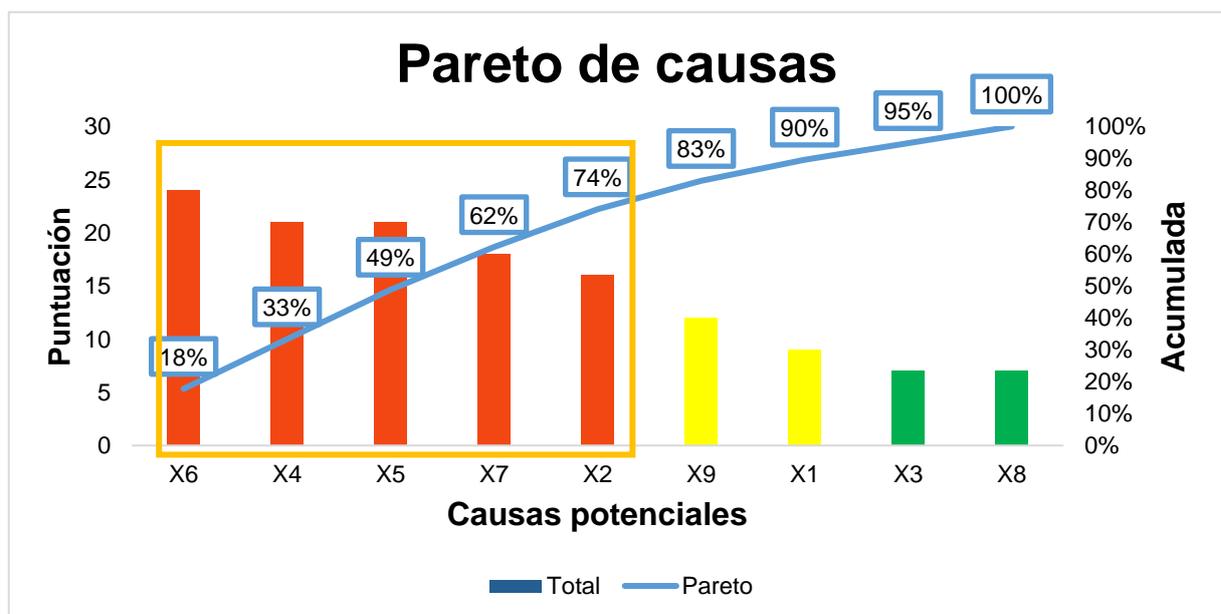


Ilustración 2.14 Pareto de causas potenciales, fuente: autor del proyecto

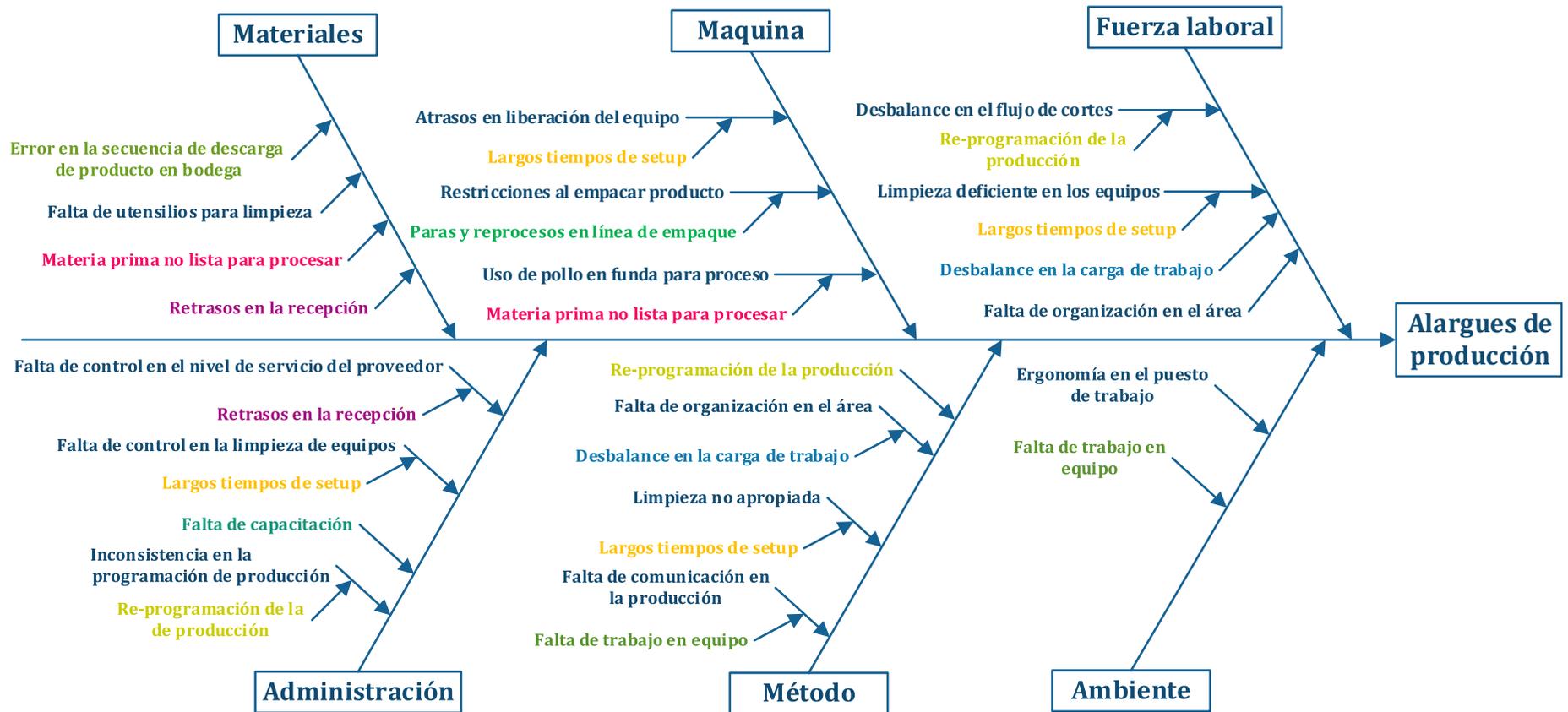


Ilustración 2.15 Diagrama Ishikawa de causas potenciales, fuente: autor del proyecto

2.2.2 Plan de verificación de causas

De la misma manera con la que se trabaja el plan de recolección de datos en medición, se ejecuta en análisis, con esto se valida la existencia de las causas potenciales. A continuación se muestra el plan de verificación de causas en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Plan de verificación de causas, fuente: autor del proyecto

Nº	Causa potencial	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificar?
X2	Materia prima no lista para procesar	El uso de pollo de distribución disminuye la productividad de los operadores en la sierra generando tiempos muertos en toda el área por la falta de producto cortado	Gemba
X6	Re-programación de la producción	La re-programación de la producción ocasiona que el operador realice otras configuraciones de cortes que desbalancean la producción en los distintos centros de trabajos	Gemba
X4	Largos tiempos de Setup - Liberación del área	Los largos tiempos de liberación no permite iniciar el proceso en el tiempo programado y retrasa la operación creando tiempos muertos	Informes / Reportes
X5	Paras y reprocesos en la línea de empaquetado	Las paras y reprocesos en la línea de empaque resta la disponibilidad de colocar en bandeja productos del centro de trabajo #1	Gemba / Reportes
X7	Desbalance	El desbalance genera retrasos en la entrega de los productos de la mesa de corte y filete, por lo tanto alargues en la producción con baja productividad	Gemba

Las causas X2, X6, y X7 son verificadas directamente en el campo de trabajo, esto puede verse en la Ilustración 2.21 Sin embargo la existen dos causas verificables estadísticamente, la variable X4 que tiene que ver con el atraso de la operación por la preparación del área para el arranque del proceso donde se explica que la operación arranca 7:10 am aproximadamente, con 40 minutos (ver Ilustración 2.17) de preparación en el área, este promedio se considera a partir del 1/Nov/2019, con una planificación de inicio a las 6:00 am, como precedente hasta el finales de octubre la operación mantenía otro horario de ingreso (7:00 am), evidentemente esta fue una la de las mejoras que se implementó en el área gracias a la data tomada anteriormente, decisión ejecutada por el Jefe del Cross-docking. Además de esto la Ilustración 2.19 explica que dentro del 10% de las fallas en la liberación (preparación) del área, las sierras mantienen una participación del 52%, es decir que por cada 10 fallas, 5 de ellas pertenecen a las sierras, por ello el estudio de

tiempos en la preparación de las maquinas. La criticidad del caso en la sierra se da por dos motivos, el primero porque es el punto de partida de la operación y el segundo porque si no existen cortes entonces no existe flujo de presas.

Finalmente, la variable X5 representa en número de paras en la línea de empaque, donde se determina estadísticamente que en un día de trabajo la línea para 21 veces en promedio dejando como efecto tráfico, y a la vez atrasos en la línea.

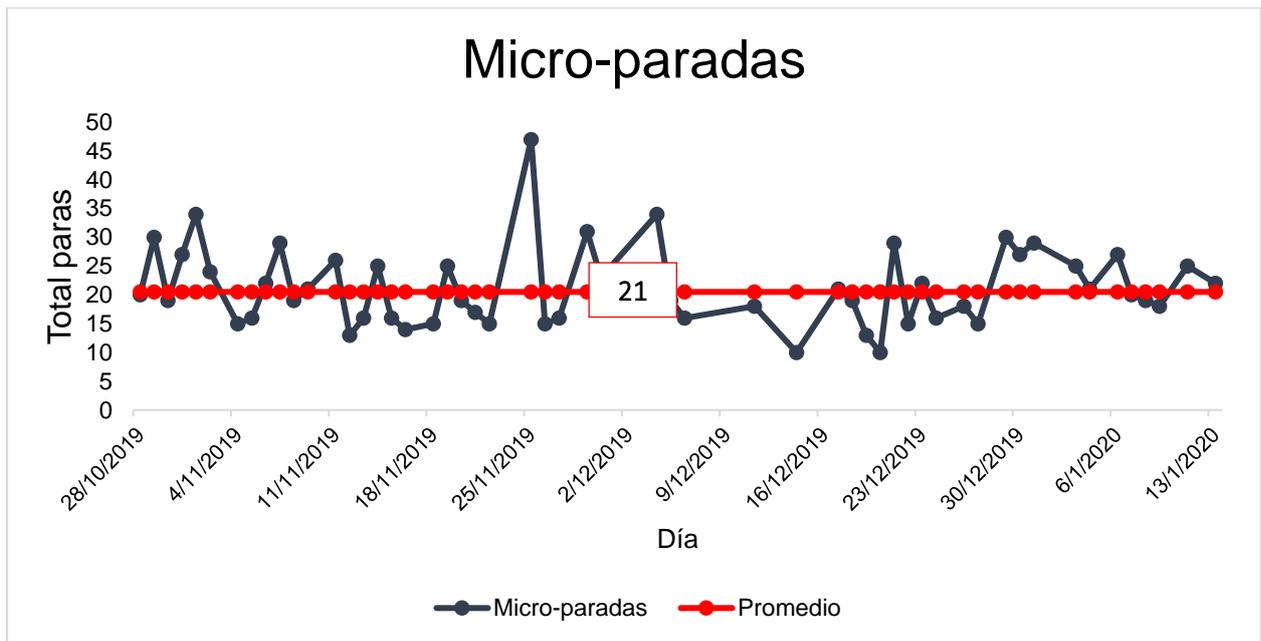


Ilustración 2.16 Paras en línea de empaque, fuente: autor del proyecto

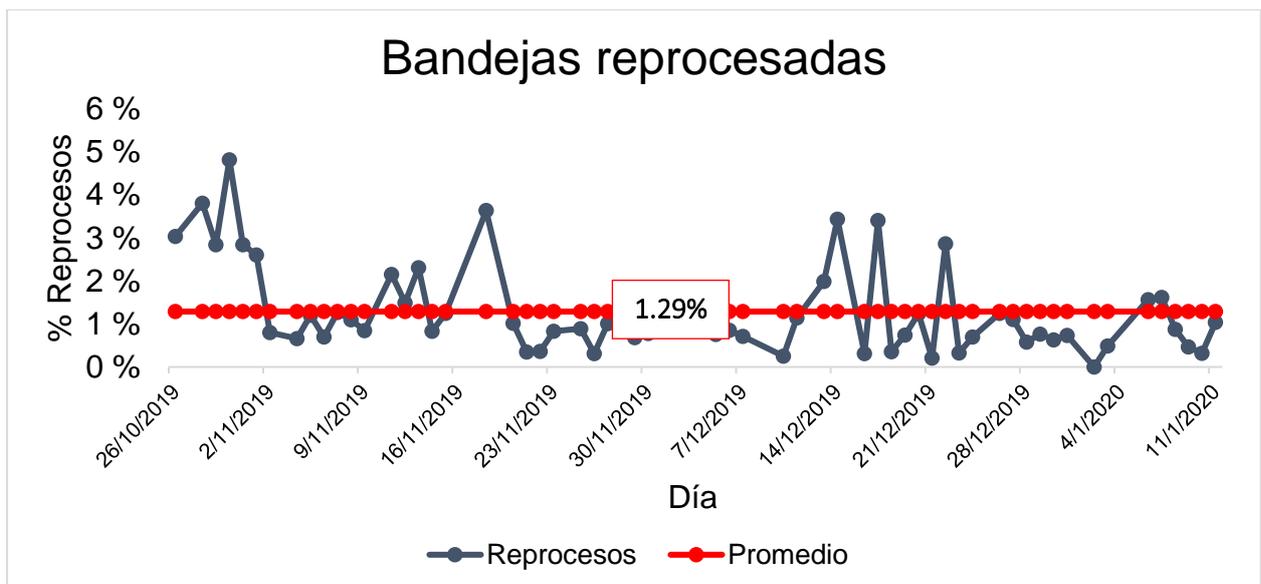


Ilustración 2.17 Reprocesos en línea de empaque, fuente: autor del proyecto

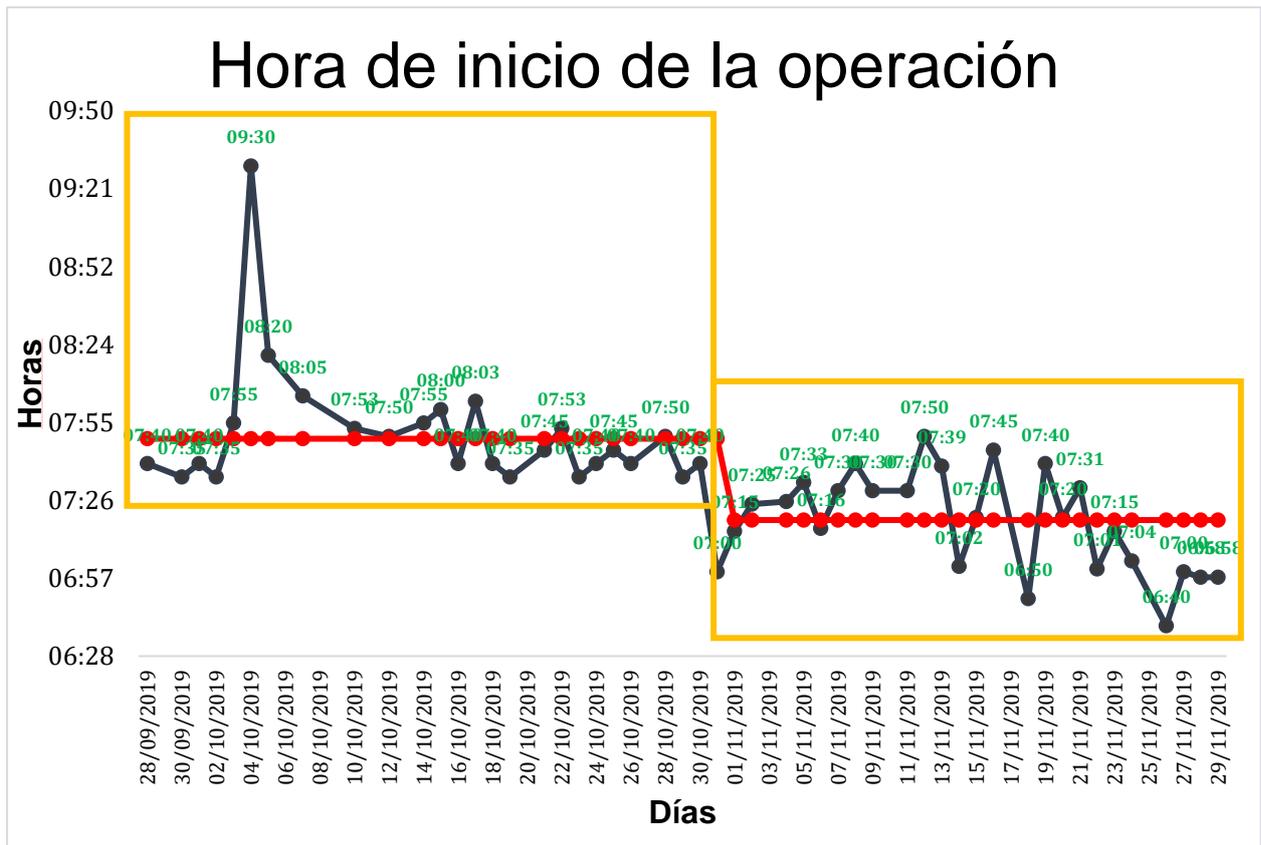


Ilustración 2.18 Paras en línea de empaque, fuente: autor del proyecto

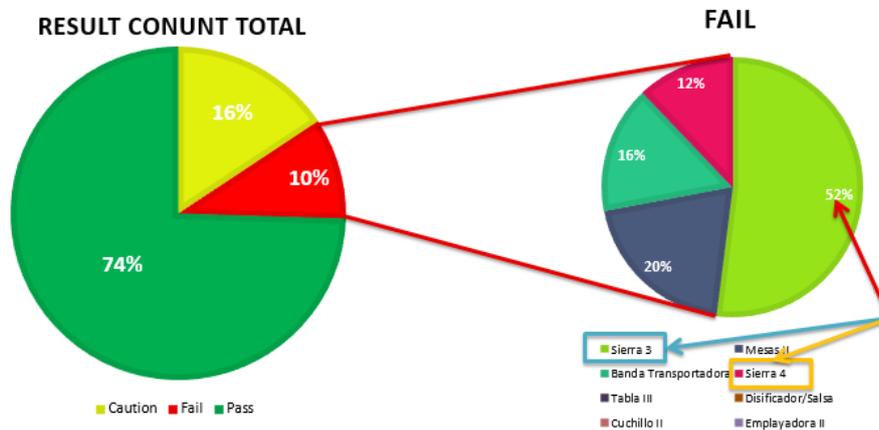


Ilustración 2.19 Fallas en la limpieza en los equipos, fuente: autor del proyecto

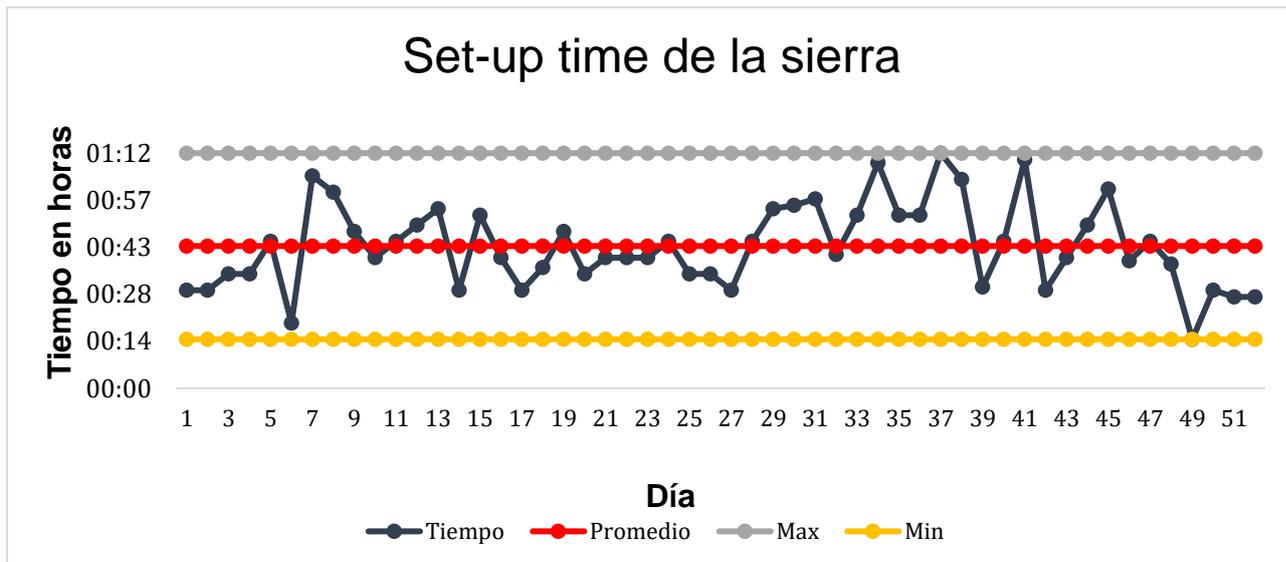


Ilustración 2.20 Verificación de causas potenciales por gemba, fuente: autor del proyecto



Ilustración 2.21 Verificación de causas potenciales por gemba, fuente: autor del proyecto

2.2.3 Determinación de causas raíces

El uso de la herramienta 5 por qué's es crucial en esta etapa del proceso, de este modo con las causas potenciales ya cuantificadas por el operativo y verificadas por el gestor del proyecto, se cuestiona por qué sucede cada causa, para entonces resumirse en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 “5” por qué’s, fuente: autor del proyecto

Nº	Causa portencial	Por qué 1?	Por qué 2?	Por qué 3?	Causa raíz
X2	Materia prima no lista para procesar	Porque se hace uso de pollo en funda como pollo para proceso	Porque el proveedor no cumple con la cantidad solicitada	Porque sólo se realiza la adquisición a un proveedor en mayor porcentaje	Falla de previsión del Dpto. de Compras ante incumplimiento del proveedor
X6	Re-programación de la producción	Porque los operadores de la sierra no comprenden la hoja de producción actual	Porque la hoja de producción contiene la planificación del día y no la programación de los cortes		Incomprensión de la hoja de planificación actual
X4	Atrasos en la liberación (limpieza) del área - Setup	Porque se desconoce los puntos críticos de limpieza de los equipos	Porque no existe retroalimentación continua hacia los operadores sobre los problemas en limpieza		Tarea de supervisión sin garantías del estándar de limpieza al final de la operación
		Porque no se realiza un control de limpieza al finalizar la operación Por el uso de utensilios inapropiados para limpiar superficies de difícil acceso	Porque no se dispone de utensilios apropiados en la limpieza del área		Uso de utensilios inapropiados para limpiar superficies de difícil acceso
X5	Paras y reprocesos en la línea de empaquetado	Porque los productos con mayor facilidad de enbandedar (menor CT) ocasionan paras en la línea	Porque los sierreros no siguen una programación con los cortes por la confusión de la hoja de programación		Incomprensión de la hoja de planificación actual
		Porque cuando la bandeja que proviene de la rueda giratoria se desalinea al girar e ingresa mal a la empaquetadora	Porque existe exceso de capacidad cuando operan dos personas en la rueda giratoria de la sierra (centro de trabajo 3) Porque existen productos con mayor volumen y menor tiempo de ciclo que ocasionan caos en la rueda giratoria de la sierra (centro de trabajo 3)		Desbalance de la línea de bandejas
X7	Desbalanceo en la carga de trabajo	Porque una sola persona procesa 4 tipos de SKU's con demanda tipo A y B (muy demandados)	Porque no están definido bien la carga de trabajo de los operadores		Falla en la banda de la línea de bandejas Desbalance de la mesa de corte y filete

2.3 Mejora

En esta etapa se obtuvo todas las posibles mejoras, que se consiguieron con la lluvia de ideas, para luego evaluar y seleccionar aquellas con el mayor impacto y menor esfuerzo de implementación.

Con el abstracto del análisis (las causas raíces), nuevamente se convoca al equipo de trabajo, tanto operativo como administrativo, para cazar posibles soluciones a las causas raíces, como es el caso de la re-programación de la producción la cual se da por la incomprensión de la hoja actual de producción. Para esto el operativo propone diseñar un nuevo formato que organice los cortes por cada sierra, y cree a su vez un balance en el flujo de las presas, tema que anteriormente se ejecutaba de forma empírica.

2.3.1 Lluvia de ideas de soluciones

La lluvia de ideas se ejecuta con la ayuda del equipo de proyecto, el cual está compuesto de operarios (3), jefe operativo (1), jefe del CD (1), planificador de producción (1), líder del proyecto (1). Para entonces las soluciones convergen de la siguiente manera (ver Ilustración 2.22):

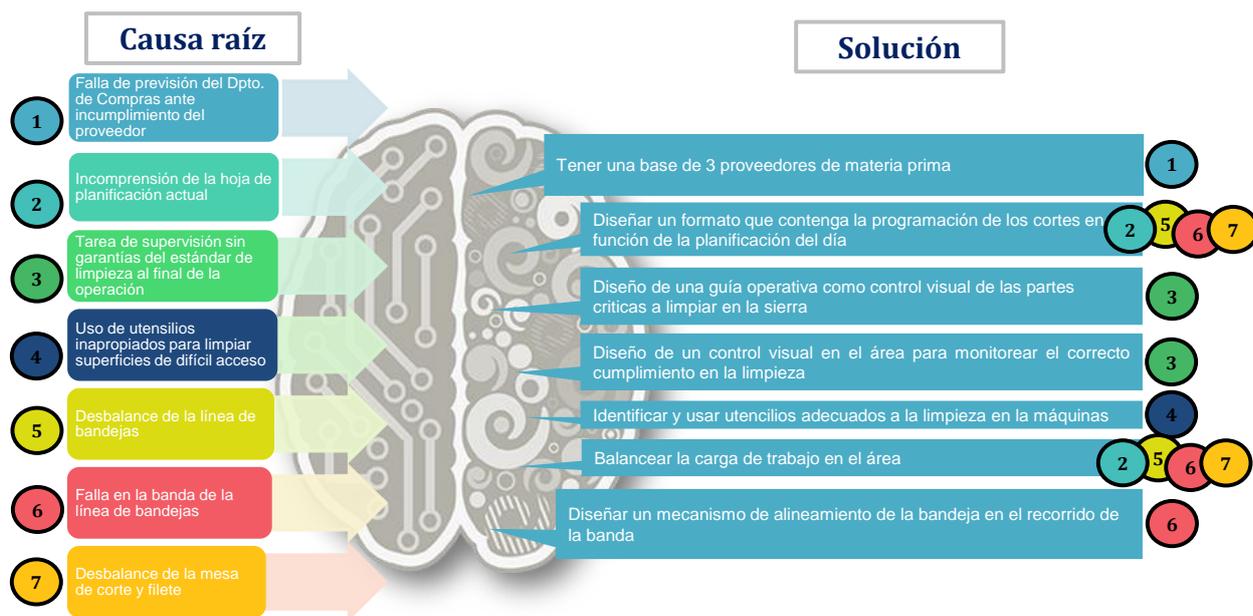


Ilustración 2.22 Lluvia de ideas de soluciones, fuente: autor del proyecto

Cada solución impacta en una o más causas raíces, siendo el caso en la “falla en la banda de la línea de bandejas” el cual se ve influenciado con “balancear la carga de trabajo” y el “diseño del formato que contiene la programación de los cortes”.

Tabla 2.6 Costo de implementación de soluciones, fuente: autor del proyecto

Causa raíz	Solución	Costo de implementar
Falla de previsión del Dpto. de Compras ante incumplimiento del proveedor	Tener una base de 3 proveedores de materia prima	\$0.00
Incomprensión de la hoja de planificación actual	Diseñar un formato que contenga la programación de los cortes en función de la planificación del día	\$0.00
Tarea de supervisión sin garantías del estándar de limpieza al final de la operación	Diseño de una guía operativa como control visual de las partes críticas a limpiar en la sierra	\$0.00
	Diseño de un control visual en el área para monitorear el correcto cumplimiento en la limpieza	\$0.00
Uso de utensilios inapropiados para limpiar superficies de difícil acceso	Identificar y usar utensilios adecuados a la limpieza en la máquinas	\$216.00
Incomprensión de la hoja de planificación actual	Diseñar un formato que contenga la programación de los cortes en función de la planificación del día	\$0.00
Desbalance de la línea de bandejas	Balancear la carga de trabajo en el área	\$0.00
Falla en la banda de la línea de bandejas	Diseñar un mecanismo de alineamiento de la bandeja en el recorrido de la banda	\$616.95
Desbalance de la mesa de corte y filete	Balancear la carga de trabajo en el área	\$0.00
Total (\$/año)		\$832.95

Cada solución tiene un costo, el cual se relaciona con el esfuerzo a implementarse, sin embargo se determina que anualmente la inversión de todas las soluciones es de \$832,95 dólares (ver Tabla 2.6).

2.3.2 Selección de soluciones

Con la ayuda del personal, luego de haber levantado las soluciones a las causas raíces, se ejecuta una valoración que considera el impacto vs el esfuerzo. Tanto el impacto como el esfuerzo fueron evaluados tomando como escala los números 1, 3, 6, 9; donde 1 implica menor impacto y 9 mayor esfuerzo, para el caso de esfuerzo de la misma forma. En la evaluación participaron tanto operadores, como personal administrativo, con un total de 9 personas (ver Tabla 2.7), los resultados de esta evaluación se resumen en la matriz impacto vs esfuerzo de la Ilustración 2.23.

Tabla 2.7 Evaluación de soluciones, fuente: autor del proyecto

Nº	Soluciones	Promedio de Impacto	Promedio de Esfuerzo
6	Balancear la carga de trabajo en el área	8.7	4.8
2	Diseñar un formato que contenga la programación de los cortes en función de la planificación del día	9.0	3.2
7	Diseñar un mecanismo de alineamiento de la bandeja en el recorrido de la banda	8.0	5.0
4	Diseño de un control visual en el área para monitorear el correcto cumplimiento en la limpieza	6.7	2.4
1	Tener una base de 3 proveedores de materia prima	8.7	5.9
3	Diseño de una guía operativa como control visual de las partes críticas a limpiar en la sierra	5.3	2.7
5	Identificar y usar utensilios adecuados en la limpieza de las máquinas	7.0	2.4

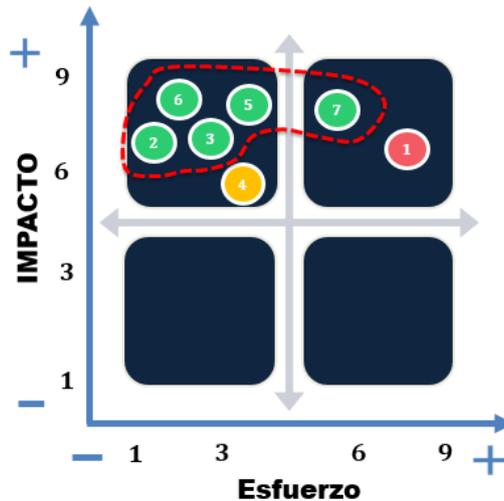


Ilustración 2.23 Matiz Impacto vs Esfuerzo, fuente: autor del proyecto

Cada solución está enumerada siguiendo la misma secuencia de la Ilustración 2.22 para entonces obtener las soluciones de la matriz como 2, 3, 4, 5 y 6 quedando fuera la solución 1 y 7. Sin embargo se estableció una negociación con la administración para implementar la solución 7 por la 4, quedando como se observa en la Ilustración 2.23 con la línea segmentada color rojo.

La solución 2 *“Diseñar un formato que contenga la programación de los cortes en función de la planificación del día”* nos va ayudar a balancear el flujo de presas en el sistema.

La solución 3 y 5 se trabajan en conjunto *“Diseño de una guía operativa como control visual de las partes críticas a limpiar en la sierra”* e *“Identificar y usar utensilios adecuados a la limpieza en las máquinas”*; el desarrollo de la solución 3 nos permite evidenciar el correcto proceso en la limpieza de las máquinas, dentro del mismo se detallan las superficies críticas que deben limpiarse con mayor énfasis, eliminando toda suciedad con la ayuda del uso de vileda, utensilio que fue el más apropiado en cuanto a costo y funcionamiento para la limpieza de estas superficies.

La solución 6 *“Balancear la carga de trabajo en el área”*, consiste en varias etapas: 1) Se crea un nuevo centro de trabajo que permita colocar los cortes con tiempos de ciclo más bajos y mayor volumen en un área de cuarentena para que luego se coloque en bandeja a medida que se requiera del producto, en función del tiempo de ciclo.

- 2) Con la ayuda de la hoja de programación de cortes se organiza y balancea el flujo de presas.
- 3) Se determina el óptimo de personas en la línea de empaque y en la mesa de corte y filete.

Finalmente 7 *“Diseñar un mecanismo de alineamiento de la bandeja en el recorrido de la banda”* nos ayuda directamente a la reducción de micro-paradas en la línea de empaque.

Para la ejecución de las mejoras se establece un plan de implementación, el cual nos indica cómo se va a implementar, por qué se va a implementar la solución, con quien se la va a trabajar, en qué lugar se la va a ejecutar, y cuando se lo va a ejecutar. El abstracto de esta información se refleja en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Plan de implementación, fuente: autor del proyecto

Nº	Solución	Cómo Implementar?	Por qué implementar?	Dónde Implementar?	Quien?	Cuando?
2	Diseñar un formato que contenga la programación de los cortes en función de la planificación del día	Se establece una reunión para levantar la necesidad del operador de la sierra, se valida con el Jefe Operativo, y finalmente se presenta y ejecuta el formato	Porque ayuda a balancear los cortes en la producción	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo	Del 01/11/2019 al 31/01/2020
3	Diseño de una guía operativa como control visual de las partes críticas a limpiar en la sierra	Se establece una reunión con el inspector de calidad para enfatizar los lugares con mayor índice de falla en la limpieza de la sierra	Porque ayuda a comprender al personal operativo las superficies críticas a limpiar con mayor énfasis en la sierra	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo con Dpto. Calidad	Del 6/01/2020 al 31/01/2020
4	Diseño de un control visual en el área para monitorear el correcto cumplimiento en la limpieza	Se realiza una solicitud al departamento de calidad para explotar el reporte que emite el software "Higiene" de liberación (limpieza) de equipos	Porque mantiene informado al personal operativo sobre que tan bien ha sido la limpieza en un periodo de tiempo, y a la vez ayuda a tomar correctivos inmediatos	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo con Dpto. Calidad	Del 6/01/2020 al 31/01/2020
5	Identificar y usar utensilios adecuados a la limpieza en la máquinas	Se levanta junto con el personal operativo los utensilio/s que faciliten la limpieza, y se valida con el departamento de calidad	Porque ayuda a dejar limpia las áreas de difícil acceso para liberar (limpiar) los equipos en la primera limpieza al siguiente día	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo	Del 6/01/2020 al 31/01/2020
6	Balancear la carga de trabajo en el área	1) Se crea un nuevo centro de trabajo que permita colocar los cortes con tiempos de ciclo más bajos y mayor volumen en un área de cuarentena para que luego se coloque en bandeja a medida que se requiera del producto, en función del tiempo de ciclo	Porque garantiza la salida de los productos sin retrasos en el cuello de botella (mesa de corte y filete)	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo	Del 01/11/2019 al 31/01/2020
		2) Con la ayuda de la hoja de programación de cortes se organiza y balancea el flujo de presas	Porque ayuda a balancear los cortes en la producción	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo	Del 01/11/2019 al 31/01/2020
		3) Se determina el óptimo de personas en la línea de empaque y en la mesa de corte y filete	Porque permite balancear la carga de trabajo en el área	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo	Del 01/11/2019 al 31/01/2020
7	Diseñar un mecanismo de alineamiento de la bandeja en el recorrido de la banda	Levantar junto al Dpto. de Mantenimiento el diseño del mecanismo, realizar pruebas, e instalar la mejora en la línea	Porque ayuda a reducir las paras y reprocesos en la línea de empaque	En el área de producción de pollos	Alfredo Castillo con Dpto. Mantenimiento	Del 30/12/2020 al 31/01/2020

2.4 Implementación y Control

En esta etapa se explica la implementación de cada una de las soluciones expuestas en 2.3.2, el análisis financiero como un ahorro en el tiempo, la mejora de la variable respuesta y finalmente el impacto de las variables críticas de calidad (CTQ) vs las mejoras en la triple línea base de los ODS (objetivos de desarrollo sostenible) propuestos en la etapa de definición.

2.4.1 Desarrollo de las soluciones

Todas las soluciones fueron definidas de dos formas, la primera tuvo que ver con el balance en el flujo de las presas, y la segunda tuvo que ver con el balance en la carga operativa. Para el primer caso se aplicó la reducción de paras y reprocesos en la línea, y el flujo continuo de presas en el sistema, el segundo caso tuvo que ver con la organización en la línea, para lo cual se creó un nuevo centro de trabajo por los problemas que ocasionaban los productos que se colocaban en bandeja con mayor rapidez y a la vez tenían un mayor volumen vs los que tenían un tiempo de ciclo más bajo. Por ejemplo, el caso de medio pollo, es un corte con volumen mayor y menor tiempo de ciclo a diferencia de las piernas en bandeja, que posee un menor volumen. Para entonces balancear las presas que causaban mayor problema en el flujo y colocarla en el nuevo centro de trabajo, proceso detallado en la Ilustración 2.25.



Ilustración 2.24 Diseño de platina para línea de empaque, fuente: autor del proyecto

En la Ilustración 2.24 se detalla el diseño de una platina que ayuda ajustar la bandeja en la línea de empaque, esto implica que la bandeja al ser colocada en la banda ya como resultado la bandeja va tener una orientación desde que es

colocada en la banda hasta que llega a la maquina empaquetadora, situación que antes no pasaba.

La siguiente solución tiene que ver con el diseño de un formato que agrupa las configuraciones de los cortes en función de la planificación del día (ver Ilustración 2.27), el cual detalla cuanto es el lote de producción que debe tomar el operador en las distintas olas (o corridas de producción), y la clasificación de los cortes por operador. Recordando que el problema de comunicación y comprensión de la hoja de programación actual ocasionaba que el operador en la sierra ejecute a criterio propio los lotes y presas a cortar, creando un desbalance en el flujo de presas, y ocasionando el exceso o faltante de productos a los distintos centros de trabajo. Todo esto da como resultado los alargues en la producción en el cuello de botella (mesa de filete) y la consecuente falta de productos para el despacho. Esta solución además de balancear el flujo, organiza a los operadores para que exista la suficiente alimentación de producto tanto a la línea como a la mesa de corte y filete, revisar Ilustración 2.3.

Además de esto, haciendo uso de los tiempos de ciclo de los productos, se extrae de la mesa giratoria (cercana a la sierra) a los productos con mayor volumen y menor tiempo de ciclo, con la finalidad de reducir la tensión de tráfico y evitar futuras paras en la línea de empaque. Para eso se crea un nuevo centro de trabajo el cual contiene los productos como “1/4 pollo”, “1/2 pollo”, “muslo especial”, “muslo filete”, “pechuga fileteada”, “hueso”, y “ala BBQ”.

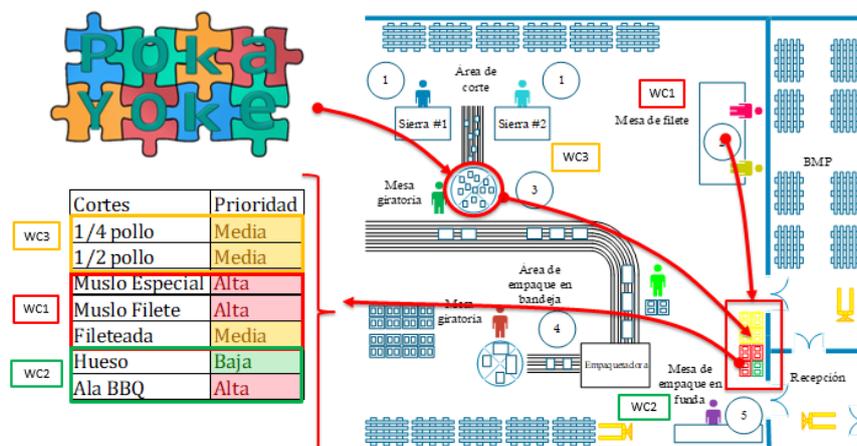


Ilustración 2.25 Prioridades con el flujo de presas, fuente: autor del proyecto

Cada uno de estos cortes tiene una prioridad estipulada por el tiempo de ciclo. De esta manera se diseña un sistema poka-yoke, el cual le indica al operador que cosa debe pasar primero, es decir que, si tengo “1/2 pollo” vs “hueso” se debe procesar el “1/2 pollo” en primer lugar, en cambio sí es la “pechuga fileteada” vs el “muslo filete”, entonces debería procesar el “muslo filete” primero. El resultado de esta implementación esta detallado en la Ilustración 2.26.

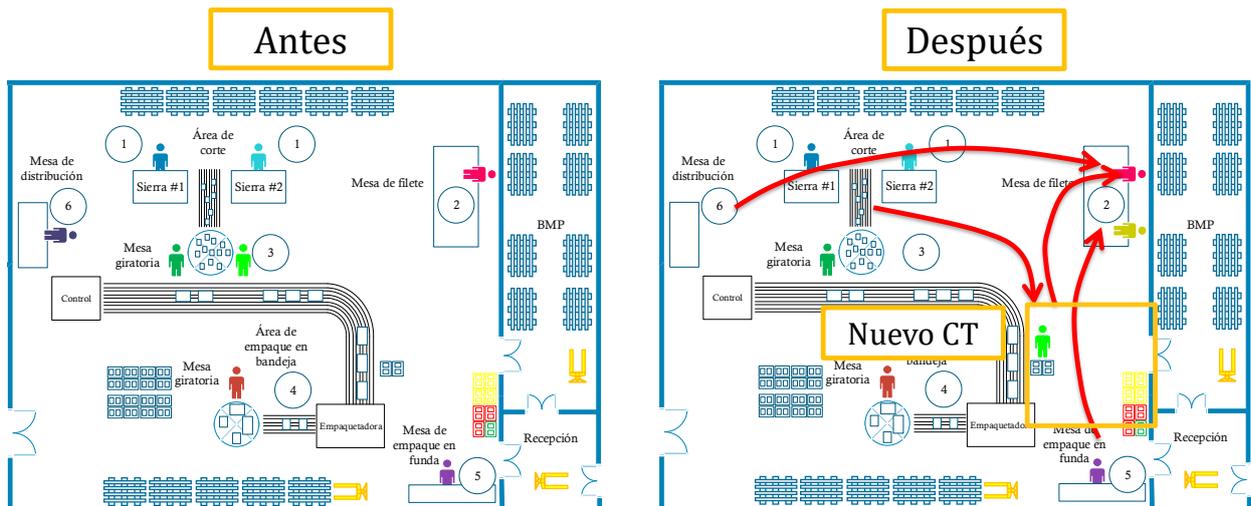


Ilustración 2.26 Balanceo del área, fuente: autor del proyecto

Finalmente, se procedió a la organización total del área de trabajo, Ilustración 2.26. Para esto, se determinó el número de personas por estación: 2 personas para la sierra, 1 sola persona en la mesa giratoria cercana a la sierra, 2 personas para la mesa de filete, 1 persona para pasar productos de la sierra y de la mesa de filete tal como se explica anteriormente, y finalmente 1 persona para la elaboración de productos con valor agregado.

Fecha	27/2/2020
Producción	1843

Programación del desprezado

SIERRA # 1	1	2	3	Total programación
ALAS C ESP	260	240	140	640
PECHUGA	300	240	95	635
M. ESPECIAL	260	240	140	640
FILETEADA	0	0	45	45
MIX	0	0	0	0
MUSLO C. PIEL	40	0	0	40
M. FILETE	0	0	0	0
ALAS BBQ	40	0	0	40
ALAS EN BANDEJA	0	0	0	0
LOTE	300	240	140	
*PEDIDOS AL VACIO	1	2	3	Total programación
PECHUGA AL VACIO	12	0	0	12
PECHUGA FILETEADA AL VACIO	12	0	0	12
PIERNAS AL VACIO	24	0	0	24
ALAS AL VACIO	0	0	0	0

SIERRA # 1	1	2	3	Total programación
CUARTO POLLO	60	84	67.5	211.5
SIERRA # 1	1	2	3	Total programación
MEDIO POLLO	68	84	72.5	224.5

SIERRA # 2	1	2	3	Total programación
MIX	203	0	0	203
ALAS BBQ	300	300	127	727
M. ESPECIAL	203	240	24	467
FILETEADA	97	300	127	524
M. FILETE	97	60	103	260
ALAS EN BANDEJA	0	0	0	0
MUSLO C. PIEL	0	0	0	0
PECHUGA	0	0	0	0
LOTE	300	300	127	
*PEDIDOS AL VACIO	1	2	3	Total programación
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

SIERRA # 1	1	2	3	Inicio estimado	Fin estimado
Tiempo estimado	1:45:28	1:29:11	0:55:47	7:10:00	11:20:26
SIERRA # 2	1	2	3	Inicio estimado	Fin estimado
Tiempo estimado	1:45:24	1:45:24	0:44:37	7:10:00	11:25:25

Ilustración 2.27 Programación de presas, fuente: autor del proyecto

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Por una parte, se presentan los resultados de las micro-paradas con los reprocesos que se daban en la línea, por otra el impacto del balance en el área.

La reducción de paras se ve relacionada con el uso de la energía, debido a que la proporción de tiempo en que la línea se mantiene parada es proporcional al incremento del consumo energético en la banda, justamente por el tiempo adicional que deben esperar los productos al pasar mientras la línea contiene tráfico de bandejas, encontrándose encendida a la espera de que los operadores solución en el problema ya sea extrayendo las bandejas atascadas en la maquina o por mal orientación de la bandeja, en este último caso el sensor de la banda automáticamente detecta que la maquina debe parar por este error. Sin embargo los resultados arrojan que el consumo energético pasó de \$33.04 a \$21.68 dólares al año ahorrando \$11.35 dólares por año, equivalente a un 34%, ver Tabla 3.1.

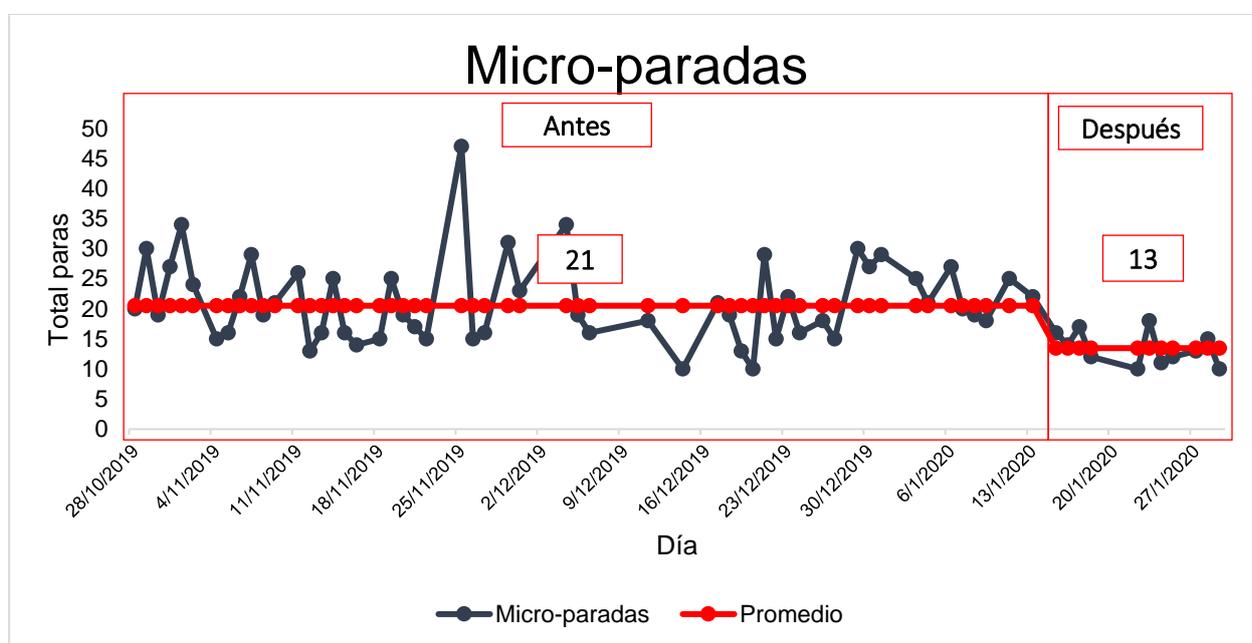


Ilustración 3.1 Mejora en las paras de la línea, fuente: autor del proyecto

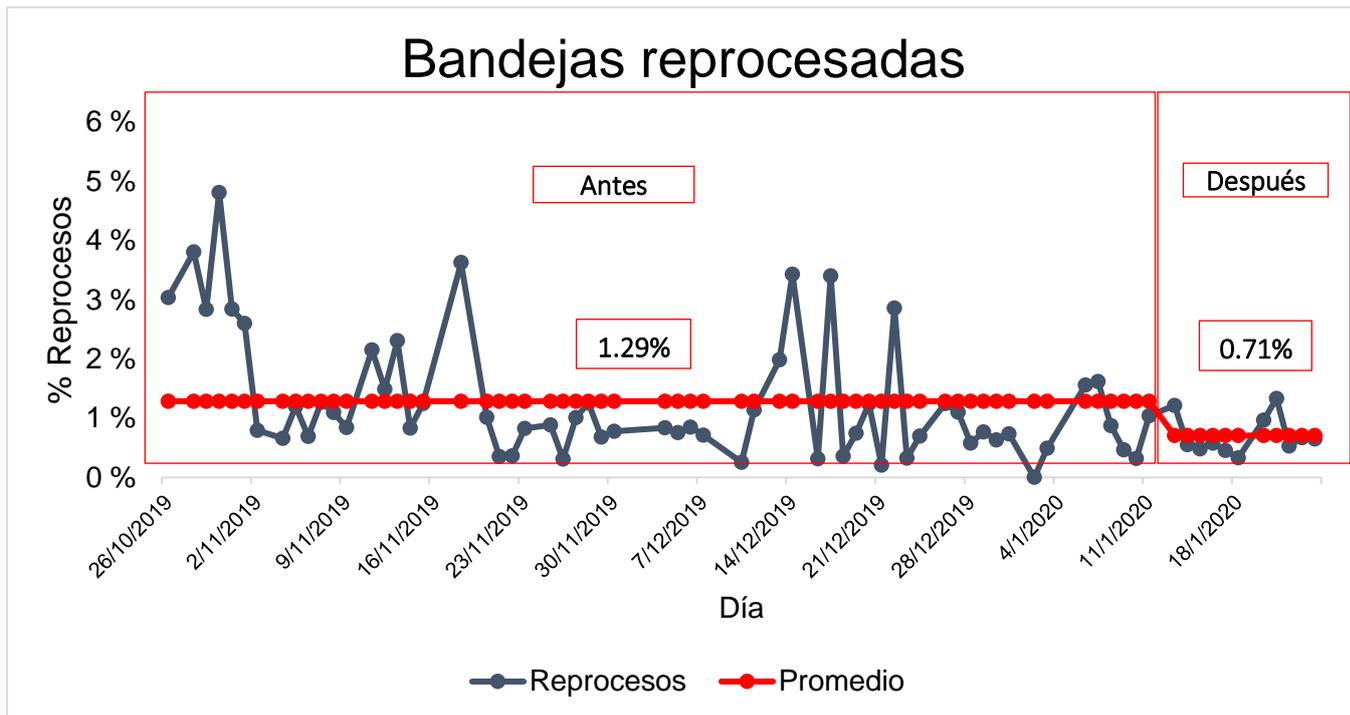


Ilustración 3.2 Mejora en las reprocesos de la línea, fuente: autor del proyecto

Mediante esta implementación se logró reducir en un 38% las paradas en un día de trabajo, que paso de 21 paras a 13 paras por día (ver la Ilustración 3.1). Este resultado sumado al entrenamiento en el futuro debe llegar a cero paras al día. Por otra parte, los reprocesos pasaron de 1,29% a 0,71% provocando una reducción del 45% (ver Ilustración 3.2), es decir que antes por cada 10.000 bandejas se reprocesaban 129, ahora son 71 bandejas. Esto a la vez se resume en el cuadro de la Tabla 3.1, lugar donde se explica que el proceso pasó de reprocesar de 72 bandejas por día a 39 bandejas reprocesadas, con una reducción en costo de \$2.070.05 a \$1.135.74 dólares al año respectivamente.

Tabla 3.1 Resultados reprocesos, fuente: autor del proyecto

Item	Antes	Después	Reducción
Potencia de la banda L (vatios)	0.72	0.72	-
Potencia de la máquina empaquetadora (vatios)	4.15	4.15	-
Factor energético (\$/KwH)	0.089	0.089	-
Tiempo promedio por para (seg)	46.4	46.4	-
Número de paras promedio por día	21	13	34%
Tiempo perdido por día (min)	15.9	10.4	34%
Tiempo perdido por mes (horas)	6.4	4.2	34%
Costo adicional de energía (\$)/mes	\$ 2.75	\$ 1.81	\$ 0.95
Costo adicional de energía (\$)/año	\$ 33.03	\$ 21.68	\$ 11.35

Item	Antes	Después	Reducción
Producción promedio por día	5588	5588	-
Reproceso (%)	1.29 %	0.71 %	45%
Bandejas reprocesadas por día	72	39	45%
Costo por reproceso (\$/mes)	\$ 172.50	\$ 94.65	\$ 77.86
Costo por reproceso (\$/año)	\$ 2,070.05	\$ 1,135.74	\$ 934.31

Cada una de estas mejoras generó un impacto directa o indirectamente a la productividad (variable respuesta). Con la ayuda de las implementaciones se logró incrementar la productividad en un 22% (ver Ilustración 3.3 e Ilustración 3.4), lo cual supera sustancialmente el objetivo esperado del 7%.



Ilustración 3.3 Resultados de la variable respuesta con la mejora, fuente: autor del proyecto

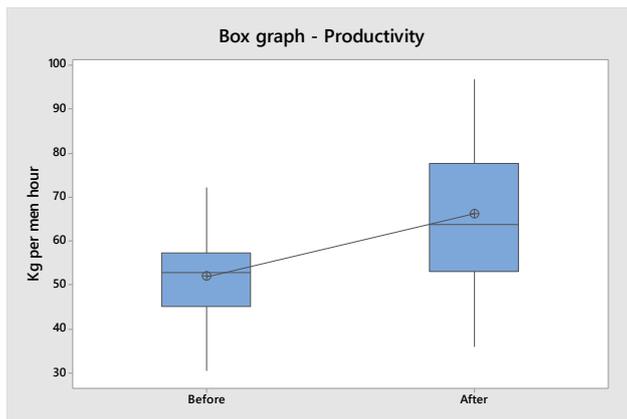
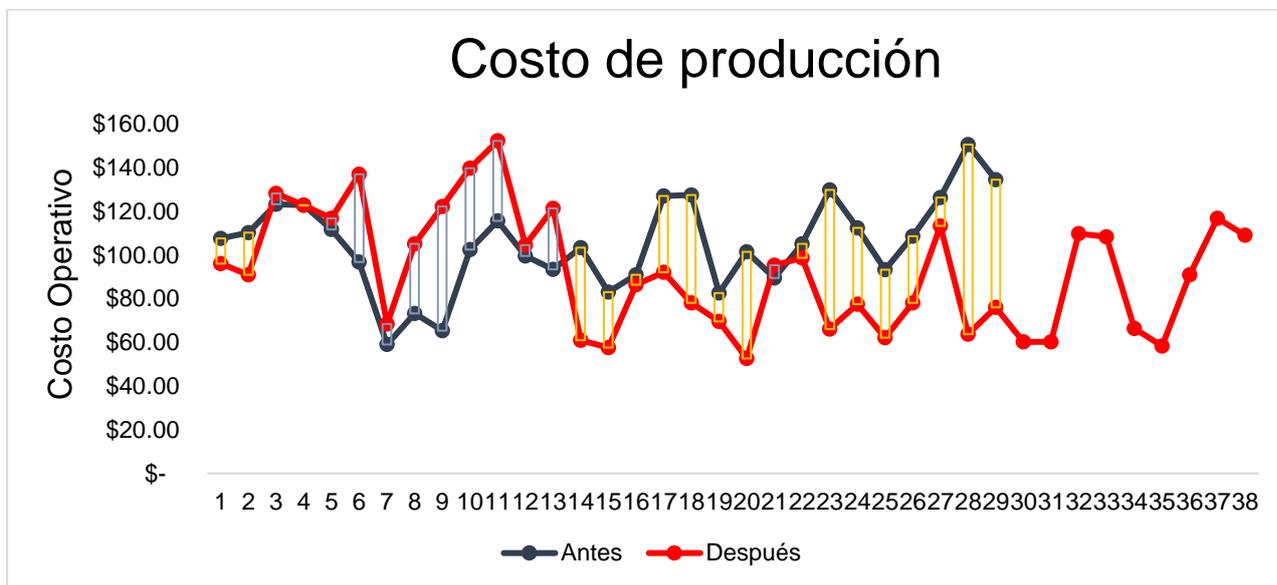


Ilustración 3.4 Diagrama de cajas de la variable respuesta antes y después de la mejora, fuente: autor del proyecto

El equipo de trabajo está confirmado por 8 operadores, los cuales en promedio tienen ingresos de \$1.77 por hora trabajada, los costos de producción con estos antecedentes antes rodeaban \$105,04 dólares por día, luego de la implementación de las mejoras, este se reduce en un 12%, ahorrando \$12,61 dólares por día, que en el año se transforman en \$3.630,80 dólares (ver Ilustración 3.5).



	Antes	Después	Reducción
Costo de producción anual	\$ 30,252.79	\$ 26,621.99	12%
Ahorro anual (\$/año)	\$ 3,630.80		

Ilustración 3.5 Ahorro anual de la mejora de productividad en dólares, fuente: autor del proyecto

El ahorro total anual es la suma del ahorro por las distintas mejoras implementadas. Para el caso de las micro-paradas en la banda empaquetadora, \$11,35, para el caso de los reprocesos, \$934,31 y finalmente el ahorro por la reducción de los tiempos de la producción \$3.630,80; en conclusión, el ahorro total se estima en \$4.576,46 dólares al año.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con una producción promedio de 1844 pollos/día, los tiempos de producción pasaron de 7.42 a 6.52 horas, reduciéndose en un 12%.
- Los costos de producción pasaron de \$105,04 a \$92,44 dólares por día de trabajo, lo cual se traduce en un ahorro anual de \$3.630,80 dólares.
- La productividad incrementa en un 22%, pasando de 52 kg/hora-hombre a 67 kg/hora-hombre superando el objetivo estimado del 7%.
- El total de micro-paradas en la línea de empaque se reduce en un 34%, pasando de 21 a 13 micro-paradas por día, logrando un ahorro energético de \$11.45 dólares al año, además del impacto medioambiental con el ahorro de 19 kwh al año.
- El reprocesamiento pasa de 1.29% a 0.71%, reduciendo el impacto al medio ambiente con el aprovechamiento de 9.343 bandejas que se desperdiciaban al año.

4.2 Recomendaciones

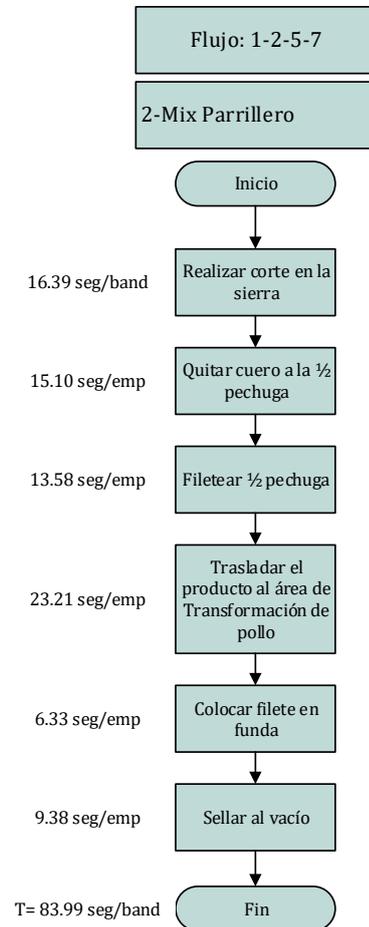
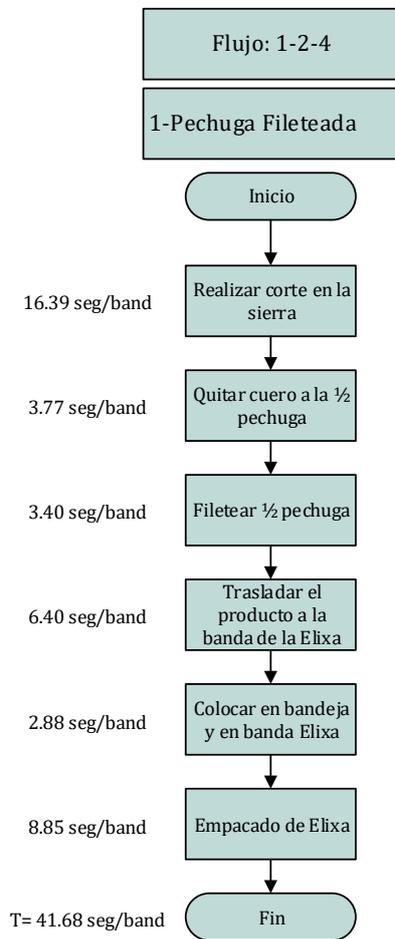
- Considerar la implementación de un sistema de producción visual y digital, para que los productos puedan procesarse en función de la necesidad en tiempo real.
- Diseñar el indicador de OEE en la maquina empaquetadora de bandejas para costear la incidencia de futuros fallos en la máquina.
- Hacer una revisión del proceso operativo, junto a un estudio de tiempos una vez al año.

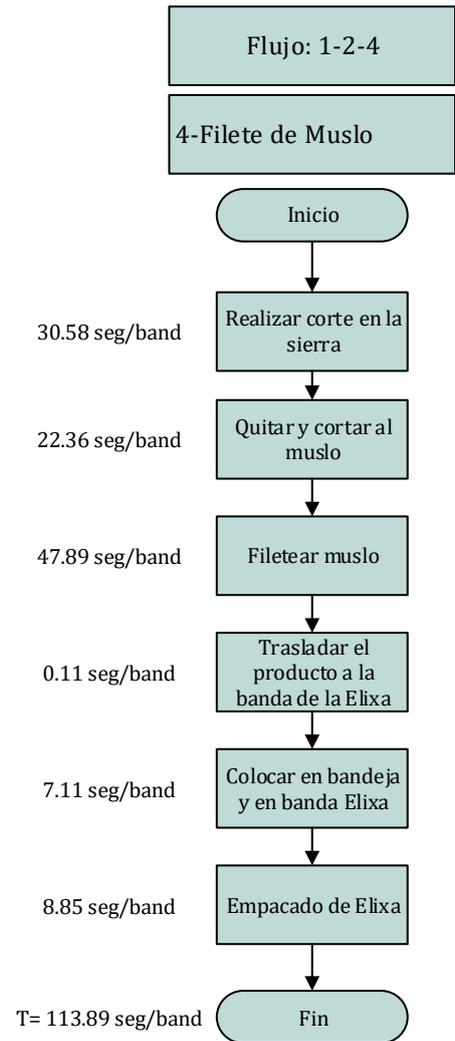
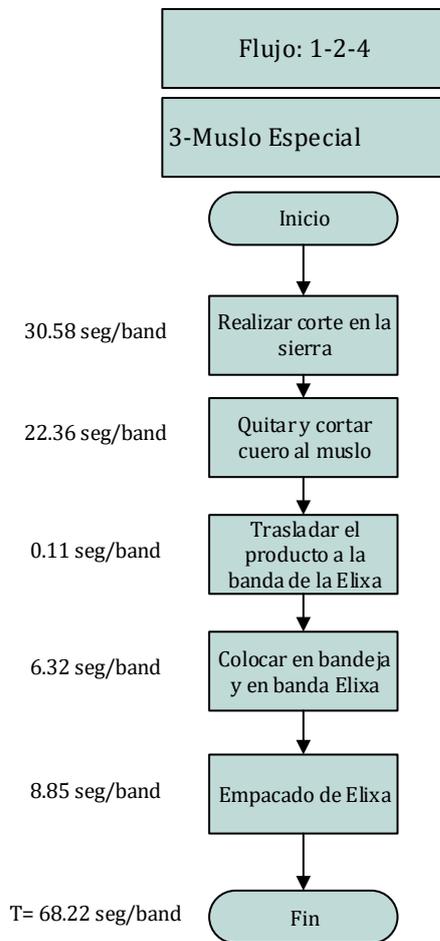
BIBLIOGRAFÍA

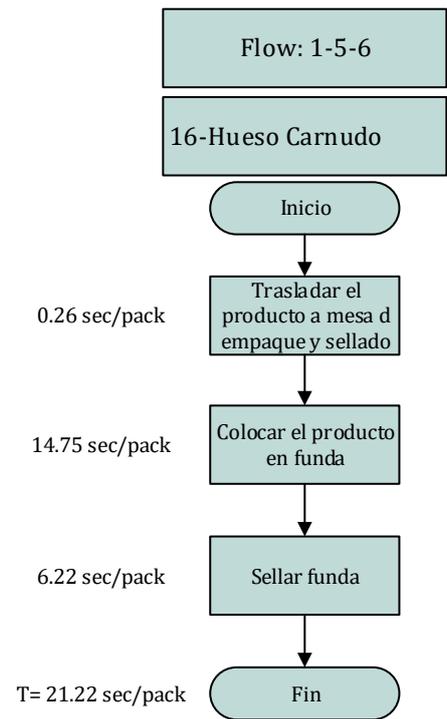
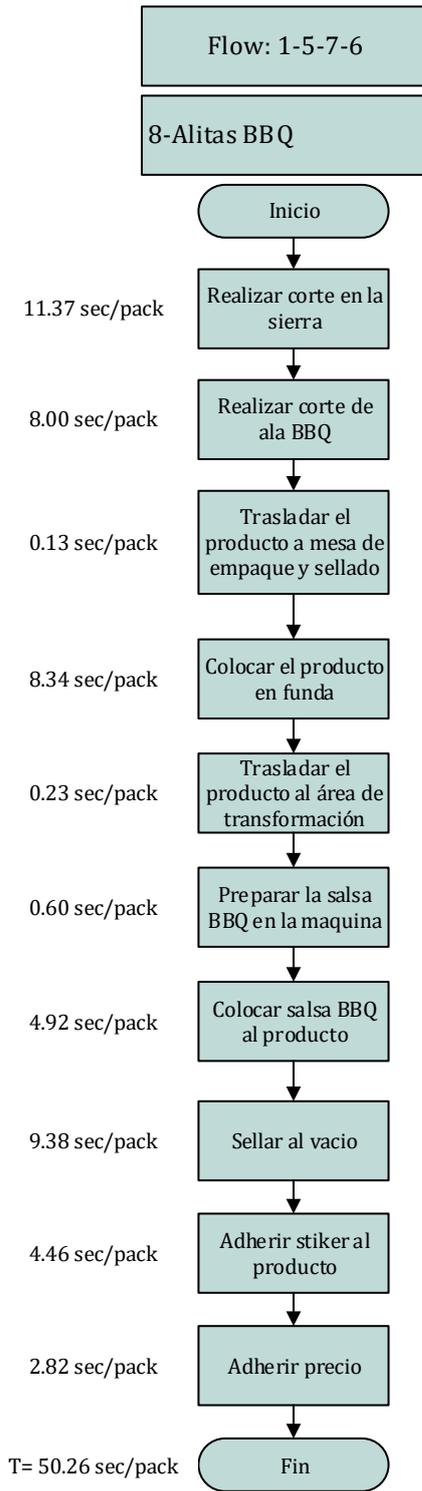
- Almeida, R. P. (2004). *Estudio de Alternativas para Incrementar a Eficiencia Operacional de una Planta de Producción de Fertilizantes Compuestos*. Guayaquil.
- Arroyo, J. m. (2010). *Metodología para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos para la Mejora Continua*. Mexico.
- Cuevas, B. N. (2013). *Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) como Estrategia de Reducción de Costos*. Tijuana.
- Eyal Dassaulsrael Zadok, D. R. (2006). *Combining Six-Sigma with Integrated Design and Control for Yield Enhancement in Bioprocessing*. Londres: I&EC Research. doi:<https://doi.org/10.1021/ie051261q>
- Hornng-Jang Liaw, V. G.-Y. (2010). *Flash Point for Ternary Partially Miscible Mixtures of Flammable Solvents*. China: Journal of Chemical & Engineering data. doi:<https://doi.org/10.1021/je900287r>
- Jie Fu, C. Z. (2012). *Debottleneck of Multistage Material-Handling Processes via Simultaneous Hoist Scheduling and Production Line Retrofit*. Corea: I&ec research. doi:<https://doi.org/10.1021/ie300550a>
- Lean, P. (2015). *5 porque, analisis de la causa raiz de los problemas*. Colombia.
- Mccooy, M. (1999). *Six sigma gaining as improvement method, DuPoint, Dow leas industry in embracing new route to lower cost and higher sales*. New York: C&EN. doi:<https://doi.org/10.1021/cen-v077n045.p011>
- Meyerholz, S. (2015). Using DMAIC as a Road Map to Approach Zero Central Line Infections(CLABSIs). *African Affairs*, 65-88. doi:[10.1093~oxfordjournals.afraf.a098407](https://doi.org/10.1093~oxfordjournals.afraf.a098407)
- Moncayo, C. E. (2015). *Implementacion de la Metodología DMAIC para Reducir los Defectos de Etiquetado en una Linea Embotelladora de Bebidas*. Guayaquil.
- Racines, S. A. (2013). *Aplicacion de las 7 herramientas de la Calidad a travez del Ciclo de Mejora Continua de Deming en la Sección de Hilandería en la Fabrica Pasamanería S.A. Cuenca*.
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma*. ASQ Quality Press.

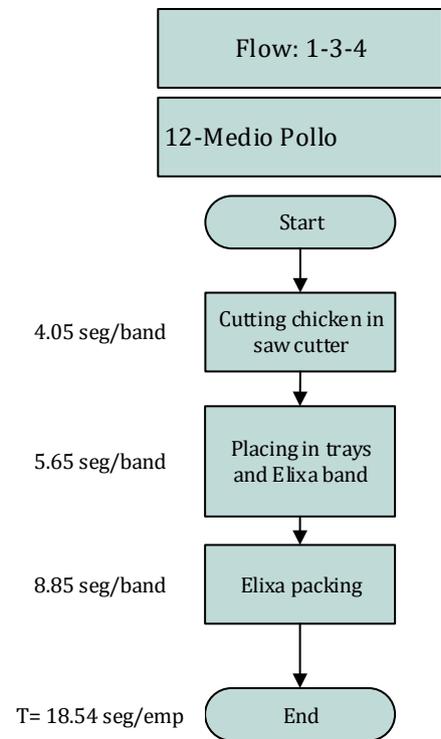
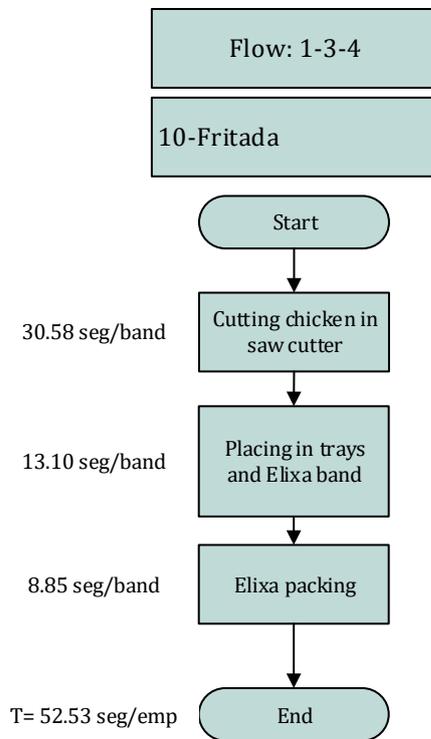
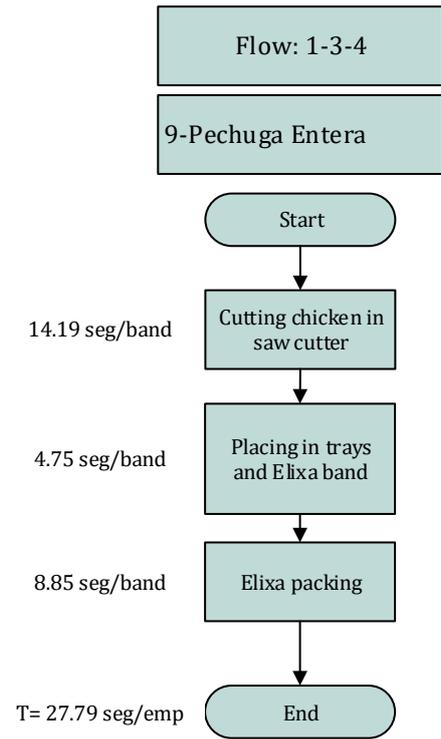
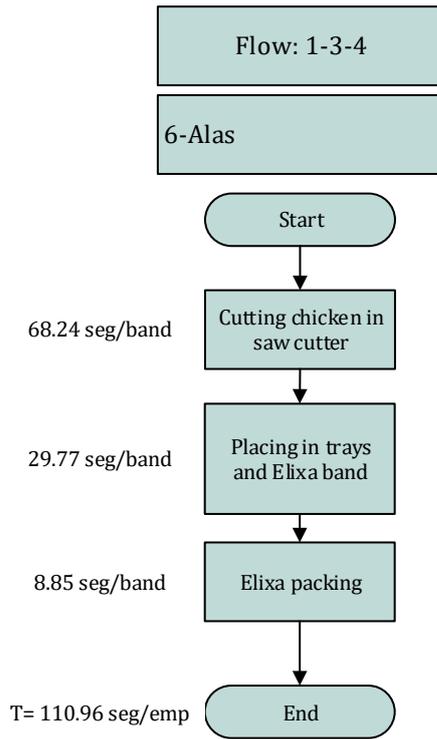
ANEXOS

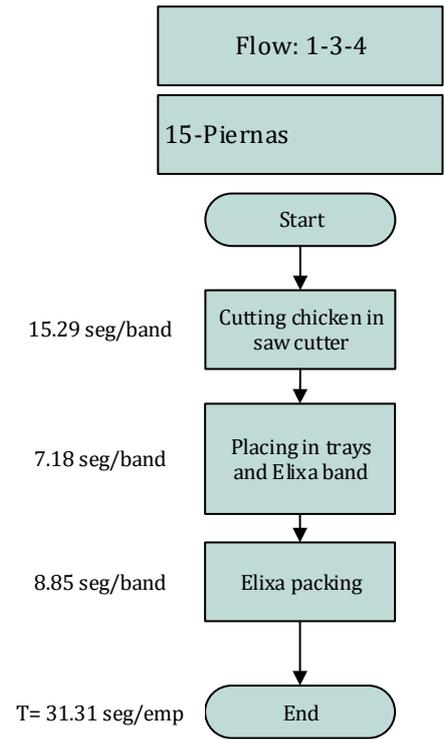
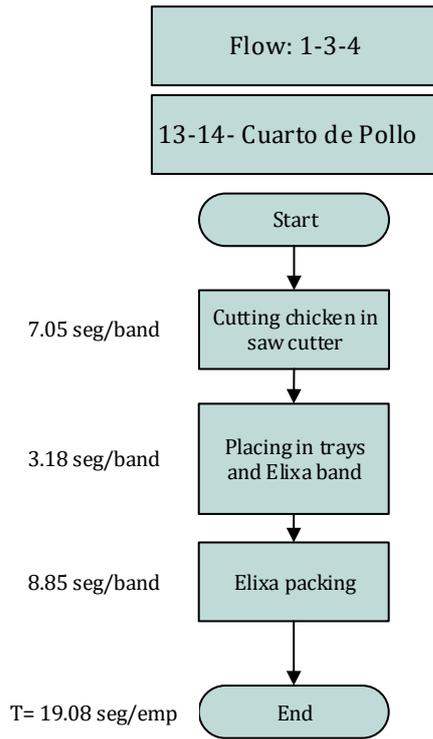
ANEXO A: DIAGRAMAS DE PROCESOS DE LOS SKU'S











ANEXO B: FORMATOS DE REGISTRO DE PARAS, REPROCESOS Y LIMPIEZA

Fecha:
N° Personas:
Inicio:
Fin:

HOJA DE REGISTRO DE PARAS Y REPROCESOS EN ELIXA
--

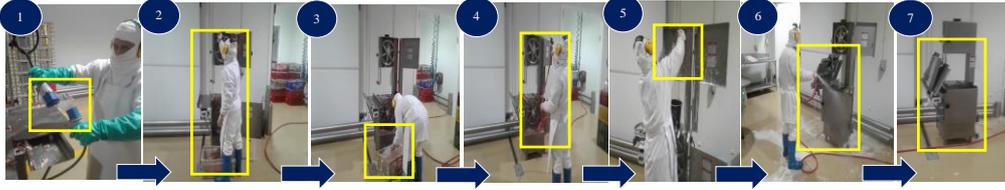
N°	Item	Registros										Producción (bandejas)	Hora Inicio	Hora Fin	Motivo de Paras
1	Alas														
2	Alas con espaldilla														
3	Alitas especiales														
4	Filete de muslo														
5	Fritada														
6	Hueso carnudo														
7	Medio pollo														
8	Molleja														
9	Muslo con piel														
10	Muslo Especial														
11	Pechuga entera														
12	Pechuga fileteada														
13	Pechuga y ala (1/4 pollo)														
14	Pierna y muslo (1/4 pollo)														
15	Piernas														
16	Otro:														
Total															

Observaciones:	

REPORTE DE NOVEDADES EN LA LIMPIEZA Y LIBERACIÓN DEL ÁREA

Fecha <small>Día/mes/año</small>	Inicio Liberación	Fin Liberación	Inspector	Utensilio	Químico	Novedades
				Franela <input type="checkbox"/> Esponja <input type="checkbox"/> Cepillo <input type="checkbox"/> Manguera con agua <input type="checkbox"/>	Jabón (BCQUA 10) <input type="checkbox"/> Sanitizante (BCNU 7) <input type="checkbox"/>	
Fecha	Inicio Limpieza	Fin Limpieza	Inspector	Utensilio	Químico	Novedades
				Franela <input type="checkbox"/> Esponja <input type="checkbox"/> Cepillo <input type="checkbox"/> Manguera con agua <input type="checkbox"/>	Jabón (BCQUA 10) <input type="checkbox"/> Sanitizante (BCNU 7) <input type="checkbox"/>	
Fecha	Inicio Liberación	Fin Liberación	Inspector	Utensilios	Químicos	Novedades
				Franela <input type="checkbox"/> Esponja <input type="checkbox"/> Cepillo <input type="checkbox"/> Manguera con agua <input type="checkbox"/>	Jabón (BCQUA 10) <input type="checkbox"/> Sanitizante (BCNU 7) <input type="checkbox"/>	
Fecha	Inicio Limpieza	Fin Limpieza	Inspector	Utensilios	Químicos	Novedades
				Franela <input type="checkbox"/> Esponja <input type="checkbox"/> Cepillo <input type="checkbox"/> Manguera con agua <input type="checkbox"/>	Jabón (BCQUA 10) <input type="checkbox"/> Sanitizante (BCNU 7) <input type="checkbox"/>	

ANEXO C: GUÍA OPERATIVA PARA PROCESO DE LIBERACIÓN DE LA SIERRA DE CORTE

Guía Operativa					Fecha:	No.	
Limpieza en la sierra de corte					20/1/2020	1	
Macro-Proceso:	Proceso:	Tipo de Guía	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:		
Producción	Limpieza de equipos	S: Seguridad C Calidad P: Productividad	Alfredo Castillo C.	Jefe de Calidad	Jefe del Centro de Distribución		
EPP'S:			Herramientas y Equipos:		Frecuencia:		
 Cofia y mascarilla	 Botas Punta de Acero	 Guantes	Franela, esponja, cepillo, y vileda		Diario		
							
Paso	Descripción de Actividades					Observaciones	
1	Apagar y desconectar la máquina de la energía eléctrica.					Es obligatorio arrancar con esta actividad para evitar el riesgo eléctrico por contacto	
2	Retirar los desechos cárnicos adheridos a la máquina en un recipiente con funda.					Es recomendable desarmar la mayor cantidad de piezas del equipo para lograr una extracción más efectiva	
3	Retirar el recipiente con los desechos (aserrín) y trasladar al área de desechos.						
4	Rociar el equipo con agua para retirar los remanentes de carnes, así como las piezas extraídas del mismo.					Se deben cubrir todos los sectores de la máquina para lograr la mayor calidad de limpieza	
5	Colocar desengrasante BCNU 7, tanto el quipo como las piezas separadas					Las superficies de difícil acceso para el cepillo deben ser limpiadas con vileda. Considerar la proporción del desengrasante al 2%, por cada 20 ml de químico, 1000 ml de agua.	
6	Cepillar con agua y enjuagar nuevamente eliminando todo rastro de jabón, a si también con las piezas retiradas.						
7	Colocar sanitizante BCQA10, tanto el quipo como las piezas separadas, cubriendo todas las áreas						
8	Enjuagar todo el equipos con sus partes y dejar que la máquina con las piezas escurran el agua					Mientras dura el proceso de limpieza, personal de limpieza deberá retirar constantemente el agua derramada en la actividad	
							
					<p>Por la dificultad a la hora de limpiar con cepillo, las partes enumeradas en el equipo deberán ser limpiadas con vileda para garantizar una limpieza efectiva</p>		

ANEXO C: CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO



ANEXO D: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

Evaluación de alternativas de mejora en el proceso de producción de pollo										
Para el caso de impacto la evaluación 1 implica menor impacto y 9 mayor impacto Para el caso de esfuerzo 1 implica poco esfuerzo y 9 mayor esfuerzo										
Nº	Causa Raíz	Que?	Impacto				Esfuerzo			
			1	3	6	9	1	3	6	9
0	Falla de previsión del Dpto. de Compras ante incumplimiento del proveedor	Establecer con el proveedor de materia prima la capacidad real a suministrar y los días que no logre suplir el pedido	1	3	6	9	1	3	6	9
1	Incomprensión de la hoja de planificación actual	Diseñar un formato que contenga la programación de los cortes en función de la planificación del día	1	3	6	9	1	3	6	9
2	Tarea de supervisión sin garantías del estándar de limpieza al final de la operación	Diseño de un control visual de las partes críticas a limpiar en la sierra	1	3	6	9	1	3	6	9
3		Diseño de un control visual en el área para monitorear el correcto cumplimiento en la limpieza	1	3	6	9	1	3	6	9
4	Uso de utensilios inapropiados para limpiar superficies de difícil acceso	Identificar y usar utensilios adecuados a la limpieza en la máquinas	1	3	6	9	1	3	6	9
5	Desbalance de la línea de bandejas Desbalance de la mesa de corte y filete	Balancear la carga de trabajo en el área	1	3	6	9	1	3	6	9
6	Falla en la banda de la línea de bandejas	Diseñar un mecanismo de alineamiento de la bandeja en el recorrido de la banda	1	3	6	9	1	3	6	9

Evaluador: Nathaly Henery
Firma: Nathaly Henery