

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



**“IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
PLANTA DE EXPLOSIVOS”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

ANTONY CESAR COTRINA BABILONIA

LIMA -PERU















2022

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24- Reglamento de Propiedad Intelectual).**

Document Information

Analyzed document	TSP - Antony Cotrina.pdf (D142654797)
Submitted	2022-08-04 13:50:00
Submitted by	AMPELIO FERRANDO PEREA
Submitter email	ampelio@lamolina.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	ampelio.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS HUAPAYA - GONZALES.pdf Document TESIS HUAPAYA - GONZALES.pdf (D109590078)	 3
W	URL: http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4478 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 2
W	URL: http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3635 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 1
W	URL: http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3870 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 2
W	URL: http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4240 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 4
SA	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-PROTOCOLO.docx Document PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-PROTOCOLO.docx (D110184806)	 1
SA	quispe_sk_.pdf Document quispe_sk_.pdf (D30527186)	 1
W	URL: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19737 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 2
W	URL: https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/10922 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 3
W	URL: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9118 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 3
W	URL: https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1019/111 Fetched: 2022-08-04 13:51:00	 2
SA	1504235_Solórzano López Janneth.pdf Document 1504235_Solórzano López Janneth.pdf (D140554662)	 1
SA	TRABAJO TITULACION 08-2016 E.T..pdf Document TRABAJO TITULACION 08-2016 E.T..pdf (D21321917)	 1
SA	TRABAJO TITULACION TORRES ESTEFANIA.pdf Document TRABAJO TITULACION TORRES ESTEFANIA.pdf (D23814612)	 1

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
PLANTA DE EXPLOSIVOS”**

PRESENTADO POR:

ANTONY CESAR COTRINA BABILONIA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO

Dr. Leoncio Hertz Fernández Jerí
PRESIDENTE

Dr. Ampelio Ferrando Perea
ASESOR

Dr. Jimmy Oscar Callohuanca Aceituno
MIEMBRO

Mg. Sc. Luis Enrique Espinoza Villanueva
MIEMBRO

LIMA - PERU

2022

DEDICATORIA

*El presente trabajo se lo dedico a mis padres
y hermana mayor, que fueron el pilar para el
desarrollo educativo y profesional de mi
persona.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Ampelio Ferrando Perea por su constancia y direccionamiento de este trabajo. De igual forma a mi ex – jefe Joao Cristofolini por darme la oportunidad de demostrar mis conocimientos.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Problemática	2
1.2	Objetivos	4
1.2.1	Objetivo general	4
1.2.2	Objetivos específicos	4
II.	REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
2.1	Antecedentes	5
2.1.1	Antecedentes nacionales de la investigación.....	5
2.1.2	Antecedentes internacionales de la investigación	7
2.2	Base teórica	9
2.2.1	Ingeniería de métodos.....	9
2.2.2	Productividad.....	13
2.2.3	Lean manufacturing.....	17
2.3	Marco conceptual	24
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	28
3.1	Lugar	28
3.1.1	Lugar de ejecución	28
3.1.2	Ubicación política.....	28
3.2	Método de investigación	28
3.3	Diseño de la investigación	30
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.4.1	Análisis documental	30
3.4.2	Observación directa	31
3.5	Población y muestra	31
3.5.1	Población	31
3.5.2	Muestra	31

3.6	Procedimiento de análisis de datos	31
3.6.1	Revisión y gabinete	32
3.6.2	Construcción de herramientas	35
3.6.3	Validación de las herramientas.....	39
3.6.4	Procesamiento de datos	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
4.1	Resultados	71
4.2	Discusión.....	74
V.	CONCLUSIONES	76
VI.	RECOMENDACIONES	77
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
VIII.	ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempos no productivos de la planta de Carmex	3
Tabla 2: Características de los tipos de distribución en planta de los procesos.....	11
Tabla 3: Rendimiento por Hora por tipo de Carmex	33
Tabla 4: Ponderación de selección de alternativa de celda flexible	66
Tabla 5: Variación de tiempos de producción	71
Tabla 6: Disminución de operarios en la etapa de conteo	72
Tabla 7: Productividad de piezas por horas – hombre.....	72
Tabla 8: Incremento de personal operativo en etiquetado – testeó.....	73
Tabla 9: Indicador de productividad semanal.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del flujo del proceso	13
Figura 2: Value Stream Mapping	18
Figura 3: Metodología del programa 5 “S” SOLED	19
Figura 4: Disposición por tipo de máquina o secuencia del proceso.....	20
Figura 5: Flujo de información y materiales	22
Figura 6: Redistribución del trabajo	23
Figura 7: Lugar de trabajo fácil de observar.....	24
Figura 8: Clasificación de los diseños cuantitativos.....	29
Figura 9: Producto Carmex.....	32
Figura 10: Diagrama de operaciones del proceso de Carmex	36
Figura 11: Lista de actividades del proceso de Carmex	37
Figura 12: Diagrama de recorrido del proceso productivo de Carmex	38
Figura 13: Observación de tiempos paralelos a la operación productiva de Carmex.....	39
Figura 14: Diagrama de análisis del proceso de producción de Carmex.....	41
Figura 15: Observación de tiempos por maquina en la producción de Carmex.....	42
Figura 16: Layout de planta actual de Carmex	44
Figura 17: Layout detallado de la planta actual de Carmex	45
Figura 18: Análisis de tiempos y distancias de la producción de Carmex	46
Figura 19: Tiempo no efectivo de la producción de Carmex	47
Figura 20: Producción total en la etapa de fijado	48
Figura 21: Producción total en la etapa de conteo.....	49
Figura 22: Producción total en la etapa de embalado	50
Figura 23: Value Stream Mapping del proceso actual de Carmex	51
Figura 24: Redistribución de planta de Carmex	53
Figura 25: Propuesta de celdas flexibles en la planta de Carmex.....	54
Figura 26: Value Stream Mapping del proceso futuro de Carmex.....	55
Figura 27: Alternativa N°01 de celda flexible.....	57
Figura 28: Alternativa N°02 de celda flexible.....	58

Figura 29: Alternativa N°03 de celda flexible.....	59
Figura 30: Comparativo de propuesta de la productividad piezas por hora/hombre.....	60
Figura 31: Comparativo de propuesta del incremento de la productividad.....	60
Figura 32: Comparativo de propuesta de variación de personal.....	61
Figura 33: Comparativo de propuesta de incremento del costo del producto	61
Figura 34: Costo de implementación de la alternativa N°01	62
Figura 35: Costo de implementación de la alternativa N°02.....	63
Figura 36: Costo de implementación de la alternativa N°03.....	64
Figura 37: Comparativo de propuesta del tiempo de implementación.....	65
Figura 38: Implementación de maquinaria de la celda flexible.....	67
Figura 39: Dimensiones de la celda flexible seleccionada	68
Figura 40: Distribución de las celdas flexibles en la zona de embalado-conteo	69
Figura 41: Implementación del módulo de trazabilidad en la planta de Carmex	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Comparación de Carmex de empresas	83
Anexo 2: Ficha técnica de Carmex	84
Anexo 3: Proyección de demanda del Carmex por cliente	85
Anexo 4: Proyección de demanda del Carmex por metraje	86
Anexo 5: Diagrama de Ishikawa del bajo rendimiento	87
Anexo 6: Impacto en el efecto del bajo rendimiento	88
Anexo 7: Alternativas de solución de baja productividad	88
Anexo 8: Coeficiente global de rendimiento	89
Anexo 9: Elaboración de Value Stream Mapping detallado	89
Anexo 10: Etiqueta de pieza de Carmex.....	92
Anexo 11: Plano de ampliación de la planta de Carmex	93
Anexo 12: Cronograma de implementación del proyecto Carmex	94
Anexo 13: Reunión del proyecto Carmex	97
Anexo 14: Carmex con etiqueta de trazabilidad.....	97

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado en una planta productiva de explosivos, donde se muestra la importancia de la productividad para lograr los objetivos empresariales, para ello inicialmente deberíamos identificar las causas que acarrearán la baja productividad; por lo cual este trabajo se divide en dos partes, la primera es la implementación de ingeniería de métodos en la planta de Carmex, que tiene una productividad de 174 pza./Hr- h, lo que es bajo en comparación a lo que podría producir realmente. Se pudo identificar que la principal causa que generaba tiempos no productivos eran los traslados que existían en planta, sobre todo el traslado de fijado a conteo, en donde se vio que los 480 minutos laborales por turno, 62 minutos eran solo de traslados en ese punto. La segunda parte de este trabajo se centra en la implementación de celdas flexibles que es una herramienta de lean manufacturing, que permitirá un flujo continuo a nivel de producción; por ende, permitirá un incremento de la productividad.

Palabras clave: Ingeniería de métodos, productividad, lean manufacturing, celdas flexibles.

ABSTRACT

The present work is focused on an explosives production plant, where the importance of productivity is shown to achieve business objectives, for this we should initially identify the causes that led to low productivity; for which this work is divided into two parts, the first is the implementation of method engineering in the Carmex plant, which has a productivity of 174 pza./Hr-h, which is low compared to what it could produce Really. It was possible to identify that the main cause that generated non-productive times were the transfers that existed in the plant, especially the transfer from fixed to counting, where it was seen that the 480 working minutes per shift, 62 minutes were only transfers at that point. The second part of this work focuses on the implementation of flexible cells, which is a lean manufacturing tool, which will allow a continuous flow at the production level; therefore, it will allow an increase in productivity.

Keywords: Method engineering, productivity, lean manufacturing, flexible cells.

I. INTRODUCCIÓN

En presente trabajo muestras la baja productividad que existe en la planta de explosivos Carmex durante el periodo agosto 2019 a Julio 2020, y busca conocer cuáles son las principales causas que están impactando a la baja productividad, que afecta directamente al costo de la empresa.

La problemática que se tenía en ese entonces, estaba relacionada en reducir los costos logísticos, costos de producción, costos administrativos y costos de investigación en la que la empresa estaba enfocada a establecer nuevas estrategias, lo que resultaría en un incremento de las ventas y reducción de costos.

Las herramientas que se utilizaron para identificar cuáles fueron las principales causas que generaban la productividad fueron el diagrama de análisis de procesos (DAP), diagrama de análisis de operaciones (DOP), layout de planta, observación de tiempos por proceso, los cuales pertenecen a la ingeniería de métodos que permitieron establecer donde se encontraba la baja productividad en los procesos de Carmex y ver que acciones se tomarían mediante la aplicación de herramientas lean.

Finalmente, se demostrará el incremento de la productividad en la planta de Carmex, mediante las diferentes alternativas de solución propuestas, durante el último semestre del 2020 que se verá reflejado en el indicador de productividad.

Luego de lo descrito en líneas anteriores, el presente trabajo de suficiencia profesional demostrará la metodología de solución empleada en este problema que está relacionada con la baja productividad en la planta de Carmex, las cuales fueron desarrolladas a partir de las habilidades y competencias adquiridas en mi etapa universitaria.

1.1 Problemática

La productividad en el Perú ha sido una forma de medición de los resultados de las empresas, pero realizando una comparación de estas últimas décadas, la productividad laboral en el Perú ha sido seis veces menos que la de Estados Unidos. Los resultados de tener una baja productividad en los trabajadores de las empresas peruanas en relación a otros países desarrollados, se debe principalmente a los bajos retornos que se tiene en la formación del capital humano y van relacionados con el salario que perciben (Céspedes, N. et al, 2016).

Teniendo en cuenta lo que manifiesta Céspedes, N. et al (2016) que “la productividad es una medida de la eficiencia en el uso de los factores en el proceso productivo” (p.12). Buscamos incrementar la productividad mediante el uso más eficiente de los recursos primarios de la producción.

Las empresas de explosivos en el Perú han buscado incrementar su participación en el mercado, lo que ha generado que nuestro principal competidor EXSA con un 48 por ciento de participación del mercado, sea adquirido por la trasnacional ORICA con un 26 por ciento del mercado.

Es por ello que la empresa, ante la baja participación del mercado y con la consigna de reducir los costos de la organización, busca optimizar sus recursos mediante el incremento de la productividad en su planta de Carmex, en donde un análisis inicial identifico que los altos costos que tiene la planta se deben a tiempos muertos, reprocesos, turnos adicionales y alto número de operarios; esto ocasiona a que la productividad planificada no sea la que se tiene actualmente en la planta.

Al revisar los indicadores de producción de la planta de Carmex, se identificó la ineficiencia en el manejo de los recursos de la planta; lo que incurre tener una excesiva mano de obra que lleva al incumplimiento de las normas de capacidades de personal dentro de planta por temas de seguridad que generan una deseconomía de escala.

En una evaluación realizada en la planta de Carmex, se observó las siguientes actividades, que hacen referencia a la cantidad de operarios que se utiliza para su producción. Los primeros estudios referentes a la toma de tiempos arrojaron resultados importantes, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1

Tiempos no productivos de la planta de Carmex

ACTIVIDAD	TIEMPO (Segundos)	TIEMPO (Minutos)	TIEMPO (Minutos)
Recoger pzas de Carmex para zona de conteo	3748	62	32%
Recojo de fulminante y conectores	1359	23	11%
Preparación zona de trabajo de CONTEO	1159	19	10%
Limpieza de Pinzas	857	14	7%
Preparación zona de trabajo de FIJADO	835	14	7%
Limpieza de fin de Turno	705	12	6%
Trasladar Carmex a conteo	617	10	5%
Recojo de mecha de seguridad a fijado	573	10	5%
Aseo de personal	565	9	5%
Inspección de conectores y fulminantes	500	8	4%
Charla de Seguridad	490	8	4%
Llegada de Personal a Planta	411	7	3%
TOTAL		197 minutos	100%

Nota: Esta tabla muestra el detalle de los tiempos no productivos observados en la planta de Carmex.

Como se aprecia en la tabla 1, existe 197 minutos que no generan valor en el proceso productivo, sobre todo que 62 minutos pertenecen a la actividad de traslados innecesarios en donde existe un traslado de 16 metros del proceso de fijado al proceso de conteo para su respectivo recojo (ida y vuelta).

La productividad que existe actualmente es de 174 pza./Hr- h, que está conformado por 27 operarios y 1 jefe de sección; debido por los requerimientos de los clientes externo se necesita añadir una etapa adicional que es la trazabilidad, la cual conlleva al uso de 10 operarios con

la misma cantidad de pza. producidas por turno de 8 horas (37,500 pza.), esto conlleva a una reducción de la productividad a 122 pza./Hr – h.

El trabajo realizado tuvo como propósito fundamental, que es la de incrementar la productividad de la planta de explosivos, utilizando la ingeniería de métodos para mejorar sus procesos productivos y cumplir con la demanda proyectada para los siguientes años. Ver proyección de la demanda en el anexo 3 y anexo 4.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar las principales causas que influyen en la baja productividad y como la ingeniería de métodos y la celda flexible impacto en la productividad en una planta de explosivos durante el periodo de agosto 2019 a Julio 2020.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir la situación inicial con respecto a la baja productividad encontrada en la planta de explosivos.
- Describir como la metodología aplicada en la ingeniería de métodos ha incrementado la productividad en la planta de explosivos en el periodo de agosto 2019 a Julio 2020.
- Describir como la implantación de las celdas flexibles ha incrementado la productividad en la planta de explosivos en el periodo de agosto 2019 a Julio 2020.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales de la investigación

GODOY ZAVALA, Rosa Adela, en su tesis “Diseño y redistribución de planta para aumentar la productividad en la microempresa de calzados Rossel” para la obtención del título de maestro en ingeniería industrial con mención en gerencia de la calidad y productividad (2019), en su trabajo de investigación el objetivo fue establecer el diseño y la distribución de la planta se relaciona con la productividad de la microempresa de calzado Rossel, distrito del Agustino – Lima se basó en la teoría de distribución de planta, la metodología desarrollada fue cuantitativa y concluyendo que existe una fuerte relación entre el diseño y redistribución de planta con el aumento de la productividad, lográndose un incremento del 25% de la productividad total.

HURTADO CABRERA, Oscar Humberto, en su tesis “Mejoramiento continuo y la productividad de una empresa privada 2018” para la obtención del título de maestro en administración (2019), en su trabajo de investigación el objetivo fue determinar el grado de relación entre el mejoramiento continuo y la productividad en una empresa privada, año 2018. Se sustentó en la teoría de mejora continua y productividad, y la metodología cuantitativa – correlación, concluyendo que el mejoramiento continuo se relaciona significativamente con la productividad de la empresa privada, en donde el trabajo en equipo y el compromiso con la calidad son los ejes claves para el incremento de la productividad.

PEREZ DIAZ, Carlos y SULLUCHUCO PÉREZ, Juan Rolando, en su tesis “Calidad y productividad y su influencia en la competitividad del sector agroindustrial en el departamento lima”, para la obtención del título académico de maestro en ingeniería industrial con mención en gerencia de la calidad y productividad (2019), en su trabajo de investigación el objetivo fue determinar la influencia de la calidad y productividad en la

competitividad del sector agroindustrial del departamento de Lima. Se fundamentó en la teoría de productividad y calidad, la metodología fue cuantitativa y se concluyó que la calidad incide significativamente en la competitividad de la empresa agroindustrial en más de 24%, en el caso de la productividad incide significativamente en 23% en la competitividad

QUINTO DE LA CRUZ, Jorge Luis, en su tesis “Aplicación del estudio de tiempos y su relación con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmecánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada - 2018”, para la obtención del título de maestro en ingeniería industrial con mención en gerencia de la calidad y productividad (2019), en su trabajo de investigación el objetivo fue determinar de qué manera la aplicación del estudio de tiempos se relaciona con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmecánica dedicada al servicio de mantenimiento de maquinaria pesada - 2018. Se apoyó en la teoría de estudio de tiempos y la metodología fue cuantitativa, y concluyo que la aplicación del estudio de tiempos se relaciona con la productividad del personal operativo. Antes de realizar la mejora el proceso demoraba 3875 min (8 días), con la mejora aplicada se logró reducir 661 minutos, ahorrando así una jornada laboral de trabajo e incrementando el rendimiento en un promedio de 77%.

PORTUGAL CARRERA, Arnold Andrés - HUERTAS CAMACHO, Juan José – CONTRERAS ORTIZ, Nelson, en su tesis “Implementación de herramientas lean manufacturing para mejorar productividad en Planta de Producción de Galletas” para la obtención del título de maestro en dirección de operaciones y logística (2018), en su trabajo de investigación el objetivo fue la implementación de lean manufacturing ayuda a obtener y entregar al cliente el producto o servicio exactamente solicitado, obteniendo el máximo ajuste a sus especificaciones de calidad, con el mínimo consumo de recursos productivos para disminuir los costes, teniendo la máxima capacidad de respuesta para tener tiempos de esperas mínimos. Se basó en la teoría de Lean manufacturing con la metodología de cuantitativa concluyendo que el modelo de gestión planteado permitirá crear un mejoramiento continuo, contribuyendo a la gestión del conocimiento logrando el

empoderamiento de las personas, así como el incremento de la productividad luego de la aplicación de las herramientas de lean manufacturing.

2.1.2 Antecedentes internacionales de la investigación

TACURI PILICITA, Marlene Edith, en su tesis “Propuesta para el incremento de la productividad en los procesos de elaboración de terno jean en la empresa jb worker mediante la estandarización de tiempos de operación” para la obtención del título de maestro en administración (2019), en su trabajo de investigación el objetivo fue el desarrollo de una propuesta de mejora de la productividad en el proceso de elaboración de terno jean, por medio del estudio de tiempos. Se basó en la teoría de estudio del trabajo y medición, y la metodología fue cuantitativa, y concluyó que la productividad incrementó en un 30% al disminuir la cantidad de horas empleadas por la mano de obra al reemplazar, combinar y eliminar tareas que significan un tiempo extra de trabajo dentro de los procesos productivos.

CALVACHE BANDA, Guillermo Augusto, en su tesis “Incremento de la productividad basado en un modelo de gestión por procesos en la empresa Poliacrilart”, para la obtención del título de maestro en ingeniería industrial y productividad (2018), en su trabajo de investigación el objetivo fue determinar como el modelo de gestión por procesos se relaciona con la productividad en la empresa Poliacrilart. Se apoyó en la teoría de mejoramiento de procesos productivos y la metodología fue cuantitativa, y concluyó que dentro de la empresa existe un alto grado de desperdicios que se ve reflejado en su escasa estructura documentaria, la no utilización de sus maquinarias como los reactores (43%), el uso excesivo de combustible por el reactor antiguo, la falta de capacitación de su personal por temas de seguridad, desperdicio de tiempo en el proceso de los reactores, falta de automatización en diferentes zonas de la planta y la baja calidad de sus insumos, solo se llevó a cabo un trabajo de análisis, más no de comprobación por el autor.

CERVERA CRUZ, Esperanza, en su tesis “Estudio de la organización del trabajo en la UEB Producciones especiales de la EPPA VC.” para la obtención del título de master en ingeniería

industrial con mención en recursos humanos (2017), en su trabajo de investigación el objetivo fue perfeccionar la organización del trabajo en la UEB “Producciones especiales”, perteneciente a la EPPA Villa Clara, a partir del diseño e implementación de un procedimiento específico afín a este proceso dentro de la SGIRH. Se fundamentó en la organización del trabajo y estudio de tiempos, y la metodología fue cuantitativa, y concluyó que los resultados positivos alcanzados durante el periodo de estudio en los indicadores de trabajo y salario, con la aplicación de las medidas planificadas en el plan de organización del trabajo en la UEB Producciones especiales, demuestra la factibilidad de la investigación y la solución al problema científico definido.

GUARACA GUARCA, Segundo Gualberto, en su tesis “Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices EGAR S.A” para la obtención del título de magister en ingeniería industrial y productividad (2015), en su trabajo de investigación el objetivo fue determinar en qué medida la optimización de los medios de producción con la menor inversión, manteniendo la misma infraestructura, mejora la productividad en la sección de prensado de pastillas de freno, en la fábrica de frenos automotrices EGAR S.A. Se basó en la teoría de estudio de métodos, y la metodología fue cuantitativa, y concluyo que se incrementó en un 25% el rendimiento en el área de prensado de pastillas, en donde se vio reflejada mediante los datos observados inicialmente y los datos tomados luego de la mejora.

CABRERA CASTO, José de Jesús, en su tesis “Optimización de variables de proceso para la reducción del tiempo de reproceso en el reactor tipo batch, en la manufactura de adhesivos PU por medio de diseño experimental MSR” para la obtención del título de maestro en ciencia y tecnología en la especialidad de ingeniería industrial y manufactura (2014), en su trabajo de investigación el objetivo es optimizar las variables del proceso productivo en el reactor que trabaja bajo el sistema batch, mediante la metodología de superficie de respuesta, en la producción de adhesivos de la línea PU, con la finalidad de ir reduciendo los tiempos del proceso, que se incrementa la máxima cantidad de solvente recuperado y mantendrá la viscosidad en las especificaciones del producto y ver la solución de la optimización afecta a

la capacidad del proceso productivo. Se sustentó en la optimización de respuesta múltiple, superficie de respuesta y Taguchi y la metodología fue cuantitativa, y concluyó que la optimización de todas las variables de respuestas y encontrando una solución global en el proceso, se determinó que si se opera con la válvula de agua de enfriamiento del reactor completamente cerrada y el tiempo de integración de 120 minutos y fabricante los productos a la 01:00 pm, no se incrementa los tiempos de procesos y se eliminan los tiempos de reproceso, reduciendo los costos de operación de manufactura de adhesivos de la línea PU. Incremento de los índices de capacidad del proceso de 0.73 a 1.623, teniendo un proceso centrado.

2.2 Base teórica

2.2.1 Ingeniería de métodos

Inicialmente la aplicación de herramientas metodológicas, ha sido la forma de cómo se busca lograr los objetivos más óptimos; es por ello que se define como la técnica que permite desempeñar un estudio detallado del trabajo, con la finalidad de mejorar el estándar de trabajo que se ve reflejado en el rendimiento del proceso (tiempos, costos, disminución de merma, calidad, traslados, entre otros), que a la par, acompañada de otras herramientas de mejora.

Palacios (2016) lo define como la integración de proceso productivo con la persona, para luego tomar la decisión de cómo va ser parte dentro de la conversión de la materia prima en productos terminados y la efectividad de sus labores asignadas. Es aplicada a todo tipo de personal dentro de la empresa, desde la plana gerencial hasta la operativa.

Niebel (2014) indica que la relación terminológica de diseño del trabajo, simplificación del trabajo, reingeniería han sido relacionados con la ingeniería de métodos; esto debido a que todas estas herramientas son utilizadas en el incremento de la productividad o reducir el costo. El ingeniero de métodos inicialmente es el responsable del diseño y desarrollo de la forma de producción, luego buscara mejorar la forma en que se fabrica el producto.

2.2.1.1 Estudio de tiempos

Palacios (2016) indica que, es la parte complementaria de la ingeniería de métodos, la cual se encarga en determinar el tiempo en el que un operario realiza sus labores, considerando que se encuentra en una situación normal, calificado, entrenado, herramientas adecuadas y bajo una condición ambiental normal. Los inicios de esta herramienta comenzaron a inicios del siglo XX, con Taylor que utilizó el tiempo estándar.

a) Tiempo normal

Es el resultado de varias observaciones realizadas, en el que se tiene un promedio de la operación realizada por un operario calificado, que será multiplicado por un factor de variación, calculado en base al ritmo de trabajo del operario (acelerado, normal o deficiente).

b) Tiempo Estándar

Es la suma del tiempo normal con las actividades suplementarias fuera de la operación (necesidades fisiológicas, cansancio, tiempos improductivos, entre otros). Los tiempos suplementarios añadidos son utilizados para determinar el estándar de trabajo de una tarea.

2.2.1.2 Distribución de planta

Según García (2005) sintetiza “colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta, servicios auxiliares y los beneficios correspondientes” (p.143). Es importante considerar todos los recursos que van a intervenir dentro de la planta, como es el caso del jefe de sección, zona de descanso, baño, entre otros.

Cuatrecasas (2017), se basa principalmente en dos modelos que son la orientación en procesos y al producto, la primera se base en una distribución de grupos funcionales, mientras que la segunda se base en una distribución en flujo. En la tabla 2 encontraremos los tipos de procesos en base a la distribución de planta.

Tabla 2

Características de los tipos de distribución en planta de los procesos

TIPO DE PROCESO	TIPO DE PRODUCTO	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	DISPOSICIÓN EN PLANTA	TIPO DE PUESTO DE TRABAJO	CICLO DE PRODUCCIÓN
Puestos Fijos, Proyecto	Individual. No estandarizado.	Una unidad o muy bajo.	Fija. Orientación al proceso.	Itinerantes	Unido +- largo.
Funcional (Talleres)	A medida. Poco estandarizado.	Pocas unidades o series cortas.	Orientación al proceso por lotes.	Fijos, grupos homogéneos.	Largo (espera y colas).
En Flujo o Cadena	Estandarizado. Más o menos personalizable.	Grande. Series más o menos largas.	Orientación al producto. Flujo en unidades.	Fijos (según producto).	Corto (flujo unitario sin esperas).
Flujo Continuo	Identificable en flujo homogéneo.	Muy elevado e interrumpido.	Orientación al producto por flujo continuo.	Flujo automatizado.	Corto (flujo continuo sin esperas).

Nota: Esta tabla muestra como se distribuye el tipo de proceso en una planta, en referencia al tipo de producto, volumen de producción, disposición de planta, puesto de trabajo y ciclo de producción. Extraído de *Ingeniería de proceso y de planta* (p.64), por LuíS Cuatrecasas, 2017, Profit.

2.2.1.3 Economía de movimientos

Cruelles (2012) señala que es una técnica que estudia los movimientos de operario que realiza con las partes de su cuerpo al momento de ejercer una actividad operativa, esto para poder estandarizar los movimientos que son necesarios y eliminar los que no generan valor, con el objetivo de optimizar la eficiencia de los movimientos que realiza el operario. La oportuna observación de los micro movimientos de los operarios, es lo que genera el ritmo de trabajo en una zona, departamento o planta de la empresa.

Una definición concisa, es la que indica García (2005) “es el estudio de todos y cada uno de los movimientos de cualquier parte del cuerpo humano para poder realizar un trabajo en la forma más eficiente” (p.79). La importancia de aplicar el análisis de los movimientos es el realizar un detalle exhaustivo de cada uno de los movimientos que realiza el operador, para así poder determinar que movimientos son necesarios cambiar, eliminar o mejorar si es el caso.

2.2.1.4 Diagrama de operaciones del proceso

Lo que indica García (2005) es la “representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y el orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales”. (p.45). Es donde se ve la secuencia de flujo de los materiales en el proceso, parte inicial para establecer la cadena de valor del proceso productivo.

Jananía (2008) indica que “representa gráficamente un cuadro general de cómo se realizan procesos o etapas, considerando únicamente todo lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones” (p.41).

2.2.1.5 Diagrama de análisis del proceso

También conocido como Diagrama de proceso de flujo García (2005) lo define como la “representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transporte, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además la información que se considera deseable para el análisis” (p. 53).

Concluyendo con Alfonso (2007) indica que “se diferencia del diagrama de las operaciones del proceso en que mientras éste se preocupa sólo de las operaciones e inspecciones, el diagrama de análisis del proceso considera a todas las actividades concurrentes en el proceso” (p.55). La utilización de un diagrama de análisis del proceso, tiene otro objetivo diferente al

diagrama de operaciones del proceso; que en muchos casos se confunde por ser estas herramientas gráficas. En la figura 1 veremos un ejemplo de modelo de un diagrama de análisis del proceso.

Figura 1

Diagrama del flujo del proceso

Identificación empresa:		Resumen												
		Actividad	Símb	Actual	Propuesto	Ahorros								
Actividades:		Operación												
Operador:	Analitico	Transporte												
Método: actual <input type="checkbox"/> propuesto <input type="checkbox"/>		Inspección												
Tipo: obrero <input type="checkbox"/> aterial <input type="checkbox"/> máquina <input type="checkbox"/>		Almacenaje												
Comentarios:		Demoras												
		Tiempo mín.												
		Distancia m.												
		Distancia m.												
Descripción de actividades	Símbolos					Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Mejoras						
	○	⇒	D	□	▽			Comb	Simplf	Dejar	Cam	Comentarios		
	○	⇒	D	□	▽									
	○	⇒	D	□	▽									
	○	⇒	D	□	▽									
	○	⇒	D	□	▽									

Nota: Adaptado de *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos* (Capítulo II), por Luís Palacios, 2016, Ecoe Ediciones.

2.2.2 Productividad

En base a lo que manifiesta García (2005) menciona que “es el grado que se rinde de donde se emplea los recursos disponibles para lograr objetivos predeterminados” (p.09). La correcta utilización de los recursos, permite ser competitivos en el mercado; esto conlleva a que las empresas incrementen su rendimiento continuamente.

Baca et al. (2014) señala que es una de las variables de desempeño de la empresa, como lo son la calidad, competitividad, rentabilidad, costo, eficiencia, entrega a tiempo, cumplimiento u otro que impacta en los resultados globales de la empresa.

Gutiérrez (2014) indica que es la búsqueda de lograr los mejores resultados, considerando los recursos empleados (capital humano, maquina, insumos, entre otros) que se miden por el cociente de los resultados obtenidos entre los recursos empleados para producir en base a una unidad de medida.

2.2.2.1 Importancia de la productividad

La forma de como cuantificar si la organización es competitiva en el mercado actual, es por medio de la productividad, que dependerá de los recursos que utiliza para llegar a los objetivos de producción que la empresa ha establecido.

La definición de García (2005) menciona que la importancia de la productividad se da “porque ésta provoca una reacción en cadena en el interior de la empresa, fenómeno que se traduce en una mejor calidad de los productos, menores precios, estabilidad del empleo, permanencia de la empresa, mayores beneficios y mayor bienestar colectivo” (p.18). La implementación de un indicador como el rendimiento, conlleva a generar esfuerzos de diferentes áreas para alcanzar su objetivo, estas decisiones impactaran en las mejoras en todos los aspectos de la empresa.

2.2.2.2 Factores de la productividad

García (2005) analiza cada uno de los factores que impactan en rendimiento es muy extenso, lo que conlleva a resaltar los factores que estén relacionados con la letra inicial M como son mano de obra, money (dinero), materiales, métodos, mercado, máquinas, medio ambiente, mantenimiento del sistema, manufactura, management, entre otros

2.2.2.3 Factores que restringen la productividad

García (2005) señala que, para lograr este crecimiento dependerá de la correcta gestión de los altos ejecutivos, los cuales establecen planes de acción de cumplimiento, con objetivos y metas trazadas. El siguiente es un listado de los 05 factores más comunes que restringen la productividad:

- Clima laboral no adecuado, por falta de la incapacidad de los altos ejecutivos.
- Problemas de la normativa legal vigente.
- Crecimiento descontrolado de la organización.
- Falta de gestión de la correcta medición y evaluación de la productividad.
- Restricción de la productividad por parte de los recursos físicos, metodología, maquinaria y equipos.

Estos aspectos se encuentran fuera del alcance de los altos ejecutivos; pero tratar de evitar para no afectar a los resultados de la productividad.

2.2.2.4 Medición de la productividad

García (2005) menciona lo siguiente “los indicadores de productividad se pueden construir con varios niveles de desagregación” (p.18). Esto indica que no solo existe una sola forma de realizar; sino, que existen diferentes formas de medir la utilización de una organización

2.2.2.5 Eficiencia

Es un indicador que se utiliza para optimizar los recursos con el fin de alcanzar los objetivos. Se mide la relación entre la producción real sobre la producción programada del producto final. Esta dada por la siguiente fórmula:

$$EFICIENCIA = \frac{\text{Capacidad Usada}}{\text{Capacidad Disponible}}$$

Para Gutiérrez (2014) lo define como “la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. Buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos” (p.402). Parte importante de buscar resultados, es la utilización de los recursos de una forma adecuada, en distintos casos la mala utilización de estos (mano de obra adicional, uso de insumos fuera de lo especificado, producción más de lo que se requiere, entre otros) conlleva a una reducción del rendimiento global.

García (2005) complementa con la siguiente definición “es la capacidad disponible en horas-hombres y horas-máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente” (p.19). Es importante mapear todos los factores que van a impactan a la eficiencia, esto debido a que no considerar alguno de ellos, esto arrojará una información errónea al momento de los resultados.

2.2.2.6 Eficacia

Está relacionada con el grado de cumplimiento de los objetivos trazados. Esta dada por la siguiente fórmula:

$$EFICACIA = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Programada}}$$

Para Gutiérrez (2014) define como “la relación entre las actividades planeadas y los resultados planeados. La eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados” (p.21). El cumplimiento del objetivo que es traducido en eficacia, en donde no importa la utilización de los recursos; sino alcanzar al objetivo trazado, este es un falso indicador que no se tiene establecido parámetros de recursos que impactan en el cómo el insumo, tiempo, dinero, entre otros.

García (2005) indica que “implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos” (p.19).

2.2.3 Lean manufacturing

Madariaga (2017) indica que, esta palabra fue escrita en el libro la máquina que cambio el mundo, en donde hace referencia a su nombre acuñado por Taiichi Ohno en 1978 como Toyota Producción System, que es un modelo de gestión de fábricas que busca la mejora de la calidad, por medio de la eliminación de desperdicios.

Si bien la palabra Lean actualmente ha tenido diferentes variantes, hoy en día, se enfoca como una filosofía que se base principalmente en mejorar los procesos de una empresa. A continuación, se indicarán las principales informaciones de las herramientas utilizadas para el incremento de la productividad en la planta de explosivos en donde desarrolle mi experiencia laboral.

2.2.3.1 Los 7 desperdicios

También se les conoce como muda, waste o despilfarros son actividades, procesos, tiempos, espacios, materiales, personas, esfuerzo que añaden costo al producto y/o servicio sin añadir valor al proceso, es por ello que no son necesarios para el proceso.

Madariaga (2017) menciona que, en base a los trabajos de observación realizados en el gemba, la utilización de maquinaria grandes o costosas de lo requerido y el despilfarro del conocimiento son considerados como otros despilfarros que ocurren en el proceso de producción.

2.2.3.2 Value Stream Mapping (VSM)

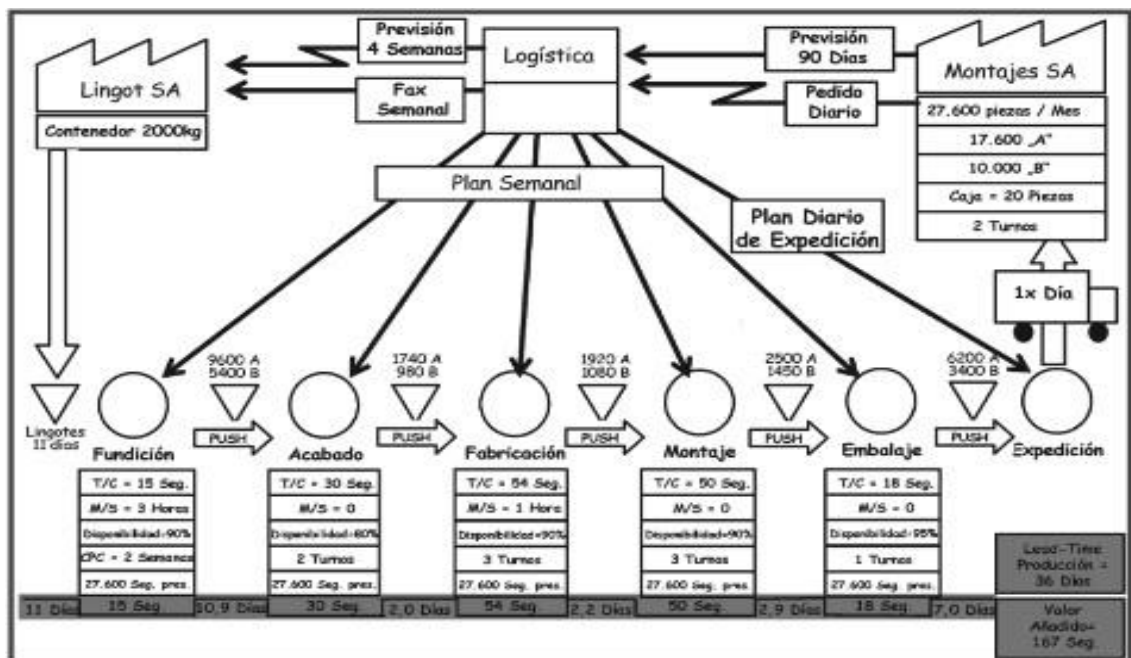
Para Madariaga (2017) lo define como la “representación gráfica, mediante símbolos específicos del flujo de materiales y del flujo de información a lo largo de la corriente de valor de una familia de productos dentro de la fábrica, de puerta a puerta, de la recepción a expediciones” (p. 228).

Una información puntual referente al VSM es lo que indica Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010) que “no se puede comenzar a trabajar el proceso de mejora si no se tiene claro por dónde hay que empezar, de qué manera hay que actuar, qué recursos se necesitan” (p.34). Es importante realizar un esquema gráfico de cómo se desarrolla el proceso en un panorama global, en donde se podrá identificar a nivel general los problemas que está teniendo la producción.

En la figura 2 se visualiza el value stream mapping de una empresa de montaje, en donde se resalta el lead – time de producción de 36 días, y solo 167 segundos para el proceso de transformación que da valor al producto, esto nos demuestra que existe una clara oportunidad de mejora que hay que ir identificando en cada etapa del proceso y realizar los ajustes correspondientes para la reducción del lead time.

Figura 2

Value Stream Mapping



Nota: Adaptado de *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad* (p.33), por Rajadell, M. y Sánchez, J. , 2010, Ediciones Díaz de Santos.

2.2.3.3 5 S

Una definición concisa, es la que indica Madariaga (2017) “la expresión cinco S proviene de las cinco palabras japonesas seiri (separar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (control visual) y shitsuke (disciplina), que resumen los cinco pasos a seguir para implantar esta metodología” (p.35).

Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010) detalla que “la implantación de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos” (p.50). El desarrollo de 5 S en una organización, dependerá de la adaptación de la cultura de la empresa, el gran porcentaje de empresas solo implementa hasta la cuarta e incluso la tercera S, dejando de lado lo más importante que es la disciplina.

Figura 3

Metodología del programa 5 “S” SOLED



Nota: Adaptado de *El sistema de calidad 5 S* (p.21), por López Casana R. , 2019, Sin Editorial.

2.2.3.4 Células flexibles

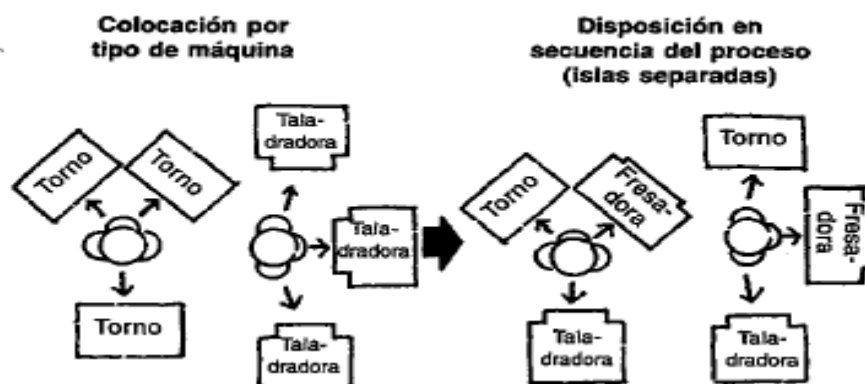
Cuatrecasas (2017) señala que “las células flexibles permitirán incorporar las características del modelo lean y alcanzar, simultáneamente, la flexibilidad con bajos volúmenes de producción y, al mismo tiempo, la eficiencia, rapidez y bajos costes de la implantación en flujo” (p.196).

Madariaga (2017) menciona que “las células en U manejadas por personas son una herramienta muy potente, específica del just in time” (p.83). El trabajo bajo células flexibles en forma de U, es uno de los más utilizados en la industria, esto debido a que son operadas por una sola persona que realiza distintas operaciones secuenciales.

Japan Management Association (2015) indica unas características importantes referente a las celdas flexibles “se consideraba entonces deseable que el trabajo se realizase con un mínimo de movimientos, y los desplazamientos se consideraban menos que deseables. Este planteamiento percibía la utilización meramente como la eficiencia del trabajo de cada trabajador individual” (p.140).

Figura 4

Disposición por tipo de máquina o secuencia del proceso



Nota: Adaptado de KANBAN y “Just-in-time” en Toyota (p.140), por Japan Management Association. , 2015, TGP Hoshin. S.L.

Es importante antes de implementar una célula flexible, realizar una toma de tiempos, sobre todo un estudio de economía de movimientos del proceso anterior con el nuevo, que permite el correcto proceso productivo dentro de una célula. En la figura 4 nos muestra la secuencia de trabajo por tipo de máquina y por procesos.

2.2.3.5 Kan Ban

Cuatrecasas (2017) lo define como un “sistema de transmisión de órdenes de producción y órdenes de recogida de materiales y productos de los proveedores y líneas de producción, en la clase, cantidad y momento que se precisan” (p.178).

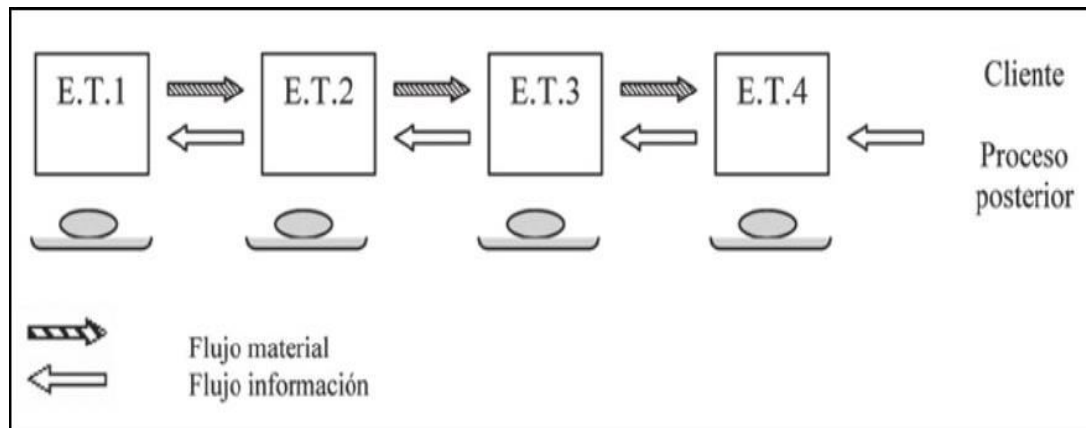
De la misma forma, Japan Management Association (2015) indica que “es un medio de instrucción automática que provee información concerniente a lo que hay que producir, cuándo producirlo, en qué cantidad, por qué medios y cómo transportarlo” (p.96). Al tener un sistema Kanban, permite generar un flujo continuo de información entre cada etapa del proceso, que es revisada por cada personal que recibe el producto con la tarjeta de información.

También Madariaga (2017) añade lo siguiente “es una señal, frecuentemente una tarjeta de cartulina, que autoriza a producir o transportar una determinada cantidad de un determinado producto” (p.153).

Según Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010) indican que el Kan Ban es un “sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas” (p.96). La utilización de tarjetas de colores como herramienta informativa, establece un seguimiento de la cantidad de insumos, productos intermedios, productos terminados, entre otros. En la figura 5 se muestra el flujo de información y materiales cuando se aplica Kan Ban.

Figura 5

Flujo de información y materiales



Nota: Adaptado de Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad (p.96), por Rajadell, M. y Sánchez, J. , 2010, Ediciones Díaz de Santos

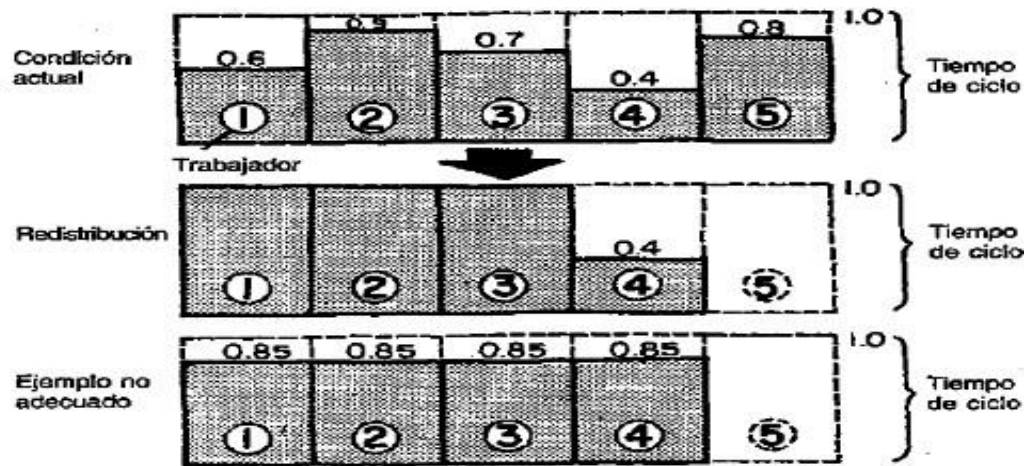
2.2.3.6 Equilibrado de línea

Japan Management Association (2015) menciona que, dentro de un proceso productivo, aquellas operaciones que no agregan valor; deben ser eliminadas sin afectar al proceso actual. Esta herramienta permite equilibrar las estaciones de trabajo, reduciéndolos al mínimo mediante el tiempo de ciclo que cada una de ellas requieren.

Balancear las líneas productivas, inicia con una observación de actividades y tiempo de ejecución por cada operario, esta busca que todos tengan un tiempo equilibrado y disminuir los tiempos ociosos que existen en la operación. En la planta de Carmex existen tres etapas definidas que son fijado, conteo y embalado, que trabajan bajo un modelo batch, al implementar un balanceo de líneas, conlleva a bajar en estaciones de trabajo para optimizar los recursos (operarios) en el proceso productivo. En la figura 6 se observa una redistribución de trabajo, en donde el operario 4 tiene un exceso de capacidad.

Figura 6

Redistribución del trabajo



Nota: Adaptado de *KANBAN y "Just-in-time" en Toyota* (p.146), por Japan Management Association. , 2015, TGP Hoshin. S.

2.2.3.7 Estandarización de procesos

Madariaga (2017) lo define como la mejora de la eficiencia por medio de la reducción de la variación del proceso y eliminación del despilfarro. Esta herramienta reducirá las pérdidas de tiempo que existe en cambio de medidas, reducción de la variabilidad en los productos, tener un patrón a seguir ante cualquier tipo de producción, unificar el sistema productivo y eliminar los desperdicios que se presentan en un proceso que no se encuentran en control.

2.2.3.8 Control Visual

La herramienta más básica y potente que se tiene para mejorar los procesos, es la observación en la zona de trabajo, éste nos da un panorama fotográfico de cómo se encuentra el proceso y en el cual se estime mejorar a simple vista.

Japan Management Association (2015) indica que “el control visual en las áreas de trabajo hace posible dejar que las máquinas operen automáticamente cuando las condiciones son

normales, y facilita que los trabajadores traten las anomalías cuando éstas se producen” (p.87). En la figura 7 se muestra un sistema de control visual con un tablero numerado del uno al doce.

Figura 7

Lugar de trabajo fácil de observar



Nota: Adaptado de *KANBAN y "Just-in-time" en Toyota* (p.84), por Japan Management Association. , 2015, TGP Hoshin. S.

2.3 Marco conceptual

Análisis de movimientos: García (2005) menciona que “es el estudio de todos y cada uno de los movimientos de cualquier parte del cuerpo humano para poder realizar un trabajo en la forma más eficiente” (p.79).

Batch: Cuatrecasas (2017) indica que “se basan en una gama de productos lo más estandarizado posible, cuya producción se lleva a cabo en grandes volúmenes para lograr el máximo de economía de escala” (p.114).

Célula flexible: Cuatrecasas (2017) menciona que son “sistemas híbridos con características propias de la producción por talleres (con su capacidad para producciones flexibles y bajos volúmenes) y de las líneas de producción en flujo continuado para la producción en serie” (p. 196).

Ciclo del trabajo: García (2005) indica que es “es un conjunto de operaciones elementales necesarias para realizar determinada tarea” (p. 237).

Control Visual: Santos, J. et. al (2010) lo define como “conjunto de herramientas de mejora que forman parte de la filosofía just in time y que tienen como objetivo principal hacer visibles los despilfarros o problemas de la empresa y aspectos de gestión” (p.283).

Cronometraje: García (2005) indica que “consiste en medir el tiempo de la operación” (p. 195).

Despilfarro: Madariaga (2017) menciona que “en japonés muda, es cualquier actividad que consume recursos (aumenta el costo) y no añade valor (NVA) para el cliente” (p.28).

Distribución en células: Santos, J. et. al (2010) menciona que es la “distribución en planta particular, donde operarios y maquinas se agrupan en células de trabajo” (p.284).

Distribución fija: Santos, J. et. al (2010) lo define como “este tipo de layout los productos no se mueven por el proceso de fabricación, sino que son los recursos necesarios los que lo hacen” (p.284).

Distribución por proceso: Santos, J. et. al (2010) indica que “en este tipo de layout las maquinas se agrupan en centros de trabajo o secciones de acuerdo con la operación que realizan” (p.284).

Distribución por producto: Santos, J. et. al (2010) menciona que “en este tipo de layout las maquinas se agrupan de acuerdo con la secuencia de operaciones necesaria para producir el artículo” (p.284).

Eficacia: García (2005) define como la “forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera” (p.19).

Eficiencia: García (2005) define como el “grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, etcétera” (p.19).

Equilibrado de líneas: Santos, J. et. al (2010) menciona como la “técnica que pretende asignar todas las tareas a una serie de estaciones de trabajo, con objeto de minimizar el número de estaciones, y en la que cada tarea se asigna sólo a una estación” (p.284).

Espera: Madariaga (2017) indica que es el “tiempo que el operario espera a que la maquina termine su ciclo automático. Es uno de los siete despilfarros” (p.62).

Estaciones de trabajo: Santos, J. et. al (2010) define “cada uno de los puestos de fabricación o montaje que se definen para llevar a cabo tareas, en un proceso de montaje o fabricación” (p.284).

Estudio de métodos: Santos, J. et. al (2010) indica que “técnica que permite reducir la cantidad de trabajo necesaria en las operaciones de fabricación mejorando, principalmente, su ergonomía” (p.284).

Estudio de tiempos: Santos, J. et. al (2010) menciona que es una “técnica que se emplea para determinar el tiempo estándar de una operación” (p.284).

Fabricación en flujo: Santos, J. et. al (2010) indica que “es una metodología de mejora, que forma parte de la filosofía just in time, cuyo objetivo final es conseguir hacer rentable el flujo de una única pieza por planta” (p.284).

Ingeniería de procesos: Cuatrecasas (2017) lo define como “área de la empresa responsable del desarrollo de los procesos, compuestos de operaciones y otras actividades, que permitan obtener un producto previamente o simultáneamente diseñado y desarrollado” (p.15).

Layout: Santos, J. et. al (2010) lo define como “Palabra que se traduce como distribución de planta y que se refiere a la forma en que están dispuestos, dentro de la fábrica, los recursos productivos” (p.284).

Lead time de fabricación: Madariaga (2017) menciona que “es el tiempo que transcurre desde la llegada a la fábrica de la materia prima de un producto hasta que este, una vez terminado, es expedido. Es decir, es el tiempo que el producto invierte dentro de la fábrica” (p.12).

Simplificación del método: García (2005) indica que “es la técnica que tiene por objetivo aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de todos los desperdicios de materiales, tiempo y esfuerzo; además, procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos” (p.1).

Tarea: Santos, J. et. al (2010) indica que es “correspondiente a cada uno de los pasos necesarios en los que se divide un trabajo para transformar un producto” (p.288).

Tiempo base: Madariaga (2017) indica que “es el tiempo manual serie más el tiempo maquina en automático” (p.63).

Tiempo de ciclo: Madariaga (2017) menciona que “es el tiempo que transcurre entre la observación de dos piezas consecutivas a la salida de un proceso” (p.63).

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Lugar

3.1.1 Lugar de ejecución

El trabajo se desarrolló en la planta de Carmex que pertenece al área I de la empresa de explosivos, ubicada en el distrito de Puente Piedra: km 28 de la panamericana norte - Lima.

3.1.2 Ubicación política

Región: Lima

Provincial: Lima

Distrito: Puente Piedra

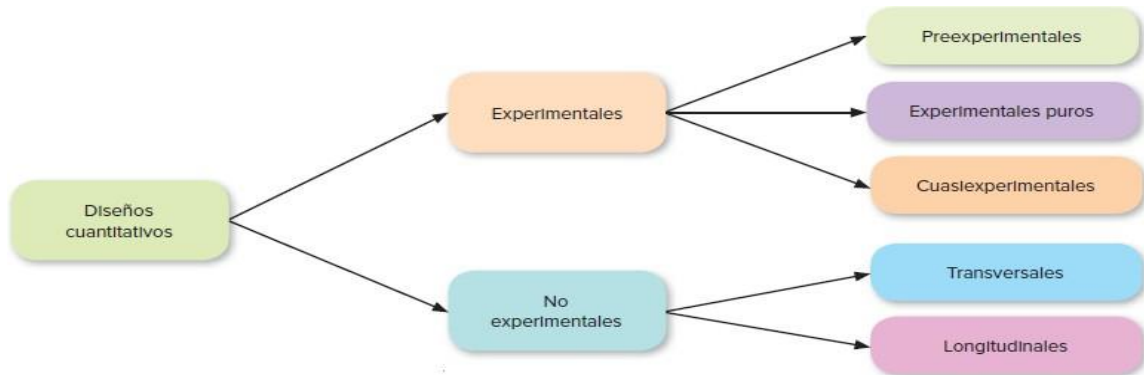
3.2 Método de investigación

El tipo de estudio del presente trabajo de suficiencia profesional empleo la investigación **exploratoria, descriptiva y explicativa**, debido a que tiene como propósito describir como se implementó la ingeniería de métodos, y que resultados de incremento de productividad se obtuvieron en la planta de Carmex. En la figura 8 se clasifica los diseños cuantitativos en experimentales y no experimentales.

Según Hernández, R. y Mendoza, C. (2014) El diseño de investigación “depende de tu planteamiento del problema, el alcance del estudio y las hipótesis formuladas” (p.151).

Figura 8

Clasificación de los diseños cuantitativos



Nota: Adaptado de *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (p.151), por Hernández, R. y Mendoza, C. , 2014, McGraw-Hill.

Es **exploratorio**, Hernández, R. y Mendoza, C. (2014) “se llevan a cabo cuando el propósito es examinar un fenómeno o problema de investigación nuevo o poco estudiado, sobre el cual tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p.106). El problema de este trabajado de suficiencia profesional es común en diferentes empresas del sector, pero existe poca información en el ámbito de explosivo, por lo cual el tipo de investigación a utilizar es exploratorio.

Es **descriptiva**, Hernández, R. y Mendoza, C. (2014) “miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o problema a investigar” (p. 108). La recopilación de datos fue realizada mediante la observación directa, en donde se describió las operaciones, funciones, actividades, tiempos, entre otras informaciones en la planta de Carmex.

Es **explicativa**, Hernández, R. y Mendoza, C. “van más allá de la descripción de fenómenos, conceptos o variables o del establecimiento de relaciones entre estas; están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos de cualquier índole” (p.111). El trabajo realizado busco explicar por qué ocurre la baja productividad y como se relaciona con la ingeniería de métodos ante un incremento.

3.3 Diseño de la investigación

Es **cuantitativa**, según Hernández, R. y Mendoza, C. “utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para responder a las preguntas de investigación exploratorias o descriptivas” (p.150). Se recopila la información numérica en base a la observación en relación a las variables identificadas, que determina la comprobación de la hipótesis formulada.

Es **no experimental**, según Hernández, R. y Mendoza, C. (2014) “estudios en los que no haces variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (p.175). La recolección de datos mediante la observación directa, no implicara la manipulación deliberada de la productividad; sino ya existe situaciones en la planta de Carmex, con el objetivo de describir las variables en estudio y analizar cuál es la relación que tiene la productividad con la ingeniería de métodos.

Es **transversal** causal, según Hernández, R. y Mendoza, C. (2014) “diseños son útiles para establecer relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado; a veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa-efecto” (p.178). Describir la relación de causa cuando se aplica la ingeniería de métodos, como impacta a la utilización.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Análisis documental

Se reviso bibliografía relacionada a ingeniería de métodos, productividad, balanceo de líneas, estudio de tiempos, lean manufacturan, celdas flexibles, entre otros que fueron la base de la creación de los documentos como el layout de planta, diagrama de análisis de procesos y diagrama de operaciones de procesos.

3.4.2 Observación directa

Se realizó mediante la observación directa del trabajo en un muestreo aleatorio simple de los 27 trabajadores por turno de la planta de Carmex, para ello se utilizó la guía de observaciones siguientes: diagrama de análisis de procesos (DAP), diagrama de análisis de operaciones (DOP), tabulación en Excel, cronometro profesional, tablero de apuntes y un lápiz.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La Población está conformada por el personal de la planta productiva de Carmex, a quienes se aplica el estudio de toma de tiempos por las actividades que realizan en sus dos turnos de trabajo en forma aleatoria, durante 15 días de trabajo.

La observación se aplicó de forma no probabilista a las actividades con un tamaño de muestra de 10, en cada oportunidad en todos los procesos de fabricación del Carmex, los cuales son: fijado, enligado y embalado.

Los elementos de la muestra fueron seleccionados mediante el muestreo aleatorio simple. La investigación se realizó con 27 trabajadores por turno de la planta de Carmex durante 15 días.

3.5.2 Muestra

La muestra para el trabajo de suficiencia profesional no es requerida; debido a que se trabajara con la población de la planta.

3.6 Procedimiento de análisis de datos

El presente trabajo de suficiencia profesional, se desarrolló en las siguientes etapas:

3.6.1 Revisión y gabinete

3.6.1.1 Descripción de la planta

El trabajo fue realizado en la planta de Carmex, el cual se encuentra ubicado en la sede de Puente Piedra, dentro del área productiva número uno, esta planta produce lo que es el detonador ensamblado, el cual es un sistema de iniciación conformado principalmente por 03 productos intermedios que son el fulminante común, mecha de seguridad y el conector.

El detonador ensamblado, aparte de estos tres principales componentes que son el fulminante común, mecha de seguridad y el conector que son ensamblados por una maquina fijadora neumática, contiene collar plástico, ligas, bolsa y una caja para su presentación final del producto.

Figura 9

Producto Carmex



Nota: Adaptado de FAMESA, 2016,
<http://www.famesa.com.pe/productos/sistemas-de-iniciacion/carmex/>

La presentación del detonador ensamblado depende de la medida de la mecha de seguridad, que van desde 0.9 m. hasta los 6.1 m; siendo la presentación estándar el detonador ensamblado de 2.1 m en cajas de 25 kg. en donde se contiene 300 pza. aprox. La planta

principal cuenta 3 turnos rotativos de trabajo de lunes a sábado en los horarios de 07:00 a 15:00, 15:00 a 23:00 y 23:00 a 07:00.

La planta de Carmex cuenta con diferentes zonas las que se muestran, ver el plano en el anexo 11, la principal es la zona de fijado – embalado, en donde tiene unas dimensiones de 11.3 m. de ancho y 28.3 m. de largo, luego la zona de embalado donde esta el acopio de cajas, armado de cajas y depósito de producto terminado con 11.6 m de ancho y 14.6 m de largo, la zona del depósito temporal de insumos con unas dimensiones de 2.8 m de ancho y 9m de largo, servicios higiénicos con 2.75 m. de ancho y 4.96 m. de largo, cuarto de máquinas con 2.75 m. de ancho y 4.05 m de largo y finalmente la oficina 3.7 m. de ancho y 4 m. de largo.

Tabla 3

Rendimiento por Hora por tipo de Carmex

Item	Descripción	Und.	Capacidad Instalada	Superv.	Operarios	Rend. X Hora
0000005945	CARMEX 2.40 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000005947	CARMEX 1.80 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000005954	CARMEX 0.90 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000005955	CARMEX 1.50 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000005956	CARMEX 2.10 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000005960	CARMEX 2.70 m	PZA	34000	1	26	157.41
0000005961	CARMEX 1.20 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000005964	CARMEX 3.00 m	PZA	30000	1	26	138.89
0000007281	CARMEX 3.90 m	PZA	26100	1	26	120.83
0000007290	CARMEX 3.60 m	PZA	28300	1	26	131.02
0000008179	CARMEX 2.50 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000008182	CARMEX 0.82 m	PZA	36000	1	26	166.67
0000008183	CARMEX 6.10 m	PZA	24000	1	26	111.11
0000010522	CARMEX 4.50 m	PZA	25200	1	26	116.67
0000020544	CARMEX - ZW 0	PZA	36000	1	26	166.67
0000020545	CARMEX -ZW 1.	PZA	36000	1	26	166.67
0000020546	CARMEX - ZW 1	PZA	36000	1	26	166.67
0000020547	CARMEX -ZW 1.	PZA	36000	1	26	166.67
0000020750	CARMEX - ZW 2	PZA	36000	1	26	166.67
0000022878	CARMEX AB 2.0	PZA	36000	1	26	166.67
0000022879	CARMEX AB 2.5	PZA	36000	1	26	166.67
0000022880	CARMEX AB 3.0	PZA	30000	1	26	138.89
0000033575	CARMEX 2.10 m	PZA	2400	1	2	100.00
0000033597	CARMEX 5.00 m	PZA	25050	1	26	115.97
0000033598	CARMEX 8.00 m	PZA	21000	1	26	97.22
0000036499	CARMEX 2.50 m	PZA	2400	1	2	100.00
0000036500	CARMEX 4.50 m	PZA	2000	1	2	83.33
0000038000	CARMEX 1.0 m C	PZA	2300	1	6	41.07
0000038001	CARMEX 1.0 m S	PZA	2300	1	6	41.07
0000038002	CARMEX 2.0 m C	PZA	1950	1	6	34.82
0000038003	CARMEX 2.0 m S	PZA	1950	1	6	34.82
0000038004	CARMEX 3.0 m C	PZA	1800	1	6	32.14
0000038005	CARMEX 4.0 m C	PZA	1800	1	6	32.14
0000038006	CARMEX 4.0 m S	PZA	1800	1	6	32.14

Nota: La tabla detalla elrendimiento por hora de la producción de Carmex en sus diferentes variedades.

La producción estándar actual por turno es de 36,000 pza. en las medidas comerciales, en donde el flujo del proceso lo da la etapa de fijado, con una productividad de 166.67 pza. / Hr – HH, considerando 26 operarios y 1 supervisor o jefe de sección. El rendimiento de la productividad variara en base al tamaño del detonador ensamblado tal como se muestra en la tabla 3 en donde la productividad tiene diferentes rendimientos.

3.6.1.2 Descripción del proceso productivo

Dentro del proceso de producción del detonador ensamblado en la planta de Carmex, está dividido en los siguientes subprocesos:

Abastecimiento

Luego de la preparación del área de trabajo el siguiente paso es el abastecimiento de los insumos principales de los almacenes periféricos que se encuentran fuera de la planta de Carmex, se comienza en paralelo con el recojo de cajas de fulminante común, bolsas de collar plástico, cajas de conectores y cajas de mecha de seguridad, los cuales son trasladados al almacén interno que tiene una capacidad limitada por temas de seguridad.

Teniendo todos los insumos en el almacén interno, se procede a distribuir una cantidad optima de insumos a cada fijadora para su inicio laboral.

Fijado

En la etapa de fijado que está conformado por 15 mesas equipadas por maquina fijadoras neumáticas, que se encargan de realizar el ensamble de la mecha de seguridad con el fulminante y el conector, en cada mesa se encuentran 01 operario que por turno produce en promedio 2400 pza. Las piezas ensambladas son trasladadas por otro operario a la zona de conteo en un promedio de 50 pza. por recojo.

Conteo

Luego de la recepción de las pza. ensambladas, las cuales se encuentran en 15 mesas para el proceso de conteo por 08 operarios, se realiza el conteo de 25 pza. las cuales se realiza una inspección visual y posterior enligado y manga plástica. Las pza. embolsadas en la manga plástica, son trasladadas a la zona de embalaje en un coche especial.

Embalado

Los dos operarios luego de trasladar las madejas de pza. ensambladas, inician con el proceso de embalado en la caja en un promedio de 300 pza. por caja, cada madeja de pza. debe ir con su respectiva etiqueta de trazabilidad. Luego del embalado, son trasladados a la zona de almacén de producto terminado para su espera de enviarlo al almacén de productos terminados.

Almacenamiento de productos terminados

Luego de tener una cantidad considerable de cajas almacenadas en el almacén de productos terminados interno de la planta de Carmex, el jefe de sección se comunica con el área de almacén su recojo e internamiento.

3.6.2 Construcción de herramientas

Para el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional, se decidió establecer un modelo para tomar los tiempos de las actividades de los procesos; por lo cual se desarrolló las siguientes herramientas para el trabajo realizado.

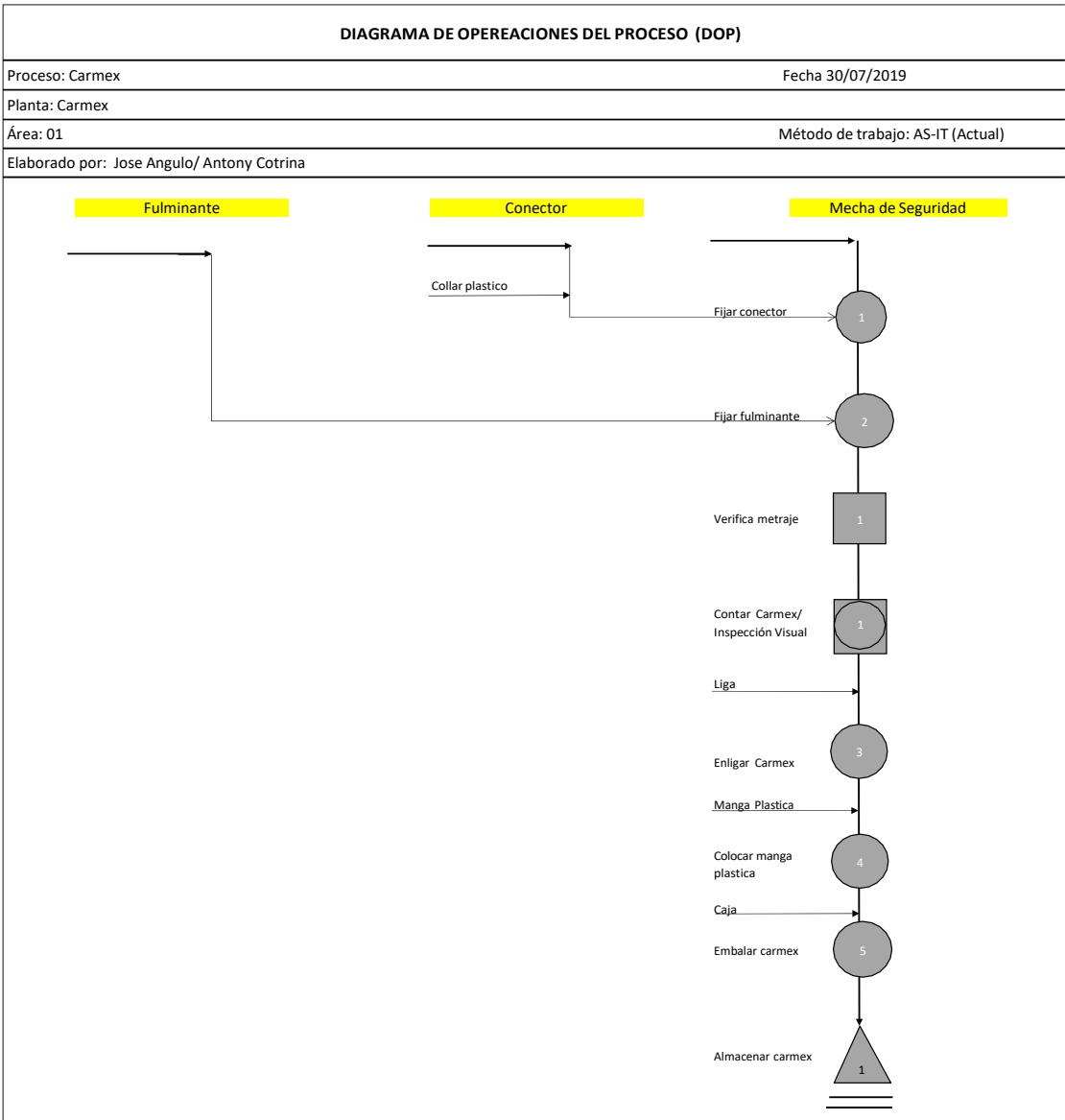
3.6.2.1 Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

Antes de realizar el trabajo en campo, la primera etapa consistió en reunirnos con el supervisor de producción del área I en donde se encuentra la planta de Carmex, el cual nos dio detalles de la operatividad del proceso mediante el diagrama de operaciones del proceso

(DOP), esta herramienta nos dio el panorama de los insumos y actividades que intervienen en el proceso productivo el cual se muestra a detalle en la figura 10.

Figura 10

Diagrama de operaciones del proceso de Carmex



Nota: Esta figura detalla el paso de las operaciones del proceso productivo de Carmex, en conjunto con los insumos intermedios principales para su producción, que son el fulminante, conector y mecha de seguridad.

3.6.2.2 Listado de actividades para el Diagrama de Análisis del Proceso (DAP)

La representación secuencial de las actividades que participan en todo el proceso de producción en las etapas de abastecimiento, fijado, conteo y embalado, fueron detalladas en una lista de actividades que posteriormente se convertirán en el formato de DAP que es la principal herramienta de análisis de los procesos en la planta de Carmex como se observa en la figura 11, por lo que es importante hacer un barrido detallado de estas actividades que se realizan y verificarlas in situ.

Figura 11

Lista de actividades del proceso de Carmex

I. Abastecimiento	
1	Recoger Cajas Conectores (3), Fulminantes (3) y bolsa de collar plástico (1) (Dirigirse a almacén, recoger mecha de seguridad, trasladar a almacén interno) / 1 veces por turno
2	Recoger Mecha de Seguridad (Dirigirse a almacén, recoger mecha de seguridad, trasladar a almacén interno) / 3 veces por turno
3	Colocar caja de mecha de seguridad en zona predeterminada por operador en almacén interno.) / 3 veces por turno
4	Colocar fulminante y conectores en estante de insumos (15) en forma predeterminada por operador en almacén
5	Colocar collar plástico en estante de insumos en almacén interno
6	Recoger bobina de mecha de seguridad a zona de fijado
7	Recoger fulminante y conectores
8	Recoger bolsa de collar plástico
II. Fijado	
9	Revisar conectores y fulminantes
10	Fijar Carmex (Incluye limpieza intermedia de cuchilla)
11	Limpieza de cuchilla (Al fin del fijado de 100 pza.)
12	Trasladar Carmex a la zona de conteo (por el fijador)
13	Esperar recojo de pza. de Carmex para conteo
III. Conteo	
14	Recoger pza. de Carmex para zona de conteo
15	Contar pza. de Carmex
16	Inspeccionar visualmente pzas de Carmex
17	Enligar Carmex
18	Colocar manga plástica
19	Trasladar Carmex en coche a zona de embalaje
IV. Embalaje	
20	Embalar madeja en Carmex en caja (Colocar etiqueta)
21	Trasladar a zona de Almacenamiento de P.T (Traslado, descarga y retorno)
22	Almacenar caja de Carmex

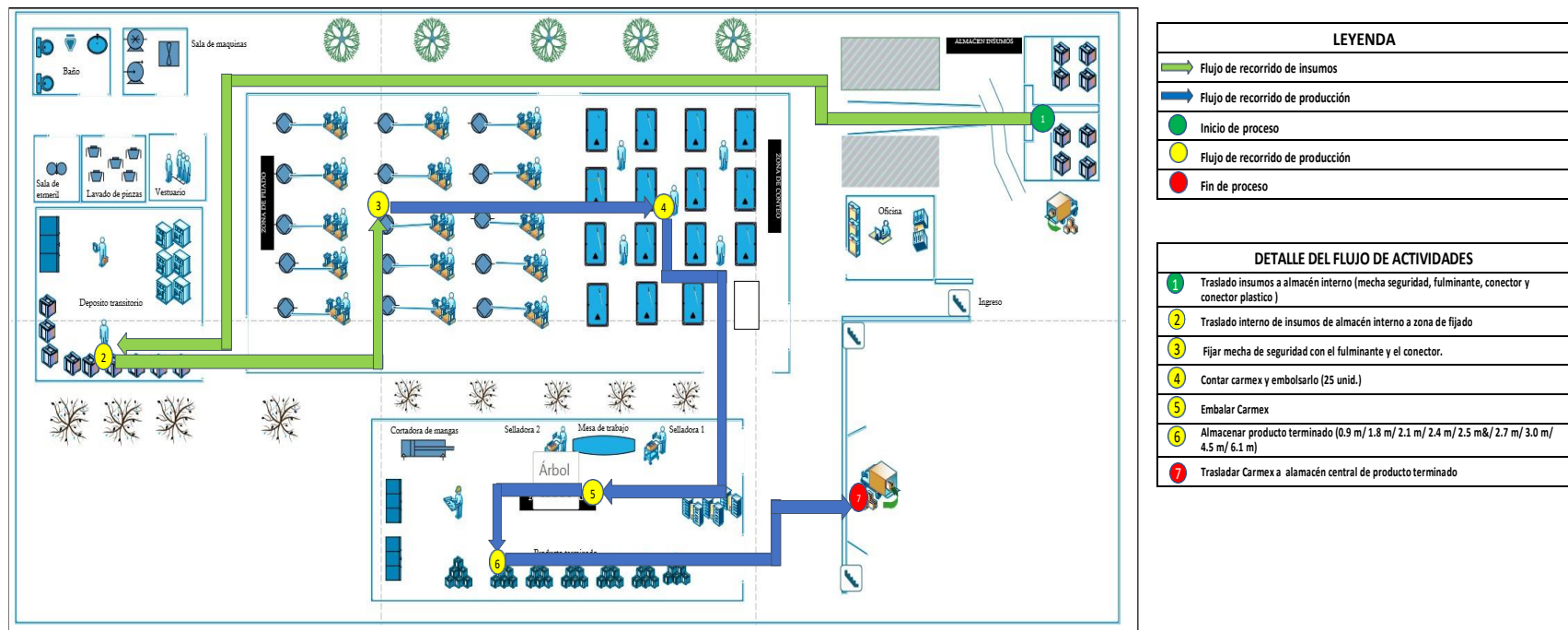
Nota: En la figura se detalla las actividades del proceso de producción de Carmex, con la finalidad de elaborar el diagrama de análisis del proceso.

3.6.2.3 Diagrama de recorrido del proceso de producción

Antes de iniciar con el trabajo de campo del análisis de los procesos, se realizó un recorrido de la planta por parte del supervisor de producción, el cual detallo la secuencia de actividades y los flujos de recorrido que existen en la planta, como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Diagrama de recorrido del proceso productivo de Carmex



Nota: En la a figura se muestra el plano de recorrido mostrado por el supervisor de producción de la planta, en donde se detalla el flujo productivo.

3.6.3 Validación de las herramientas

Al tener todas herramientas listas (formatos, planos, diagramas, entre otros), se procedió a realizar el levantamiento de información mediante el análisis de tiempos y secuencia de actividades del proceso productivo de Carmex, por lo que se utilizó diferentes formatos para recabar los datos observados en el transcurso de 15 días de trabajo de campo.

3.6.3.1 Observación de Tiempos paralelos a la operación

Figura 13

Observación de tiempos paralelos a la operación productiva de Carmex

OBSERVACIÓN DE TIEMPOS PARALELOS A LA OPERACIÓN												
PASO	Proceso: Carmex 0.9 m/ 1.8 m/ 2.1 m											
	Planta: Carmex											
	Realizado por: Antony Cotrina / José Angulo Fecha: 22/07/2019											
	ACTIVIDADES	PROMEDIO (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Antes de Inicio de Actividades												
1	Llegada de Personal a Planta	411"	418"	490"	390"	360"	390"	420"				
2	Charra de Seguridad	490"	340"	462"	380"	860"	340"	560"				
3	Preparación zona de trabajo de FIJADO (ajusta boca fijadora, afila/cambia cuchilla)	835"	890"	780"								
4	Preparación zona de trabajo de CONTEO	1159"	1177"	1140"								
5	Armado de caja de producto terminado (Colocar 2 etiquetas especiales de exportación, armado de caja, pegado y encintado)	38"	29"	28"	40"	38"	38"	45"	39"	35"	46"	41"
ii. Durante el Proceso de Producción												
6	Calibrar carmex (Cada 4 hrs)	10"	7"	10"	14"	11"	9"	10"	8"	11"	14"	9"
7	Verificar metraje (cada 4 hrs)	24"	25"	24"	29"	38"	19"	20"	21"	18"	22"	19"
8	Limpeza y lavado de pinza con alcohol/rocea aceite/limpia mesa con wipe/barrido de sala	857"	660"	780"	898"	1336"	668"	799"				
iii. Hora de Almuerzo/Cena												
9	Salida de planta de Carmex al comedor	426"	430"	440"	411"	431"	409"	435"				
10	Cola Hasta tomar el refrigerio	508"	285"	289"	250"	803"	668"	753"				
11	Toma de refrigerio	1500"	1500"	1500"	1500"	1500"	1500"	1500"				
12	Regresar a planta	371"	380"	375"	365"	399"	347"	360"				
V. Limpieza de Fin de Turno												
13	Limpeza // zona de FIJADO	810"	660"	960"								
14	Tiempo de aseo (Luego de la limpieza de Fijado)	501"	540"	360"	563"	540"						
15	Limpeza // zona de CONTEO	600"	480"	720"								
16	Tiempo de aseo (Luego de la limpieza del Conteo)	630"	600"	660"								
17	Limpeza // zona de EMBALAJE	220"	120"	360"	180"							
18	Tiempo de aseo (Luego de la limpieza del Embalado)	560"	660"	600"	420"							

Nota: En la figura se muestra los tiempos obtenidos en tres etapas, antes del inicio de labores, durante el proceso de producción y al final del turno (30 minutos antes) que no generan valor agregado al producto final.

Dentro del proceso de producción en la planta de Carmex existen dos actividades claras en el día a día laboral, las que son netamente enfocadas a la producción del detonador ensamblado y las aquellas actividades que no están dentro del proceso productivo, pero son necesarias para la planta y el personal, tal como la preparación de las zonas de trabajo, controles de calidad, limpiezas de fin de turno, horario de almuerzo, limpieza de los operarios antes de la salida, entre otros.

La importancia de haber tomado estos tiempos que son paralelos a la operación, radica en que, al momento de determinar la productividad de la planta, debemos trabajar con el análisis de los tiempos productivos que son los que están implicados en la operación y quitar los tiempos que son paralelo a la operación como se ve en la figura 13.

3.6.3.2 Diagrama de análisis del proceso (DAP)

La principal herramienta utilizada en este trabajo de suficiencia profesional, es el DAP que nos otorgó el tiempo promedio de cada una de las actividades que se realiza, tipo de actividad y el recorrido que realiza en caso sea una actividad de traslado. En la figura 14 se muestra el detalle de los tiempos tomado en las 15 muestras en las 22 actividades que tiene el proceso productivo considerando las etapas de abastecimiento, fijado, conteo y embalado.

El trabajo se realizó en base a las observaciones de actividades de los operarios promedio, previa coordinación con el supervisor de producción y jefe de sección, en los turnos I (07:00 a 15:00) y turno II (15:00 a 23:00). Se obtuvo que de las 22 actividades que realizan 8 son operativas, 3 de revisión, 9 de traslado, 1 espera y almacenamiento.

Figura 14

Diagrama de análisis del proceso de producción de Carmex

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (DAP)																																								
PASO	Proceso: Carmex															Area: O1																								
	Planta: Carmex															Fecha: 30/07/2019																								
Realizado por: Antony Cotrina / José Angulo																																								
ACTIVIDADES	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	PROMEDIO (s)	MEDIDAS															OPERACIÓN	REVISIÓN	TRASLADO	ESPERA	ARCHIVO																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																						
I. Abastecimiento																																								
1	Recoger Cajas Conectores(3),Fulminantes(3) y bolsa de collar plastico (1) (Dirigirse a almacén, recoger mecha de seguridad, trasladar a almacén interno) / 1 veces por turno	1 bolsa / 3 cajas/ 3 cajas	107.4 m	345"	268"	350"	418"																																	
2	Recoger Mecha de Seguridad (Dirigirse a almacén, recoger mecha de seguridad, trasladar a almacén interno) / 3 veces por turno	16 cajas	107.4 m	371"	322"	403"	440"	318"																																
3	Colocar caja de mecha de seguridad en zona predeterminada por operador en almacén interno.) / 3 veces por turno	16 cajas	-	147"	84"	104"	195"	180"	173"																															
4	Colocar fulminante y conectores en estante de insumos (15) en forma predeterminada por operador en almacén interno / 2 veces por turno	2600 pzas	-	519"	738"	429"	410"	500"																																
5	Colocar collar plastico en estante de insumos en almacén interno	30000 pzas	-	12"	10"	15"	11"	10"	13"																															
6	Recoger bobina de mecha de seguridad a zona de fijado	1 pza / 500 m	28.2 m	52"	50"	49"	55"	48"	37"	68"	48"	62"	41"	67"	49"	52"	50"	46"	59"																					
7	Recoger fulminante y conectores	100 pzas/ 100 pzas	28.2 m	54"	62"	45"	50"	65"	59"	63"	40"	50"	39"	69"	56"	55"	49"	60"	45"																					
8	Recoger bolsa de collar plastico	3000 pzas	28.2 m	36"	42"	37"	40"	37"	42"	31"	43"	33"	31"	34"	30"	39"	29"																							
II. Fijado																																								
				0.9 m					1.8 m					2.1 m																										
9	Revisar conectores y fulminantes	100 pzas/ 100pzas	-	20"	18"	25"	24"	23"	13"	14"	19"	14"	20"	22"	27"	21"	25"	19"	16"																					
10	Fijar carmex (Incluye limpieza intermedia de cuchilla)	100 pzas	-	743"	754"					732"					742"																									
11	Limpieza de cuchilla (Al fin del fijado de 100 pzas)	50 pzas	-	6"	5"	7"	4"	6"	7"	8"	7"	7"	6"	6"	5"	5"	4"	5"	6"																					
12	Trasladar carmex a la zona de conteo (por el fijador)	25 pzas	19 m	25"	24"	30"	29"	21"	27"	31"	24"	29"	21"	23"	19"	27"	19"	22"	24"																					
13	Esperar recojo de pzas de carmex para conteo	-	-	311"	278"	370"	230"	220"	350"	290"	310"	381"	274"	335"	340"	393"	284"	339"	265"																					
III. Conteo																																								
				0.9 m					1.8 m					2.1 m																										
14	Recoger pzas de Carmex para zona de conteo	50 pzas	19 m	37"	41"					33"					39"																									
15	Contar pzas de Carmex	25 pzas	-	88"	84"					87"					94"																									
16	Inspeccionar visualmente pzas de carmex																																							
17	Enligar carmex																																							
18	Colocar manga plastica																																							
19	Trasladar Carmex en coche a zona de embalaje	-	31.6 m	160"	192"	245"	151"	151"	132"	152"	139"	160"	149"	171"	178"	169"	140"	138"	135"																					
IV. Embalaje																																								
				0.9 m					1.8 m					2.4 m																										
20	Embalar madeja en carmex en caja (Colocar etiqueta)	-	-	184"	233"					149"					170"																									
21	Trasladar a zona de Almacenamiento de P.T (Traslado, descarga y retorno)	-	6.8 m	15"	14"	20"	10"	16"	14"	18"	14"	13"	16"	14"	21"	19"	10"	12"	11"																					
22	Almacenar caja de carmex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																					
																	8	3	0	1	1																			
																	●	■	→	■	▲																			

Nota: En la a figura se representa el promedio tomado de las observaciones de tiempos realizadas en la planta de Carmex en sus cuatro etapas.

3.6.3.3 Observación de tiempos por maquina

En el proceso productivo de la fabricación del detonador ensamblado, las actividades más importantes son las de fijado, conteo y embalado; por lo cual se hizo una observación con los operarios promedio de estos procesos durante las dos semanas de trabajos en el turno I y turno II tal como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Observación de tiempos por maquina en la producción de Carmex

Proceso: Carmex 0.90/1.8/2.1 mtl											Maquina:																						
Planta: Carmex											Área: 01																						
Realizado por: Antony Cotrina // José Angulo											Fecha: 22/07/2019																						
MAQUINARIA	Promedio (0.9 m- exp)	OBSERVACIONES										Promedio (1.8 m- exp)	OBSERVACIONES										Promedio (2.1 m- exp)	OBSERVACIONES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRUPO N°01 y GRUPO N°02																																	
Semana		SEMANA N°01/ Turno Mañana					SEMANA N°02/ Turno Tarde					SEMANA N°01/ Turno Mañana					SEMANA N°02/ Turno Tarde					SEMANA N°01/ Turno Mañana					SEMANA N°02/ Turno Tarde						
FIJADO (100 pzas)																																	
Operario N° 01	777	784	793	758	820	730	776				762	785	770	731				744	825	759	841	670	735	731	689	700							
Operario N° 06	752	724	748	689	680	768	763	744	823	825		687	702	670	688				748	706	815	830	693	680	750	770	741						
Operario N° 08	748	729	692	780	786	802	710	784	702			702	659	671	775				745	717	824	860	711.0	750	714	677	710						
Operario N° 10	755	772	759	765	790	770	635	789	759			779	763	765	809				761	769	760	781	760	737									
Operario N° 14	740	827	835	640	659							-							712	687	704	770	710	690	739	671	809						
CONTEO (25 pzas)																																	
Operario N° 01 y 02	93	95	94	90	84	91	92	87	90	100	105	83	93	73				101	110	120	100	97	104	90	105	89	100	95					
Recojo de Pzas (25-50 pzas)	44	47	50	40	43	42						38	38	38				44	44	52	43	41	50	42	54	39	43	36					
Operario N° 05 y 06	58	55	54	57	60	53	50	65	60	63	62	105	82	109	124				85	91	80	89	90	63	98	85	76	93	81				
Recojo de Pzas (50 pzas)	43	45	40	49	39	41						38	38	38				35	35	39	42	38	33	39	31	29	37	30					
Operario N° 07 y 08	99	101	101	109	105	114	92	85	110	94	79	78	98	80	71	69	71		93	82	90	115	111	89	86	114	75	93	77				
Recojo de Pzas (50 pzas)	38	36	39	40	38	37						38	38	38				37	30	41	31	43	40	49	37	35	31	37					
Operario N° 09 y 10	80	63	70	73	72	70	78	81	78	104	115	90	90					96	79	107	109	83	85	82	100	101	105	110					
Recojo de Pzas (50 pzas)	44	46	40	48	43	42						28	27	32	25			43	49	42	47	47	43	40	49	42	40	33					
Operario N° 13,14 y 15	88	89	86	66	101	76	104	79	80	93	109	78	78	80	74	81	75		95	101	119	110	113	99	86	79	81	70	96				
Recojo de Pzas (50 pzas)	35	33	35	39	38	31						28	27	32	25			33	33	32	37	32	38	30	31	30	28	33					
EMBALADO (1 CAJA / 300 pzas)																																	
Operario N°01	233	233										153	135	142	195	131	143	162	156	165	151		152	150	142	160	137	140	131	190	149	147	178

Nota: En la a figura se muestra el detalle de los tiempos tomados en los dos turnos de trabajo en las etapas de fijado, conteo y embalado.

3.6.4 Procesamiento de datos

Luego de la recopilación obtenida en las 2 semanas de gabinete en la planta de Carmex, se procedió a realizar el análisis de los datos obtenidos referente a tiempos, actividades, distribución de planta, formas de trabajo, distancias y ciclos del proceso; con esta información se procedió a realizar la distribución actual de la planta sobre todo en la zona de fijado y conteo, que es en donde se vio oportunidades de mejora a implementar.

3.6.4.1 Layout de la planta (actual)

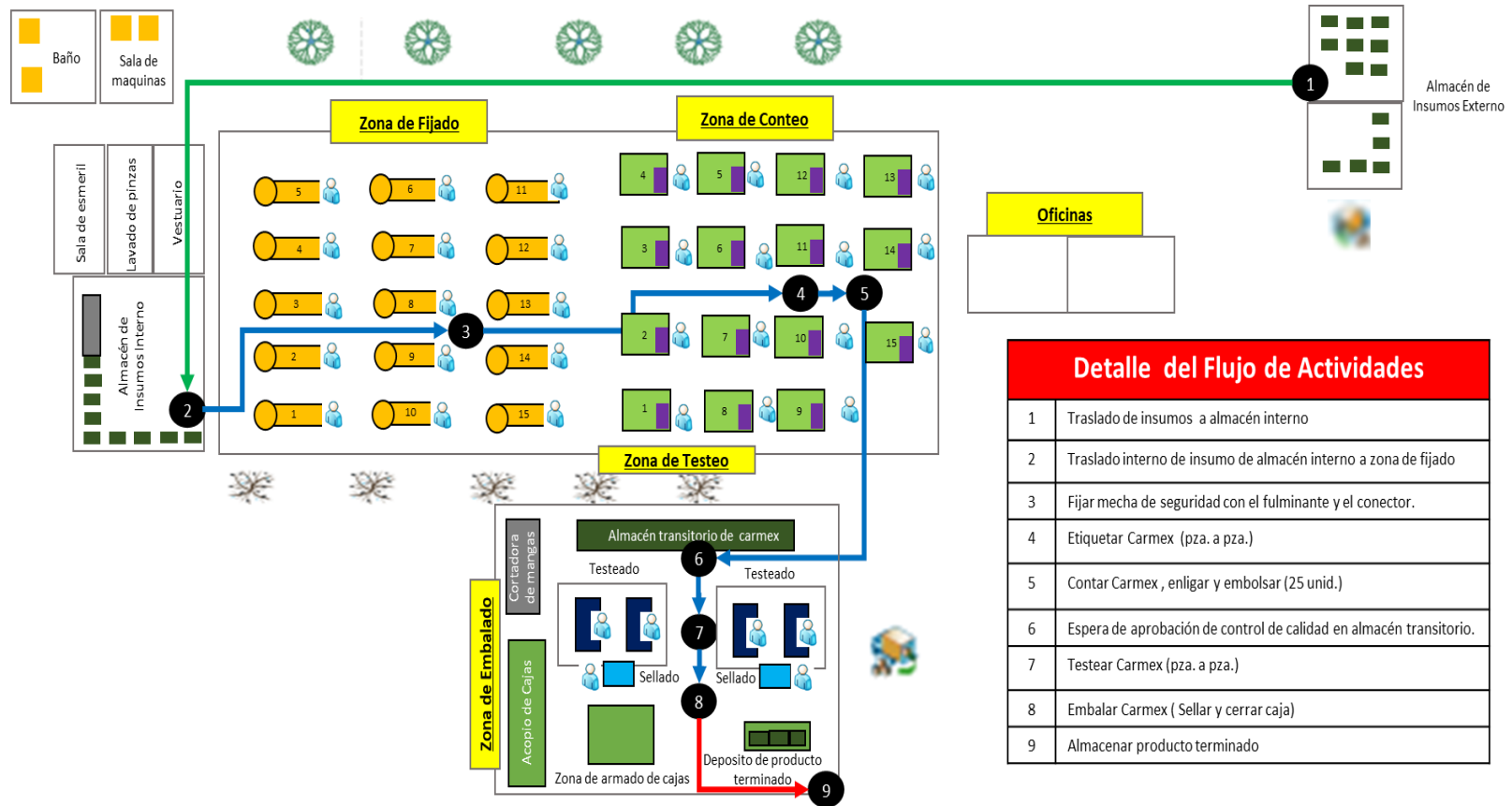
Con la información inicial realizada en la elaboración del diagrama de recorrido del proceso de producción en la figura 12, se elaboró el layout actual de la planta como se aprecia en la figura 16, esto con la finalidad de que cada etapa del proceso sea más visual y tener claro que actividades se están realizando dentro del proceso.

3.6.4.2 Layout detallado de la planta (actual)

Con la información del layout de la planta, se realizó un análisis detallado del dimensionamiento de la zona de fijado – conteo, en donde se realizó las medidas de la zona de largo con 11.3 m y ancho con 28.3 m como se muestra en la figura 17; adicional a ello se tomó las medidas de la mesa de fijado y conteo, esto con la finalidad de redistribuir la zona de trabajo de una manera más fluida y no trabajar de forma batch como se aprecia en el layout detallado.

Figura 16

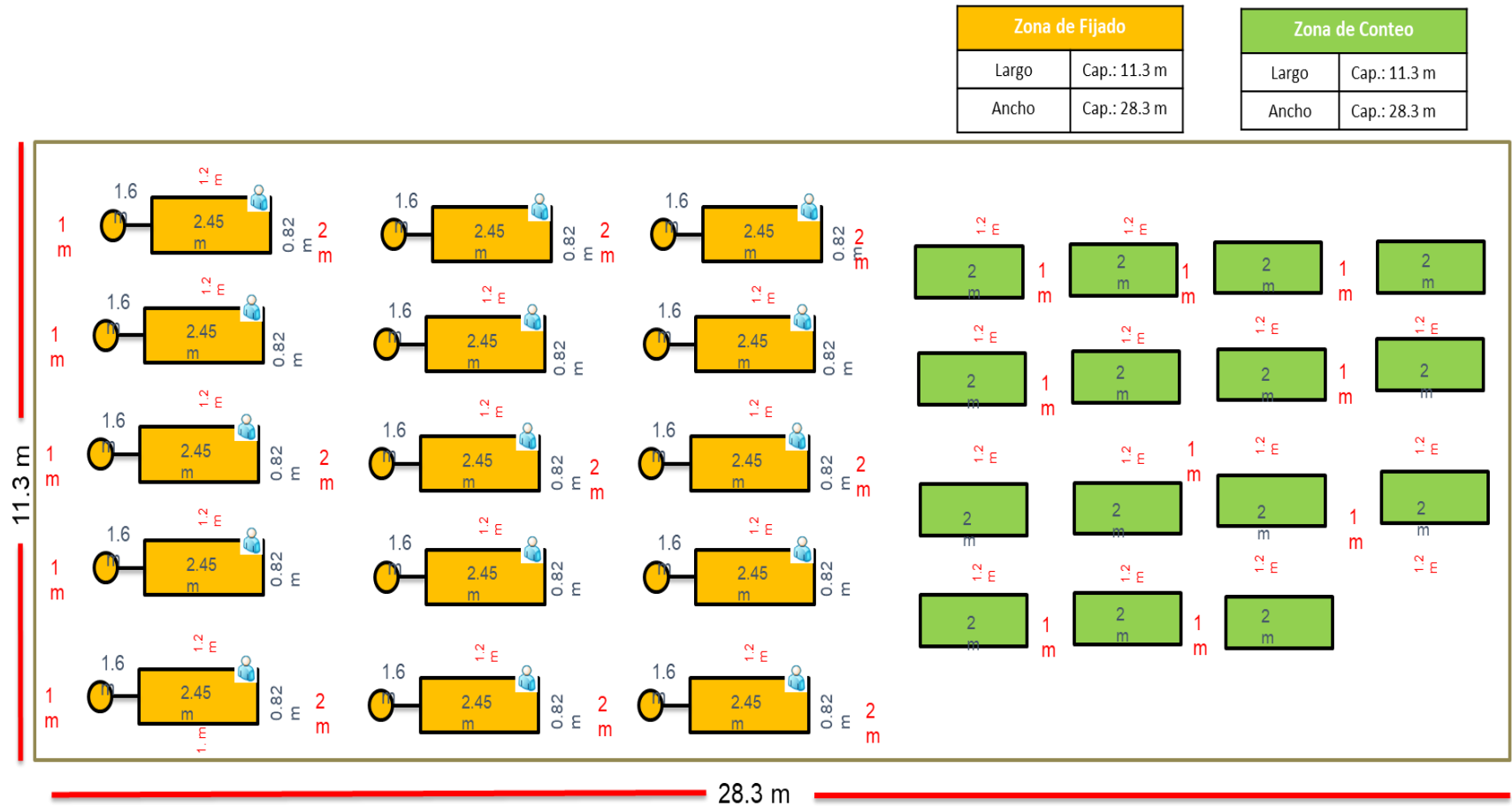
Layout de planta actual de Carmex



Nota: En la a figura se detalla el plano actual de la planta de Carmex, en base a las observaciones obtenidas; además se detalla 09 etapas del flujo de actividades del proceso productivo.

Figura 17

Layout detallado de la planta actual de Carmex



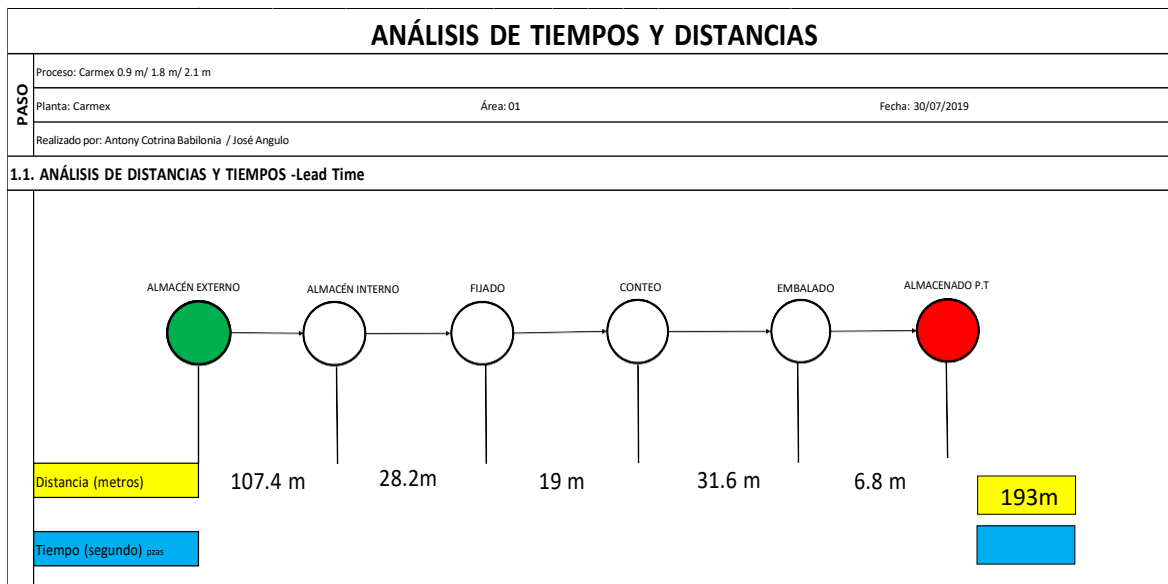
Nota: En la a figura se detalla el plano actual de la planta de Carmex, en base a las observaciones obtenidas; además se detalla 09 etapas del flujo de actividades del proceso productivo.

3.6.4.3 Análisis de tiempos y distancias

La importancia de realizar un análisis de traslado entre actividades, nos permitió determinar entre que actividades existía la mayor distancia, con la finalidad de buscar la herramienta más adecuada para reducir las distancias. En la figura 17 se visualiza que desde el almacén externo al almacén interno existe 107.4 m. de distancia, pero en ese recorrido la actividad que se realiza solo es una vez al día, en comparación de la distancia que existe entre fijado a conteo de 19 m. que es en donde se realiza mayores traslados durante el turno laboral.

Figura 18

Análisis de tiempos y distancias de la producción de Carmex



Nota: En la a figura se representa las distancias tomadas de un punto a otro, considerando las etapas de cada proceso productivo.

El total de distancia recorrida desde el almacén externo hasta el almacén de producto terminado es de 193 m.

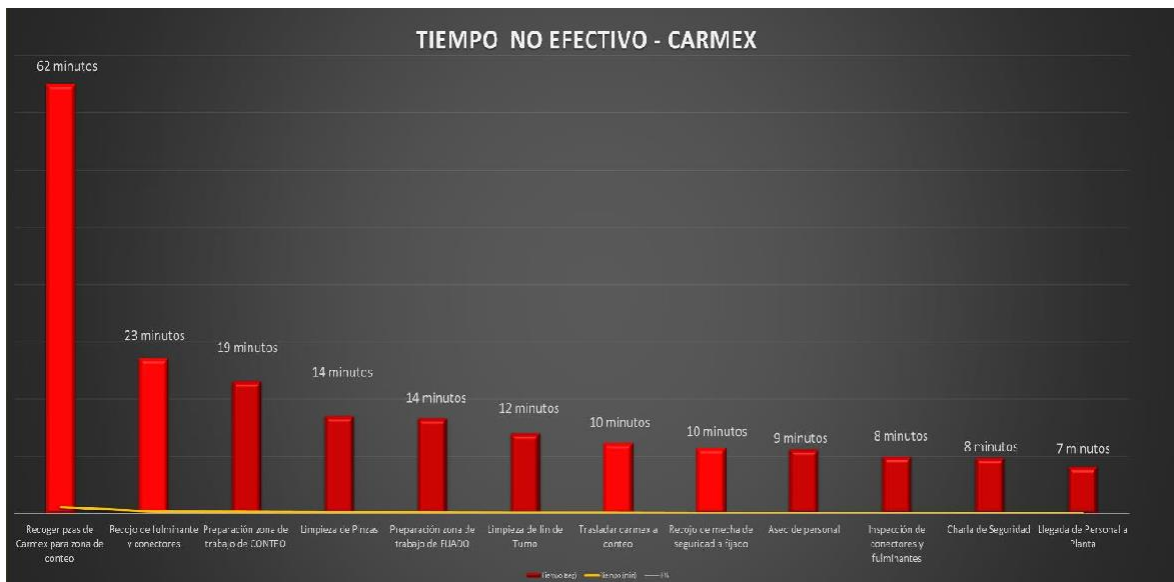
3.6.4.4 Tiempos no efectivos

Durante las 8 horas laborales por turno de trabajo, luego de realizar la toma de tiempos, se elaboró un listado de las principales actividades que no generan valor durante el día, de las cuales son 3 actividades que, de los 197 minutos, representan el 53% con 104 minutos de los 480 minutos que tiene cada turno, por lo cual nos centraremos en el tiempo de recojo de pza. de Carmex para zona de conteo (62 min.), recojo de fulminante y conectores (23 min.) y preparación de la zona de trabajo de conteo (19 min.).

Con esta información podemos indicar que el principal problema que existe en la planta de Carmex, es la actividad de traslado en sus diferentes etapas del proceso, teniendo en cuenta que el recojo de pza. de Carmex para la zona de conteo es el principal problema que está generando baja productividad en la planta con un promedio de 62 minutos. En la figura 19 se detalla los tiempos no productivos obtenidos luego de la observación.

Figura 19

Tiempo no efectivo de la producción de Carmex



Nota: En la a figura se los tiempos no productivos, ordenados del mayor a menor.

3.6.4.5 Producción de pza. real luego de la toma de tiempos

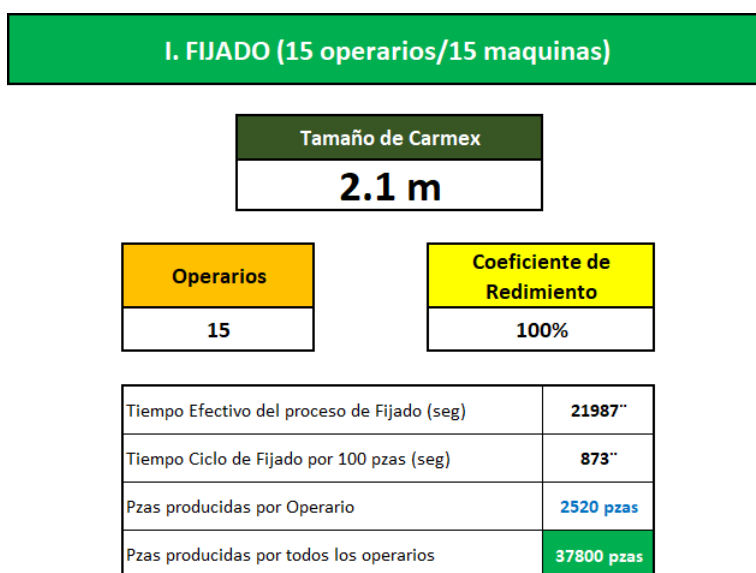
La toma de tiempos en cada una de las actividades del proceso de producción de Carmex durante las dos semanas de trabajo, son tratados y analizados para determinar cuál es la producción real en cada una de sus etapas y ver en que etapa se está generando el cuello de botella, por lo cual analizamos las 3 etapas principales del proceso, en donde se trabajó con el coeficiente de rendimiento al 100% que se puede ver el detalle en el anexo 8, y el tamaño del Carmex de 2.1 m. que es el estándar en el mercado.

a) Producción real de la etapa de fijado

Se realizo con 15 operarios por turno, en donde luego del cálculo matemático la cantidad de pza. producidas por operario es de 2,520 pza. lo que en total por turno equivale a 37,800 pza.

Figura 20

Producción total en la etapa de fijado



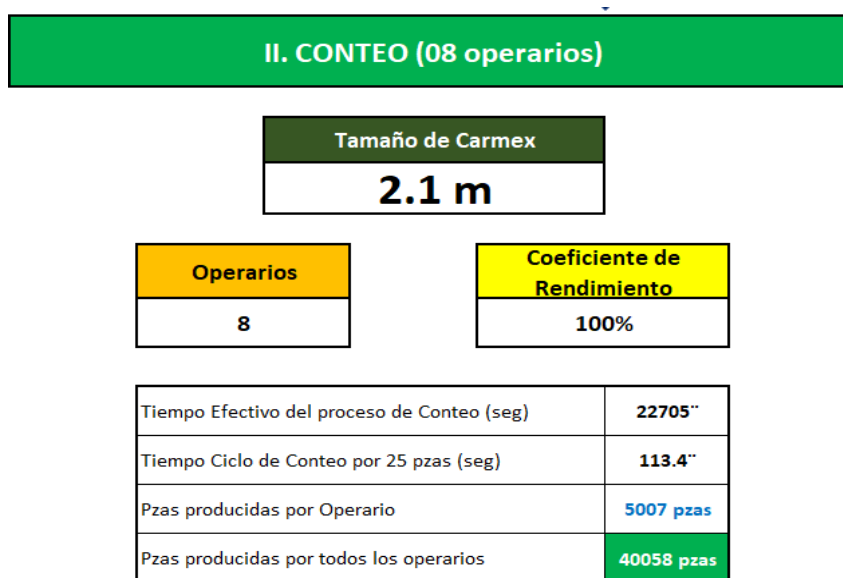
Nota: En la a figura se muestra el proceso de tiempos obtenidos en la etapa de fijado, luego de la observación y el trabajo de ingeniería de métodos realizado.

b) Producción real de la etapa de conteo

Se realizo con 8 operarios por turno, en donde luego del cálculo matemático la cantidad de pza. producidas por operario es de 5,007 pza. lo que en total por turno equivale a 40,058 pza. |

Figura 21

Producción total en la etapa de conteo



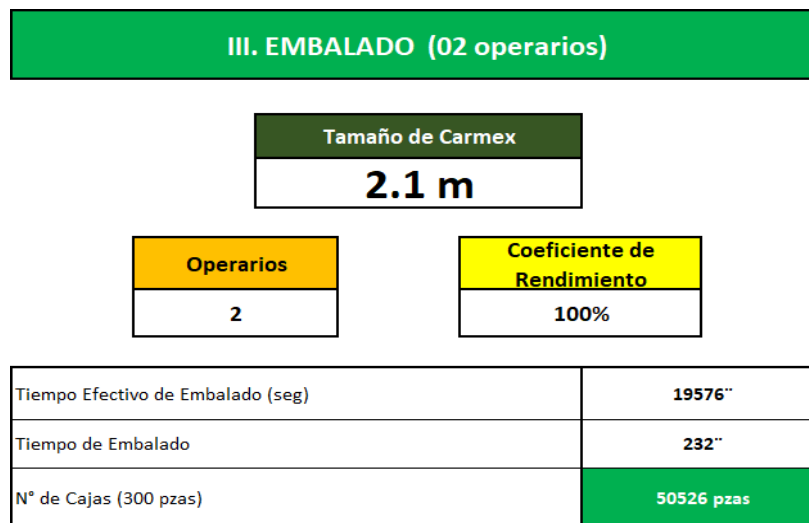
Nota: En la a figura se muestra el proceso de tiempos obtenidos en la etapa de conteo, luego de la observación y el trabajo de ingeniería de métodos realizado.

c) Producción real de la etapa de embalado

Se realizo con 2 operarios por turno, en donde luego del cálculo matemático la cantidad de pza. producidas por operario es de 25,263 pza. lo que en total por turno equivale a 50,526 pza.

Figura 22

Producción total en la etapa de embalado



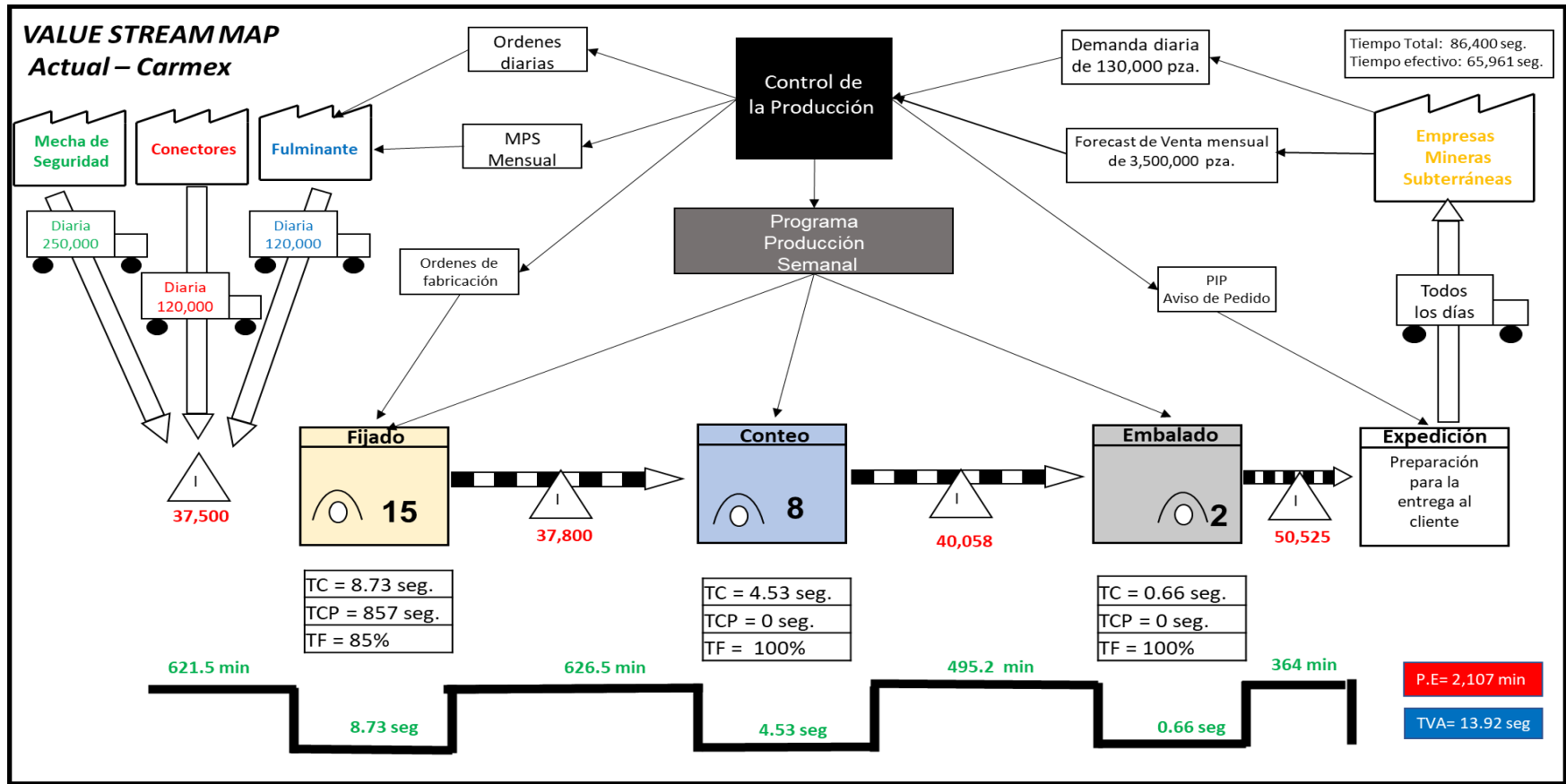
Nota: En la a figura se muestra el proceso de tiempos obtenidos en la etapa de embalado, luego de la observación y el trabajo de ingeniería de métodos realizado.

3.6.4.6 Value Stream Mapping (actual)

La representación gráfica de los datos obtenidos de las etapas del proceso de producción de Carmex, son representados por medio de un mapeo de la cadena de valor (VSM), desde la adquisición de sus insumos principales hasta la entrega del producto terminado al cliente, para ello debemos establecer la información pertinente en cada una de sus etapas que son fijado, conteo y embalado. La obtención del cálculo al detalle del VSM actual se puede ver en el anexo 9.

Figura 23

Value Stream Mapping del proceso actual de Carmex



Nota: En la a figura se representa el mapeo de valor del proceso productivo de Carmex actual, en donde se otorga la información necesaria para obtener el tiempo que genera valor para la producción de una pieza.

De la figura 23 podemos indicar que de los 2,107 minutos que dura el proceso productivo, solo 13.92 segundos, hacen referencia a las actividades que generan valor, de los cuales 8.73 segundos representa al tiempo de ciclo de fijado, 4.53 segundos al tiempo de ciclo de conteo y 0.66 segundos al tiempo de ciclo de embalado por pza. La etapa del proceso que está generando cuello de la botella al flujo del proceso, es la etapa de fijado con 8.73 segundos.

3.6.4.7 Alternativas de solución

Luego de haber desarrollado y analizado cada una de las herramientas vistas anteriormente, es importante saber qué es lo que estamos buscando con este trabajo de suficiencia profesional:

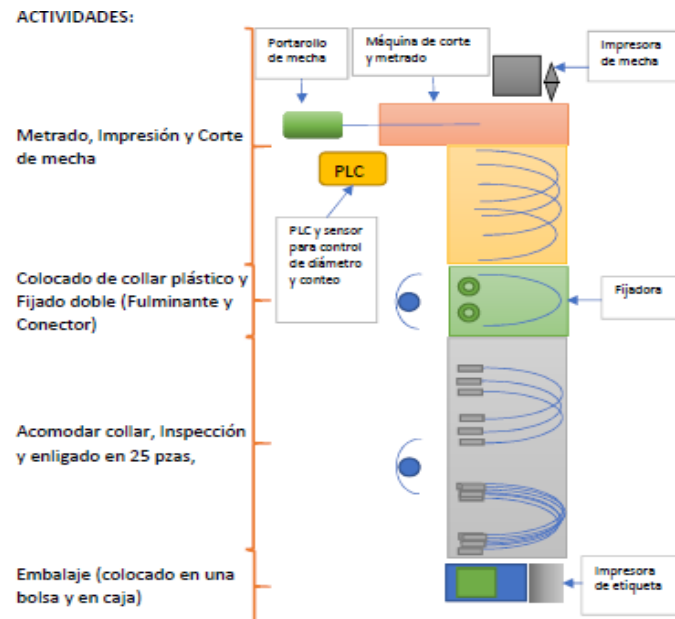
- Reduciendo las variables de tiempo de recorrido.
- Minimizar los traslados que existen de una actividad a otra.
- Controlar la producción en cada etapa del proceso.
- Optimizar los recursos (Insumos, personal, tiempo, etc.)

Aplicando diferentes herramientas lean e ingeniería de métodos, pudimos verificar que el 43% del tiempo no efectivo (62 min.) corresponde a la actividad del recojo de pza. en la zona de conteo, haciendo una analogía con la producción por turno que es de 36,000 pza. de los cuales en 06:03:45 h. se pueden completar en la etapa de fijado, 05:54:12 h. en la etapa de conteo y 04:02:09 h. en la etapa de conteo en 08:00:00 h. de trabajo.

La distribución de zonas de trabajo se maneja mediante batch, lo que implica aprox. 1 hora en tiempos muertos de traslados entre fijado y conteo, es por ello que, con la ingeniería de métodos aplicada en la etapa inicial, y en conjunto de un equipo multidisciplinario de diferentes áreas se busca agilizar el proceso productivo de una forma más eficiente, sobre todo en las etapas de fijado, conteo y embalado, que es donde se está generando el mayor desperdicio de tiempo y actividades.

Figura 25

Propuesta de celdas flexibles en la planta de Carmex



Nota: En la a figura muestra un modelo de celda flexible propuesto por el equipó de proyectos en conjunto con ingeniería de procesos.

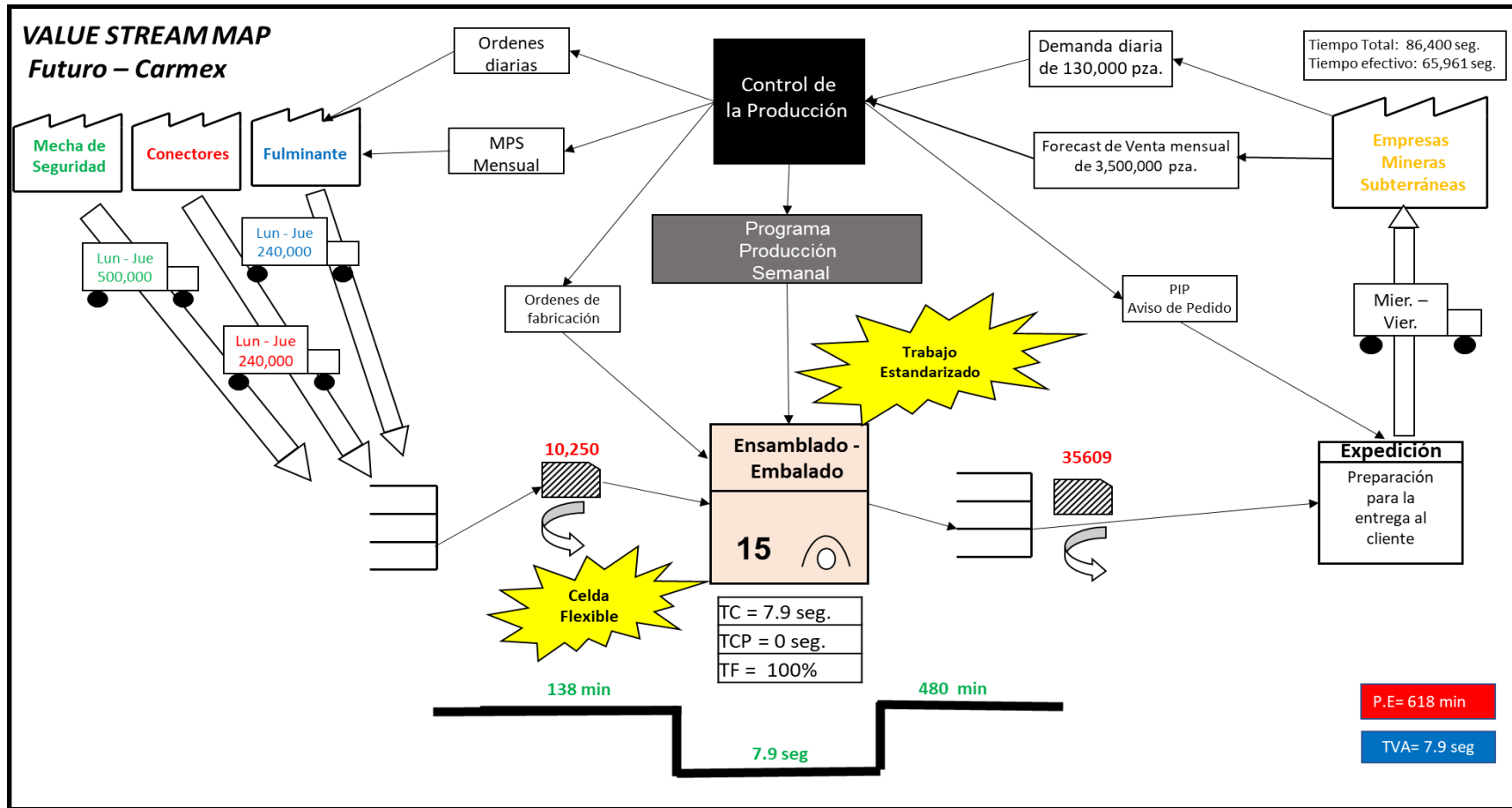
En consenso con el equipo multidisciplinario, se propuso implementar la redistribución de planta, lo cual solo requería un cambio de distribución interno de mobiliario, para luego por temas ergonómicos y de productividad se implementaría el uso de celdas flexibles, esto debido a que mantendría un flujo continuo en el proceso; pero el proceso de implementación tardaría aproximadamente 3 meses.

3.6.4.8 Value Stream Mapping (futuro)

Con la información referente al tipo de solución a utilizar y las observaciones de tiempos obtenidas, se desarrolla el VSM futuro en representación gráfica como se observa en la figura 26, en donde las etapas de fijado – conteo – embalado se desarrollan en una sola etapa, esto debido a que se está trabajando bajo celdas flexibles que reduce los traslados y el tiempo de producción por pza. de 13.92 segundos a 7.9 segundos, lo que impactaría en la productividad de la planta.

Figura 26

Value Stream Mapping del proceso futuro de Carmex



Nota: En la a figura se representa el mapeo de valor del proceso productivo de Carmex futuro, en donde se otorga la información necesaria para obtener el tiempo que genera valor para la producción de una pieza, considerando las mejores pertinente como el trabajo estandarizado y las celdas flexibles.

3.6.4.9 Alternativa de implementación de celdas flexibles

Para la implementación de celdas flexibles en la planta de Carmex, primero se debe de analizar

- Definir las dimensiones de la mecha de seguridad a usar.
- Definir la ubicación de donde se colocará la impresión de trazabilidad en el Carmex.
- Diseñar Layout de las celdas flexibles en las zonas de fijado, conteo y embalado.
- Diseñar Diagrama de flujo de la d celda flexible de Carmex.
- Listar los equipos y personas necesarias para las celdas flexibles con trazabilidad Carmex
- Data y porcentaje de las causas de fallas de Carmex de los años 2017 -2018 - 2019.
- Definir los Sensores y PLC a utilizar definiendo sus parámetros en el proceso.
- Establecer paso a paso cuando un lote es rechazado por control de calidad bajo este sistema de trazabilidad.
- Definir especificaciones del área de reprocesos.
- Costos de inversión de implementación de celdas flexibles.

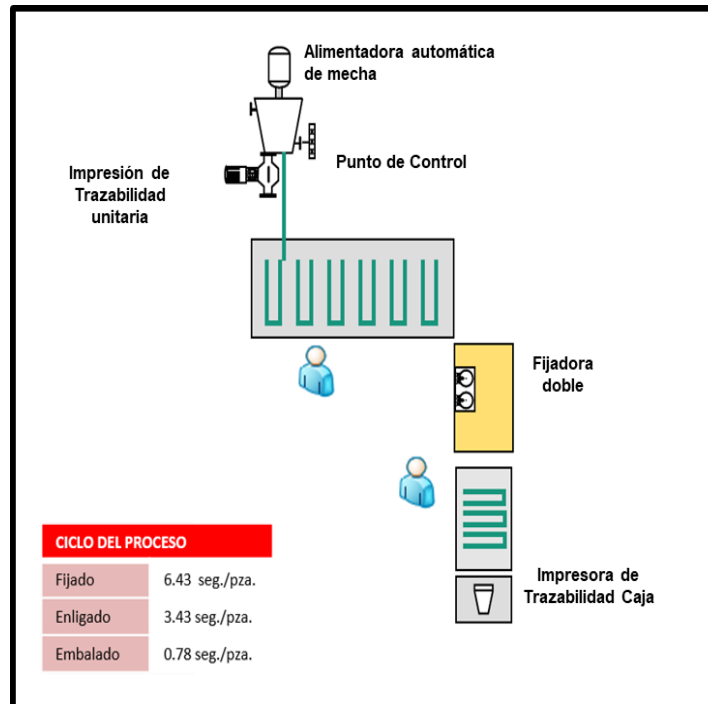
Con toda la información necesaria para la implementación de celdas, se analizó diferentes alternativas de solución que son las siguientes:

a) **Alternativa N°01**

Esta primera alternativa consiste en implementar una celda flexible en forma de “L”, con una embobinadora automática de mecha de seguridad, una impresora de trazabilidad, mesa para la mecha de seguridad, fijadora doble e impresora de trazabilidad como se muestra en la figura 27.

Figura 27

Alternativa N°01 de celda flexible



Nota: En la figura se representa el proceso en “L” de la celda flexible

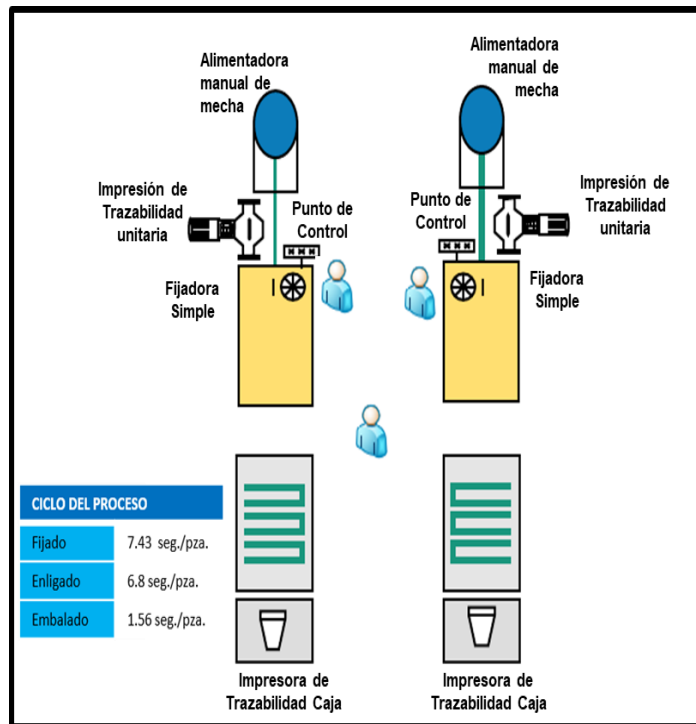
A nivel productivo, el proceso requiere de dos trabajadores con una capacidad de producción de 3,233 piezas por turno cada celda, se requiere 11 celdas de este tipo para tener una capacidad estimada total de 35,566 piezas, lo que en total requiere 23 trabajadores por turno para generar una productividad de mano de obra de 193 piezas por hora/hombre.

b) Alternativa N°02

Esta alternativa de celda flexible tiene forma de “U”, que consiste en dos sistemas de trabajo iguales, con dos embobinadoras automáticas de mecha de seguridad, dos impresoras de trazabilidad, dos mesas para la mecha de seguridad, dos fijadoras simples y dos impresoras de trazabilidad como se muestra en la figura 28:

Figura 28

Alternativa N°02 de celda flexible



Nota: En la figura se representa el proceso en “U” de la celda flexible

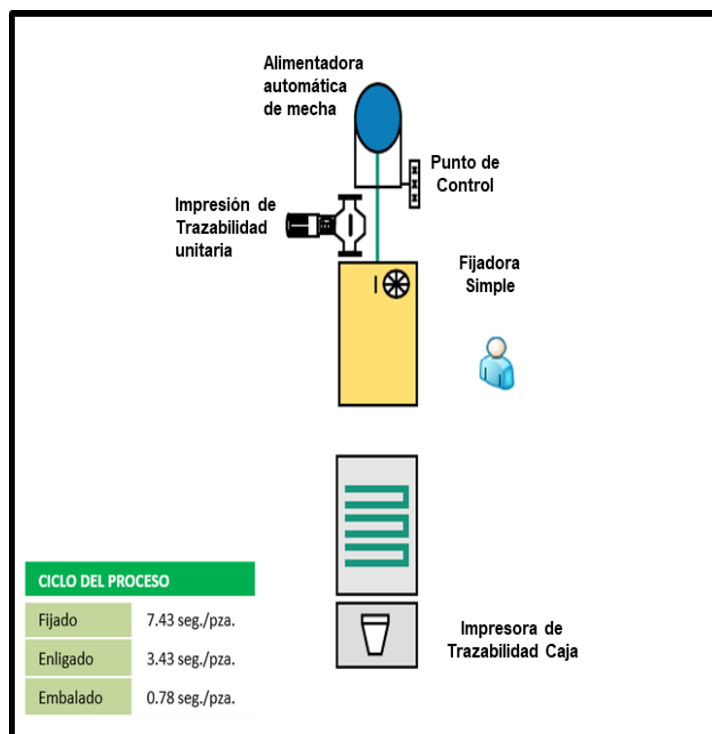
A nivel productivo, el proceso requiere de tres trabajadores con una capacidad de producción de 5,087 piezas por turno cada celda, se requiere 7 celdas de este tipo para tener una capacidad estimada total de 35,612 piezas, lo que en total requiere 24 trabajadores por turno para generar una productividad de mano de obra de 185 piezas por hora/hombre.

c) Alternativa N°03

La última alternativa de implementación de la celda flexible tiene forma de “I”, con una embobinadora automática de mecha de seguridad, una impresora de trazabilidad, mesa para la mecha de seguridad, fijadora simple e impresora de trazabilidad como se muestra en la figura 29:

Figura 29

Alternativa N°03 de celda flexible



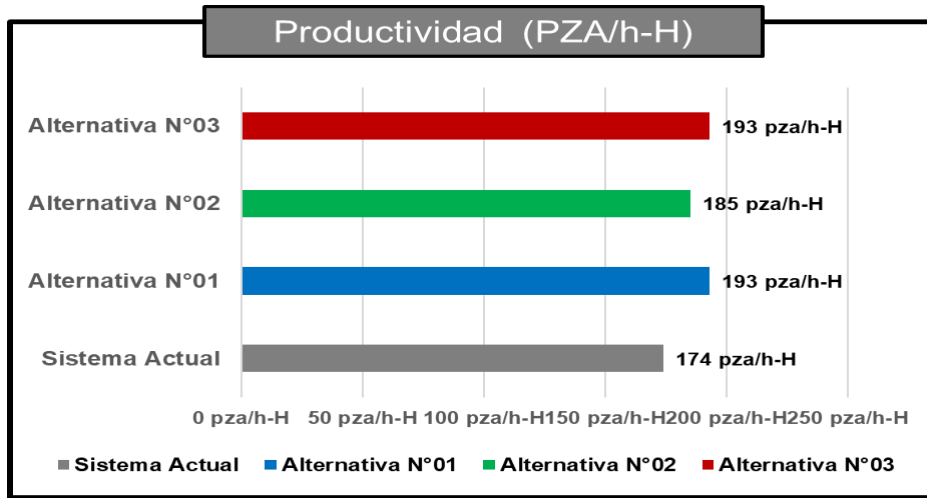
Nota: En la figura se representa el proceso en “I” de la celda flexible

A nivel productivo, el proceso requiere de solo un trabajador con una capacidad de producción de 1,775 piezas por turno cada celda, se requiere 20 celdas de este tipo para tener una capacidad estimada total de 35,493 piezas, lo que en total requiere 23 trabajadores por turno para generar una productividad de mano de obra de 193 piezas por hora/hombre.

El sistema actual tiene una productividad de 174 pieza por hora/hombre y tanto las alternativas 1 y 3 tienen una productividad de 193 pieza por hora /hombre y la alternativa 2 con 185 pieza hora/hombre como se muestra en la figura 30:

Figura 30

Comparativo de propuesta de la productividad piezas por hora/hombre

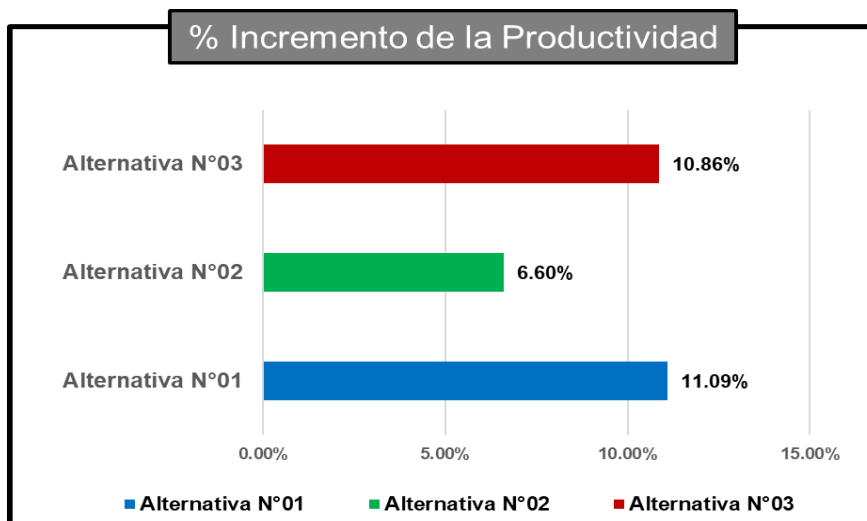


Nota: En la figura se muestra la variación comparativa de los alternativas de implementación de la celda flexible vs. el sistema actual en referencia a la productividad.

El incremento de la productividad teniendo como base el proceso actual en comparación a las alternativas es de 11.09%, 6.60% y 10.86% respectivamente como muestra la figura 31.

Figura 31

Comparativo de propuesta del incremento de la productividad

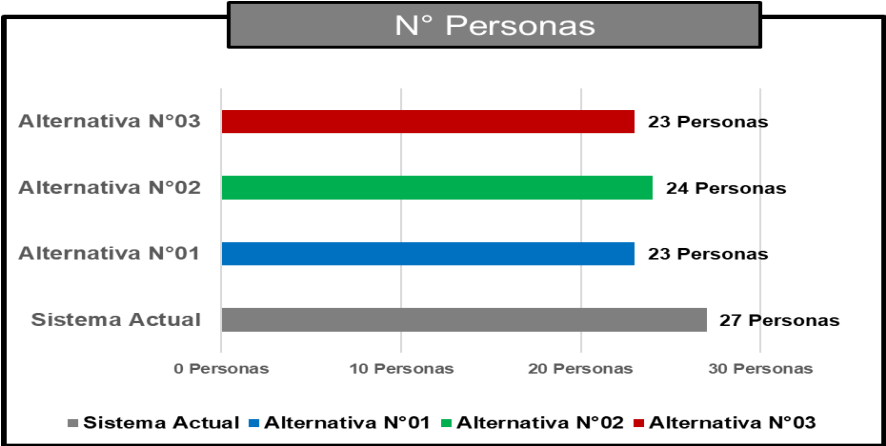


Nota: En la figura se muestra el incremento de la productividad en las diferentes alternativas.

De la figura 32, nos muestra la cantidad necesaria de personas en la planta de Carmex por turno teniendo actualmente 27 personas, las alternativas 1 y 3 con 23 trabajadores y la alternativa 4 con 24 trabajadores.

Figura 32

Comparativo de propuesta de variación de personal

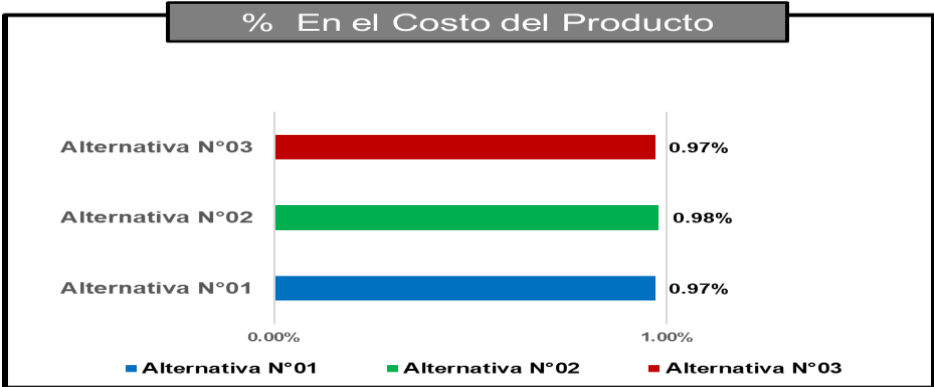


Nota: En la figura se muestra la variación comparativa de los alternativas de implementación de la celda flexible vs. el sistema actual en referencia al n° de personas que se requiere.

Al implementar maquinaria, estructura y mobiliario nuevo en la planta de Carmex, implica el incremento en el costo del producto como se detalla en la figura 33:

Figura 33

Comparativo de propuesta de incremento del costo del producto



Nota: En la figura se muestra el incremento del costo del producto en las diferentes alternativas.

3.6.4.10 Análisis de inversión de implementación de celdas flexibles

a) Alternativa N°01

Figura 34

Costo de implementación de la alternativa N°01

A. MAQUINARIA				
N°	EQUIPO	CANTIDAD	UNIT. USD	SUBTOTAL USD
1	Impresoras Inkjet	11	\$10,000.00	\$110,000.00
2	Impresoras Zebras	11	\$1,500.00	\$16,500.00
3	Maquina Fijadora para corte y metrado	11	\$25,000.00	\$275,000.00
4	Fijadoras Dobles	11	\$12,000.00	\$132,000.00
5	Software de Trazabilidad	1	\$0.00	\$0.00
6	Coches de traslado	11	\$350.00	\$3,850.00
7	Mesas de Trabajo	11	\$100.00	\$1,100.00
8	Sillas ergonomicas}	22	\$150.00	\$3,300.00
			SUBTOTAL	\$541,750.00
B. MONTAJE E INSTALACIÓN				
9	Instalación eléctrica	11	500	\$5,500.00
10	Instalación de RED	11	400	\$4,400.00
			SUBTOTAL	\$9,900.00
C. OTROS E IMPREVISTOS				
	Del monto total	5%		\$27,582.50
GRAN TOTAL (en dolares)				
				\$579,232.50

PRODUCCIÓN ANUAL	10,669,800 pza.
-------------------------	------------------------

Nota: En la figura se representa la inversión detañada y total de implementar la alternativa N°01

La figura 34 se muestra el detalle de inversión de esta alternativa 1, para la implementación de las 11 celdas flexibles que se requieren, para ello la inversión en maquinaria asciende a \$541,750 dólares, inversión en montaje e instalación asciende a \$9,900 dólares y otros gastos que se podrían presentar en el trascurso del proceso en \$27,582.5 dólares. El monto total de implementar la alternativa 1 asciende a \$579,232.5 dólares para una producción anual de 10,669,800 piezas.

b) **Alternativa N°02**

Figura 35

Costo de implementación de la alternativa N°02

A. MAQUINARIA				
N°	EQUIPO	CANTIDAD	UNIT. USD	SUBTOTAL USD
1	Impresoras Inkjet	14	\$10,000.00	\$140,000.00
2	Impresoras Zebras	14	\$1,500.00	\$21,000.00
3	Maquina Fijadora para corte y metrado	0	\$25,000.00	\$0.00
4	Fijadora Simple (0) / PLC	14	\$2,500.00	\$35,000.00
5	Software de Trazabilidad	1	\$0.00	\$0.00
6	Coches de traslado	7	\$350.00	\$2,450.00
7	Mesas de Trabajo	7	\$100.00	\$700.00
8	Sillas ergonomicas	21	\$150.00	\$3,150.00
			SUBTOTAL	\$202,300.00
B. MONTAJE E INSTALACIÓN				
9	Instalación eléctrica	14	500	\$7,000.00
10	Instalación de RED	14	400	\$5,600.00
			SUBTOTAL	\$12,600.00
C. OTROS E IMPREVISTOS				
	Del monto total	5%		\$10,745.00
GRAN TOTAL (en dolares)				
				\$225,645.00

PRODUCCIÓN ANUAL	10,683,600 pza.
-------------------------	------------------------

Nota: En la figura se representa la inversión detañada y total de implementar la alternativa N°02

La figura 35 se muestra el detalle de inversión de esta alternativa 2, para la implementación de las 7 celdas flexibles que se requieren, para ello la inversión en maquinaria asciende a \$203,300 dólares, inversión en montaje e instalación asciende a \$12,600 dólares y otros gastos que se podrían presentar en el transcurso del proceso en \$10,745 dólares. El monto total de implementar la alternativa 2 asciende a \$225,645 dólares para una producción anual de 10,683,600 piezas.

c) **Alternativa N°03**

Figura 36

Costo de implementación de la alternativa N°03

A. MAQUINARIA				
N°	EQUIPO	CANTIDAD	UNIT. USD	SUBTOTAL USD
1	Impresoras Inkjet	20	\$10,000.00	\$200,000.00
2	Impresoras Zebras	20	\$1,500.00	\$30,000.00
3	Maquina Fijadora para corte y metrado	0	\$25,000.00	\$0.00
4	Fijadora Simple (0) / PLC	20	\$2,500.00	\$50,000.00
5	Software de Trazabilidad	1	\$0.00	\$0.00
6	Coches de traslado	10	\$350.00	\$3,500.00
7	Mesas de Trabajo	20	\$100.00	\$2,000.00
8	Sillas ergonomicas	20	\$150.00	\$3,000.00
			SUBTOTAL	\$288,500.00
B. MONTAJE E INSTALACIÓN				
9	Instalación eléctrica	20	500	\$10,000.00
10	Instalación de RED	20	400	\$8,000.00
			SUBTOTAL	\$18,000.00
C. OTROS E IMPREVISTOS				
	Del monto total	5%		\$15,325.00
GRAN TOTAL (en dolares)				
				\$321,825.00

PRODUCCIÓN ANUAL	10,647,900 pza.
-------------------------	------------------------

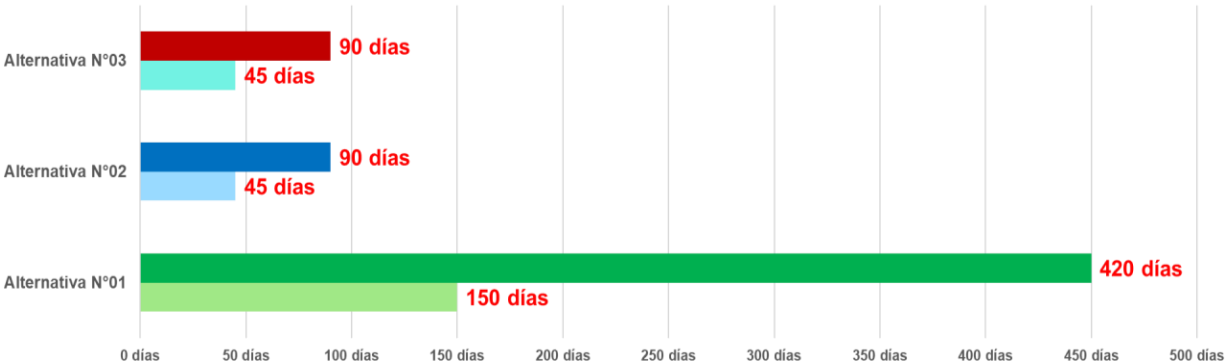
Nota: En la figura se representa la inversión detañada y total de implementar la alternativa N°03

La figura 36 se muestra el detalle de inversión de esta alternativa 3, para la implementación de las 20 celdas flexibles que se requieren, para ello la inversión en maquinaria asciende a \$288,500 dólares, inversión en montaje e instalación asciende a \$18,000 dólares y otros gastos que se podrían presentar en el transcurso del proceso en \$15,325 dólares. El monto total de implementar la alternativa 3 asciende a \$321,825 dólares para una producción anual de 10,647,800 piezas.

Con la información de inversión de cada una de las alternativas para implementar, la alternativa a corto plazo era la implementación en la planta de Carmex de una celda flexible, por lo cual se estableció el siguiente cronograma de implementación de cada una de las alternativas como se muestra en la figura 37:

Figura 37

Comparativo de propuesta del tiempo de implementación



Nota: En la figura se muestra el el tiempo de implementación (días) de las diferentes alternativas.

3.6.4.11 Selección de alternativa de implementación de celdas flexibles

Para la selección de la alternativa, se consideraron los criterios de productividad, personas, inversión y cronograma de implementación con su respectivo peso (%) como se muestra en la tabla 4. La tabla de ponderación se realizó en conjunto con el equipo de producción, procesos y proyectos para seleccionar la mejor alternativa, que en este caso es la alternativa 2 con un valor de 3.75, muy cercano a la alternativa 3 con un valor de 3.7.

Tabla 4*Ponderación de selección de alternativa de celda flexible*

VARIABLE	%	Alternativa N°01		Alternativa N°02		Alternativa N°03	
		Valor	Ponderado	Valor	Ponderado	Valor	Ponderado
Productividad	30%	4	1.2	3.5	4	4	1.2
Personas	20%	3	1.6	2.5	3	3	0.6
Inversión	30%	1	0.3	4	3		0.9
Tiempo	20%	1	0.2	5	5	1	1
		2.3		3.75		3.7	

Nota: La tabla muestra la selección de la alternativas a trabajar, mediante la ponderación.

3.6.4.12 Implementación de la alternativa seleccionada de la celda flexible

Esta parte de la implementación de la alternativa 2 selecciona, primero debemos detallar el equipo y mobiliario que se requiere para la instalación de una celda flexible, luego establecer las dimensiones de cada uno de los componentes y el tamaño (ancho y largo) que tendría la celda, una distribución de las celdas flexibles en todo el espacio de la planta asignado para su implementación.

a) Equipó y Mobiliario

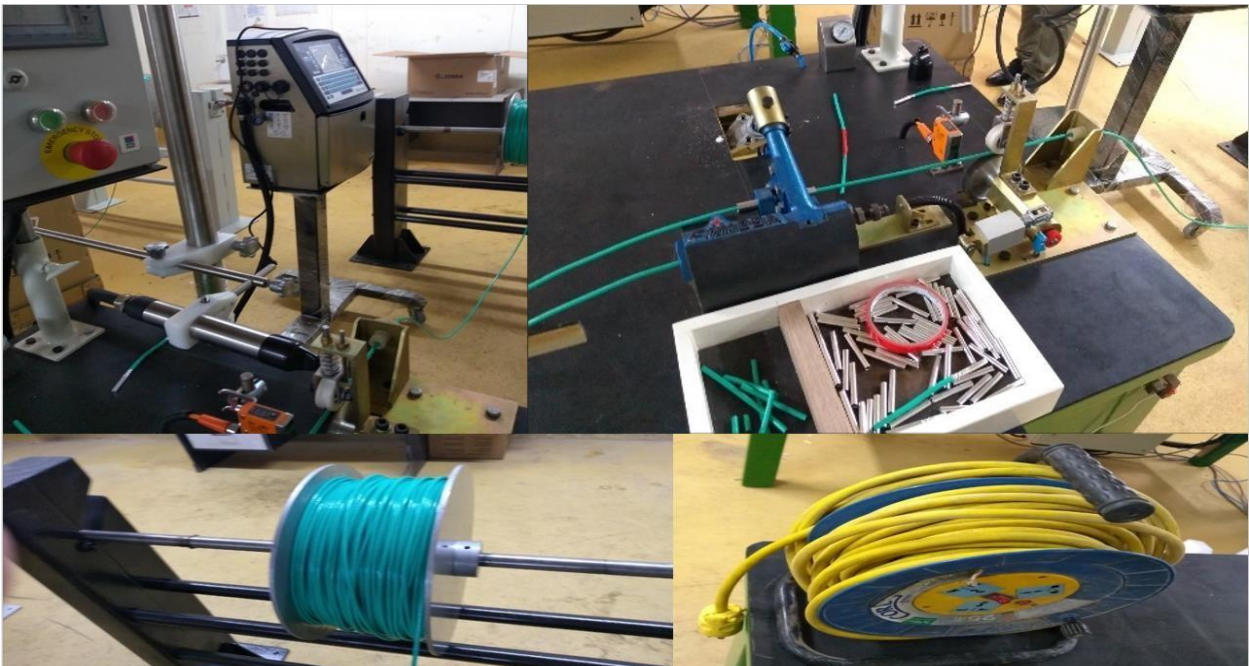
Para la instalación de un módulo de celda flexible en forma de “U”, se requiere los siguientes equipos y mobiliarios

- Impresora inkjet (02 unidades)
- Sensor (02 unidades)
- Mesa de trabajo “impresión tinta” 1m*0.8m (02 unidades)
- Maquinaria para corte y metrado (02 unidades)
- PLC (02 unidades)
- Fijadora simple (02 unidades)
- Mesa de trabajo “fijado” 2.4m*0.8m (02 unidades)

- Mesa de trabajo “conteo” 2m*1m (02 unidades)
- CPU de trazabilidad (02 unidades)
- Monitor de trazabilidad (02 unidades)
- Impresora zebra (02 unidades)
- UPC (02 unidades)
- Estabilizador (02 unidades)
- Mesa de trabajo “trazabilidad” 1m*0.8m
- Coche de traslado
- Software de trazabilidad.

Figura 38

Implementación de maquinaria de la celda flexible



Nota: En la figura se muestra la instalación de la maquinaria de la celda flexible en la planta de Carmex.

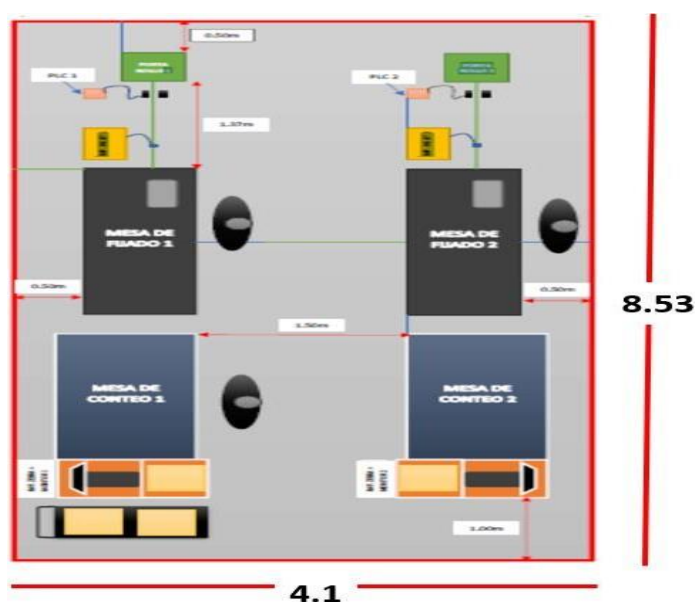
En la figura 38, se muestra la impresora inkjet, sensor, mesa de trabajo de fijado, fijadora simple, máquina para corte y toma ATEX, previo a la instalación del primer módulo en la zona de pruebas del área de proyectos y sistemas.

b) Dimensiones

El módulo en “U” de la celda flexible mide 8.53 metros de largo y 4.1 metros de ancho, adicional a ellos existe distancias internas de mesa a mesa, para la mesa de fijado es de 1.5 metros, la mesa de conteo de 1 metros y la mesa de trazabilidad de 1.2 metros como se muestra en la figura 39:

Figura 39

Dimensiones de la celda flexible seleccionada



Nota: En la figura se muestra las dimensiones generales y detalles de la celda flexible.

Las dimensiones obtenidas en referencia a la inmobiliaria que tiene la celda flexible seleccionada, son las siguientes:

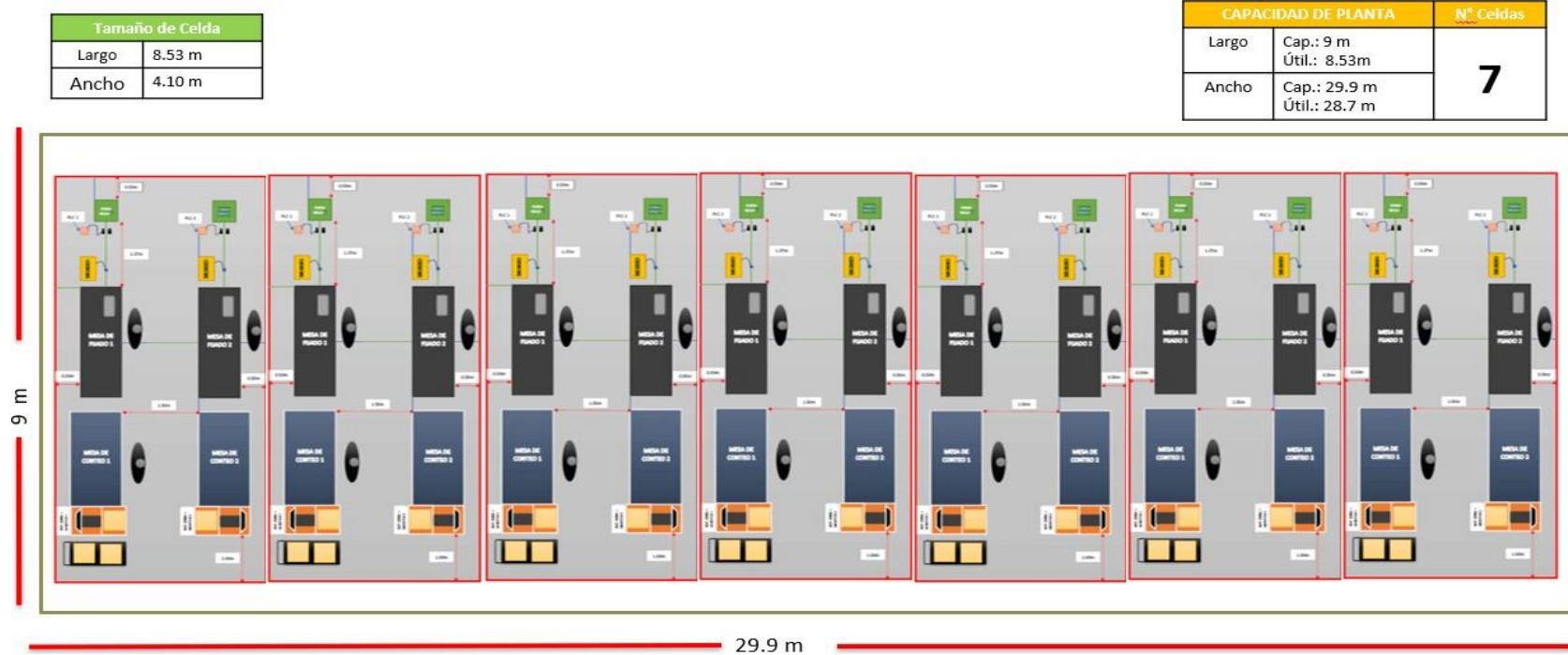
- Mesa de fijado 0.80x2.32 metros
- Mesa de conteo 1.00x2.00 metros
- Portarrollos de mecha 0.45x0.45 metros
- Mueble de cómputo 0.60x0.60 metros
- Coche para trasladado de cajas 0.50x1.10 metros

3.6.4.13 Layout mejorado con celdas flexibles en la zona de embalado - conteo

Para la instalación de las celdas flexibles, se dimensiono la capacidad de planta y se distribuyó las 07 celdas flexibles que se requiere en el espacio de 9 metros de largo y 29.9 metros de ancho como se muestra en la figura 40.

Figura 40

Distribución de las celdas flexibles en la zona de embalado-conteo



Nota: En la a figura se detalla el plano mejorado con las celdas flexibles en la planta de Carmex, en donde se distribuye las 07 celdas flexibles.

El proceso de implementación de las celdas flexibles se desarrolló inicialmente en la zona de pruebas del área de proyectos y sistemas, lo cual se realizaron pruebas pilotos en un módulo armado antes de su implementación en la planta que se realizó progresivamente.

Figura 41

Implementación del módulo de trazabilidad en la planta de Carmex



Nota: En la figura se muestra las dimensiones generales y detalles de la celda flexible.

En la figura 41 se muestra la implementación de la primera celda flexible en la planta de Carmex, la implementación se realizó por parte del equipo de sistemas y el de proyectos, en coordinación con producción e ingeniería de procesos, se inició con un modelo de celdas en la zona de pruebas, que luego fue trasladado a la planta de producción de Carmex para sus pruebas en línea.

Se realizó 4 semanas de prueba de producción en 01 celda flexible, para luego implementar las 06 celdas restantes en toda la planta productiva y realizar el monitoreo y control de la productividad para ver el impacto real de la productividad proyectada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

La implementación de la ingeniería de métodos permitió obtener los siguientes resultados:

- Reducción del tiempo de trabajo para la producción de 37,500 piezas por turno en la etapa de fijado en 10:33 minutos y conteo en 01:00:18 horas los dos meses de prueba en que se cambió el trabajo de forma continua, eliminando traslados innecesarios.

Tabla 5

Variación de tiempos de producción

TIEMPOS PRODUCTIVOS	PROCESO ANTERIOR	PROCESO MEJORADO	DIFERENCIA
FIJADO	06:03:45 Hr	05:53:12 Hr	00:10:13 Hr
CONTEO	05:54:12 Hr	04:53:54 Hr	01:00:18 Hr
EMBALADO	04:02:09 Hr	04:02:09 Hr	00:00:00 Hr

Nota: La tabla muestra la diferencia en tiempos que existe entre el proceso anterior (batch) y el proceso mejorado (flujo continuo) en un turno productivo.

- Se incremento la cantidad de piezas producidas por operario en la zona de conteo, incrementando 1,028 piezas por turno, lo que implica que el personal requerido por turno ya no sea 8 trabajadores; sino 7 trabajadores en la zona de conteo para cumplir con una cuota por turno de 37,500 piezas.

Tabla 6*Disminución de operarios en la etapa de conteo*

TIEMPOS PRODUCTIVOS	PRODUCCIÓN POR OPERARIO	PERSONAL REQUERIDO
PROCESO ANTERIOR	5007 pza.	7.45
PROCESO MEJORADO	6035 pza.	6.21

Nota: La tabla muestra la diferencia a nivel de producción y personal requerido en la etapa de conteo en el proceso anterior y el mejorado.

- Se mejoro la productividad de horas hombre del proceso anterior al actual de 174 a 182 piezas por horas hombre, esto debido a que se redujo los traslados que existían entre la etapa de fijado a la del conteo, que en promedio era una distancia de 19 metros; adicional a ello se reflejó en los descansos de los operarios que, debido al tiempo optimizado de traslados, permitió mayores pausas dentro del turno.

Tabla 7*Productividad de piezas por horas – hombre*

TIEMPOS PRODUCTIVOS	PROCESO ANTERIOR	PROCESO MEJORADO
Piezas Producidas	37500	37800
Nº Operarios	27	26
Día Laborables	25	25
Turnos	1	1
Horas de Trabajo	8	8
Horas Efectivas	5.25	5.25
PRODUCTIVIDAD	174 pza./ h - H	182 pza./ h - H

Nota: La tabla muestra la el detalle de la productividad del proceso anterior y el mejorado, considerando las piezas producidas y el total de operarios por turno.

- Se mejoro el flujo productivo en las etapas de fijado – conteo – embalado, de un proceso batch a un proceso continuo.

La implementación de las celdas flexibles permitió obtener los siguientes resultados:

- En relación a la propuesta de implementar trazabilidad al proceso productivo, lo que implicaba añadir dos etapas más al proceso productivo que son el etiquetado y testeo, lo que impactaba en 1,918 segundos adicionales por cada 300 piezas producidas, esto se ve reflejado en el incremento de 27 a 37 trabajadores que se requerían para implementar ello, con ello la productividad se reduciría de 174 pza./h-H a 122 pza./h-H; pero gracias a la implementación de las celdas flexibles se logró incrementar la productividad en 185 pza./h-H.

Tabla 8

Incremento de personal operativo en etiquetado - testeo

PUESTO	PROCESO ANTERIOR	PROCESO TRAZABILIDAD
I. Fijador	15	15
II. Etiquetar	-	6
III. Conteo	9	9
V. Testeo	-	4
VI. Embalado	2	2
TOTAL # TRABAJADORES	27	37

Nota: La tabla muestra el incremento de operarios implementando la trazabilidad, en comparación del proceso tradicional que no cuenta con las etapas de etiquetado y testeo.

- Con respecto al resultado obtenido en la tabla 07, no se realizó la inversión por \$55,800 dólares correspondientes al costo anual de personal para la implementación de trazabilidad que incluye adicionalmente la etapa de etiquetado y testeo.
- Se incremento la productividad luego de la implementación de las celdas flexibles en la planta de Carmex, lo cual se realizó observaciones durante 8 semanas obteniendo en promedio una productividad de 187 pza./h-H que fue creciente durante las semanas hasta llegar a una productividad pico promedio en la semana 08 de 191 pza./h-H.

Tabla 9*Indicador de productividad semanal*

ETAPA	Obs. Sem.#01	Obs. Sem.#02	Obs. Sem.#03	Obs. Sem.#04	Obs. Sem.#05	Obs. Sem.#06	Obs. Sem.#07	Obs. Sem.#08
I. Fijado/ Impresión	7.43	8.72	7.80	6.80	6.93	6.53	6.85	6.72
II. Conteo	6.8	6.2	6.5	5.57	6.32	5.92	5.51	5.6
III. Testeo/Embalado	1.56	1.85	1.6	1.73	1.81	1.6	1.78	1.45
Tiempo de Ciclo	15.79	16.77	15.90	14.10	15.06	14.05	14.14	13.77
Piezas Producidas	35,612	34,944	35,712	36,096	35,904	36,288	36,192	36,672
	185.5	182	186	188	187	189	188.5	191
Productividad	pza/h-H	pza/h-H	pza/h-H	pza/h-H	pza/h-H	pza/h-H	pza/h-H	pza/h-H

Nota: La tabla muestra el tiempo de ciclo por una pieza (seg.), piezas producidas y la productividad.

- Luego de la implementación de las 07 celdas flexibles dentro de planta, al inicio se percibió un clima de descontento por los trabajadores; pero luego de la 4ta semana de trabajo y las capacitaciones realizadas por el equipo técnico, se percibió un clima de satisfacción por la nueva forma de trabajo que implicaba una mejor calidad laboral, reducción de esfuerzo laboral y mayor ergonomía en los trabajadores.

4.2 Discusión

- En el trabajo realizado se pudo comprobar que la forma productiva se realizaba bajo el modelo batch and queue, el cual era un modelo no adecuado para la forma de producción que manejaban, debido a las diferentes medidas que se tenían y los lotes pequeños que manejaban por cada una de las 15 fijadoras que se encontraban. En este sentido, Cuatrecasas (2017) menciona que esta forma de trabajo se realiza cuando se tienen máquinas de gran capacidad y con mayor nivel de automatización y personal experto en el trabajo a realizar. Caso contrario es lo que se encontró en la figura 12, en donde no se tiene máquinas automatizadas y de producción de grandes volúmenes.
- García (2005) menciona que el objetivo del diagrama de proceso de operaciones es tener claro las actividades del proceso, detallar cada etapa del proceso que nos permitirá reducir las demoras que puedan ocurrir. En la figura 14 se muestra el detalle del tipo de operación que se realiza, nos otorga un resumen previo del análisis de

tiempos y distancias de la figura 18 y los tiempos no efectivos de la figura 19, lo que demuestra la importancia de obtener las principales causas que están generando la baja productividad.

- El trabajo realizado demostró que 62 minutos correspondían a la actividad de traslado de las piezas de Carmex de la mesa de fijado a la mesa de conteo, lo que implicaba un 12.9% del tiempo total figura 19. Esto se debe a la deficiente distribución que tenía la planta antes de la implementación de las celdas flexibles y corresponde a movimientos innecesarios. Madariaga (2017) realiza énfasis en el que un layout mal diseñado ocasionara un exceso de movimiento, producción en batch e inventario innecesario.
- Con la información recopilada en la toma de tiempos, se tuvo como resultado que en un turno laboral la producción máxima en la etapa de fijado es 37,800 piezas, conteo 40,058 piezas y embalado 50,526 piezas; por ende, el cuello de botella se encuentra en la etapa de fijado en donde se debe apuntar a buscar las mejoras en esa etapa para poder incrementar la productividad. En este sentido, Goldratt (2014), sostiene que primero debemos identificar los cuellos de botella, utilizar el máximo de rendimiento de los cuellos de botella, dar seguimiento a los puntos anteriores, incrementar los cuellos de botella y si encaso algún paso no es el correcto, regresar nuevamente a la identificación.
- El objetivo de este trabajo, es el incremento de la productividad mediante la ingeniería de métodos y la implementación del trabajo en celdas flexibles. Esto implica al incremento de productividad inicial propuesto de 185 piezas por hora/hombre, que se logró utilizando un modelo de celdas flexibles y nueva asignación de tareas a los puestos de trabajo. Lo que menciona Cuatrecasas (2017) que la productividad de un operario se incrementada a la para que la producción, para ello se necesita personal especializado con formación polivalente en las celdas flexibles.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis realizado permitió determinar cuáles fueron las principales causas que estaban generando la baja productividad, y que mediante el uso de la ingeniería de métodos y la implementación de las celdas flexibles se logró incrementar la productividad.
2. Se identificó 12 principales causas que estaban generando baja productividad en el proceso productivo, dentro de las cuales el 60% de estas se encontraba en la limpieza de pinzas, preparación de zona de trabajo de conteo, recojo de fulminante y conectores y recojo de piezas de Carmex para la zona de conteo; este último representaba el 62 minuto (32% del total de tiempos no productivos) y era el principal causante de la baja productividad.
3. La ingeniería de métodos permitió que, mediante la observación, toma de tiempos, diagrama de procesos, redistribución de layout de planta, se logre incrementar la productividad; sobre todo realizando una nueva forma de trabajo que disminuía los traslados que era uno de las principales causas de la baja productividad.
4. La implementación de las 07 celdas flexibles se basa en el estudio previo de ingeniería de métodos realizado, en donde se demostró que el incremento de la productividad en 185 piezas por hora/hombre, es debido a la eliminación de traslados innecesarios entre la etapa de fijado, conteo y embalado, y la distribución en línea del proceso, que permitía un flujo continuo y cambio rápido en caso se cambiaba de medida la producción; adicional a ello tener en cuenta que se añadió las etapas de impresión y testeo, que no impacto en el incremento de la productividad.

VI. RECOMENDACIONES

1. Seguir con la implementación de técnicas de mejoras que ayuden a incrementar la productividad, considerando iniciativas del equipo técnico, operativo y gerencial que estén orientados a maximizar el beneficio de la organización.
2. Realizar el seguimiento de los indicadores de productividad de la planta diario, semanal y mensual, con la finalidad de tener monitoreado la estabilidad y crecimiento de la productividad de la planta, y ante cualquier anomalía que pueda suceder que impacta en la productividad negativamente, tomar las acciones correspondientes.
3. Capacitación al personal operativo sobre el uso de herramientas de ingeniería de métodos, sensibilización sobre la importancia de buscar las mejores formas de producción, la importancia de su rol en la productividad; con la finalidad de que el trabajador este apto para que autónomamente pueda solucionar problemas que se presenten y buscar nuevas mejoras con las diferentes herramientas de ingeniería de métodos que existe.
4. Buscar replicar el modelo de celdas flexibles en las demás plantas a nivel nacional, con la finalidad de buscar un proceso optimo y esbelto, que permita el incremento de la productividad; considerando buscar iniciativas del mismo personal operativo de otras plantas si las celdas flexibles mejoran la productividad y el bienestar laboral de los trabajadores.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, F. (2007). *Ingeniería de Métodos. Globalización: Técnicas para el Manejo Eficiente de Recursos en Organizaciones Fabriles, de Servicios y Hospitalarias*. Premio universidad de Guayaquil.
- Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca G. C., Gutiérrez. J., Pacheco, A., Rivera, A., Rivera, I. y Obregón, M. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Patria.
- Cabrera, J. (2014) *Optimización de variables de proceso para la reducción del tiempo de reproceso en el reactor tipo Batch, en la manufactura de adhesivos PU por medio de diseño experimental MSR*. Para la obtención del título de maestro en ciencia y tecnología en la especialidad de ingeniería industrial y manufactura, Guanajuato, México: Centro de innovación aplicada a tecnologías competitivas.
<https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1019/111>
- Calvache, G. (2018) *Incremento de la productividad basado en un modelo de gestión por procesos en la empresa Poliacrilart*. Para la obtención del título de maestro en ingeniería industrial y productividad. Escuela Politécnica Nacional.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19737>
- Céspedes, N., Lavado, P. y Ramírez, N. (2016). *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias*. Universidad del Pacifico.

Cervera, E. (2017) *Estudio de la organización del trabajo en la UEB Producciones Especiales de la EPPA VC*. Para la obtención del título de master en ingeniería industrial con mención en recursos humanos Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de las villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/10922>

Cruelles, J. (2012). *Mejora de métodos y tiempo de fabricación*. Marcombo.

Cuatrecasas, L. (2017). *Ingeniería de proceso y de planta. Ingeniería Lean*. Profit.

Famesa Explosivos. (2016). Producto Carmex.

<http://www.famesa.com.pe/productos/sistemas-de-iniciacion/carmex/>

García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. McGraw Hill.

Goldratt, E. y Cox, J. (2014). *La meta*. Granica.

Godoy, R. (2019) *Diseño y redistribución de planta para aumentar la productividad en la microempresa de calzados Rossel*. Para la obtención del título de maestro en ingeniería industrial con mención en gerencia de la calidad y productividad. Universidad Nacional del Callao (UNC). <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4478>

Guaraca, S. (2015) *Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices EGAR S.A.* Para la obtención del título de magister en ingeniería industrial y productividad. Escuela Politécnica Nacional.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9118>

Gutiérrez, H. (2014). *Calidad Total y Productividad*. McGraw-Hill.

Hernández, R y Mendoza, C. (2014) *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Hurtado, O. (2019) *Mejoramiento continuo y la productividad de una empresa privada 2018*. Para la obtención del título de maestro en administración. Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV). <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3635>

Jananía, A. (2008). *Manual de Tiempos y Movimientos: Ingeniería de Métodos*. México: Limusa.

Japan Management Association (2015). *Kanban y Just in Time en Toyota*. TGP Hoshin. S.L.

López, R. (2019). *El Sistema de calidad 5 S*. Sin Editorial.

Maradiaga, F. (2017). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok.

Niebel, B. (2014). *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill.

Quinto, J. (2019) *Aplicación del estudio de tiempos y su relación con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmecánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada – 2018*. Para la obtención del título de maestro en ingeniería industrial con mención en gerencia de la calidad y productividad, Lima, Perú: Universidad Nacional del Callao (UNC).

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4240>

Palacios, L. (2016). *Ingeniería de Métodos, movimientos y tiempos*. Ecoe Ediciones.

Pérez, C. (2019) *Calidad y productividad y su influencia en la competitividad del sector agroindustrial en el departamento lima*. Para la obtención del título académico de maestro en ingeniería industrial con mención en gerencia de la calidad y productividad, Lima, Perú: Universidad Nacional del Callao (UNC).

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3870>

Portugal, A., Huertas, J. y Contreras, N. (2018) *Implementación de Herramientas Lean Manufacturing. Para mejorar productividad en Planta de Producción de Galletas*.

Para la obtención del título de maestro en dirección de operaciones y logística, Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625600>

Rajadell, M y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.




Santos, J., Wysk, R. y Torres, J. (2010). *Mejorando la producción lean thinking*. Pirámide.

Tacuri, M. (2019). *Propuesta para el incremento de la productividad en los procesos de elaboración de terno jean en la empresa jb worker mediante la estandarización de tiempos de operación, Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19986>

Universidad Nacional Agraria La Molina. (2022). Taller: Preparación del proyecto del trabajo de suficiencia profesional y desarrollo, redacción del trabajo de suficiencia profesional. <https://ndiplomados.lamolina.edu.pe/course/view.php?id=12/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Comparación de Carmex de empresas

					
Tamaño	Carmex 2.1 // Carmex 2.4 // Carmex 2.7				
Definición	<ul style="list-style-type: none"> • Un fulminante simple N° 8. • Un tramo de mecha de seguridad con una cobertura plástica reforzada. • Un conector de ignición con un collar plástico incorporado. 				
Nombre Comercial	CARMEX	DETONADOR ENSAMBLADO	RIOCAP FCN	MANTO PIN	DETONADOR COMPUESTO
Imagen			-	-	-
Trazabilidad pza*pza	NO	NO	-	-	-
Estado Productivo	Activo	Activo	No se Produce	No se Produce desde 2014	Sin Información
Capacidad en Caja	<ul style="list-style-type: none"> • 300 pza. – 2.1 m • 300 pza. – 2.4 m • 250 pza. – 2.7 m 	<ul style="list-style-type: none"> • 350 pzas. – 2.1 m • 350 pza. – 2.4 m • 300 pza. – 2.7 m 	-	-	-

Anexo 2: Ficha técnica de Carmex



SISTEMAS DE INICIACIÓN

CARMEX®

DETONADOR ENSAMBLADO

Descripción y composición

El CARMEX® ha sido concebido y desarrollado como un seguro y eficiente sistema de iniciación para efectuar voladuras convencionales.

El CARMEX® está compuesto por los siguientes componentes: un Fulminante Común Nº 8, un tramo de Mecha de Seguridad, un Conector para Mecha Rápida y un Block de sujeción, que viene a ser un seguro de plástico, cuya función es asegurar la Mecha Rápida al Conector para Mecha Rápida.

El CARMEX® es ensamblado por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas, garantizando con ello la hermeticidad del Fulminante – Mecha de Seguridad – Conector.

NOTA: Existe un tipo de CARMEX® que no lleva Conector para Mecha Rápida ni Block de Sujeción.

Características técnicas

DEL FULMINANTE COMÚN CARMEX®

Diámetro del fulminante (mm)	6,3	Resistencia a la humedad relativa del 100 % por 24 horas	Detona
Longitud del fulminante (mm)	45	Resistencia al impacto 2 kg/1m	No Detona
Prueba de esopo, diámetro de perforación (mm)	Min. 9,0	Sensibilidad a la chispa de la mecha de seguridad	Buena
Volumen trauzl (cm³)	Min. 23		

DE LA MECHA DE SEGURIDAD CARMEX®

Color de recubrimiento plástico	Verde
Núcleo de pólvora (g/m)	6,1 ± 0,7
Tiempo de combustión a.n.m. (s/m)	180 ± 10
Diámetro externo (mm)	5,2 ± 0,2

DEL CONECTOR CARMEX®

Diámetro del conector (mm)	6,3
Longitud del conector (mm)	45
Ancho de la ranura (mm)	2,3 ± 0,3
Carga de material pirotécnico (g)	0,5 ± 0,1
Altura de carga (mm)	11,0 ± 3,0

DEL BLOCK DE SUJECIÓN CARMEX®

Diámetro del block de sujeción (mm)	10 ± 0,3
Longitud total (mm)	14 ± 0,2
Color del block de sujeción	Anaranjado
Material	Plástico

Presentación

Embalaje 1.1B	Material de caja	Capacidad de caja (pza)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
CARMEX® 2,10 m (7 pies)	Cartón	300	15,6	17,5	44,5 x 38,0 x 39,0
CARMEX® 2,40 m (8 pies)	Cartón	300	17,7	19,5	44,5 x 38,0 x 39,0
CARMEX® 2,70 m (9 pies)	Cartón	250	16,3	18,2	44,5 x 38,0 x 39,0

Embalaje 1.4S	Material de caja	Capacidad de caja (pza)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
CARMEX® 1,00 m	Cartón	100	2,82	5,92	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 2,00 m	Cartón	50	2,59	5,43	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 3,00 m	Cartón	50	3,62	6,46	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 4,00 m	Cartón	50	5,03	7,88	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 5,00 m	Cartón	50	6,21	9,05	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 1,00 m (sin conector)	Cartón	100	2,67	5,74	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 2,00 m (sin conector)	Cartón	50	2,51	5,34	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 3,00 m (sin conector)	Cartón	50	3,54	6,37	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 4,00 m (sin conector)	Cartón	50	4,96	7,78	43,0 x 43,0 x 27,0
CARMEX® 5,00 m (sin conector)	Cartón	50	6,14	8,96	43,0 x 43,0 x 27,0

Los pesos netos y brutos son valores aproximados. Otras longitudes se fabrican a pedido.

Transporte

Clase: 1
División: 1.1B
Nº ONU: 0380



Clase: 1
División: 1.4S
Nº ONU: 0500



Anexo 3: Proyección de demanda del Carmex por cliente

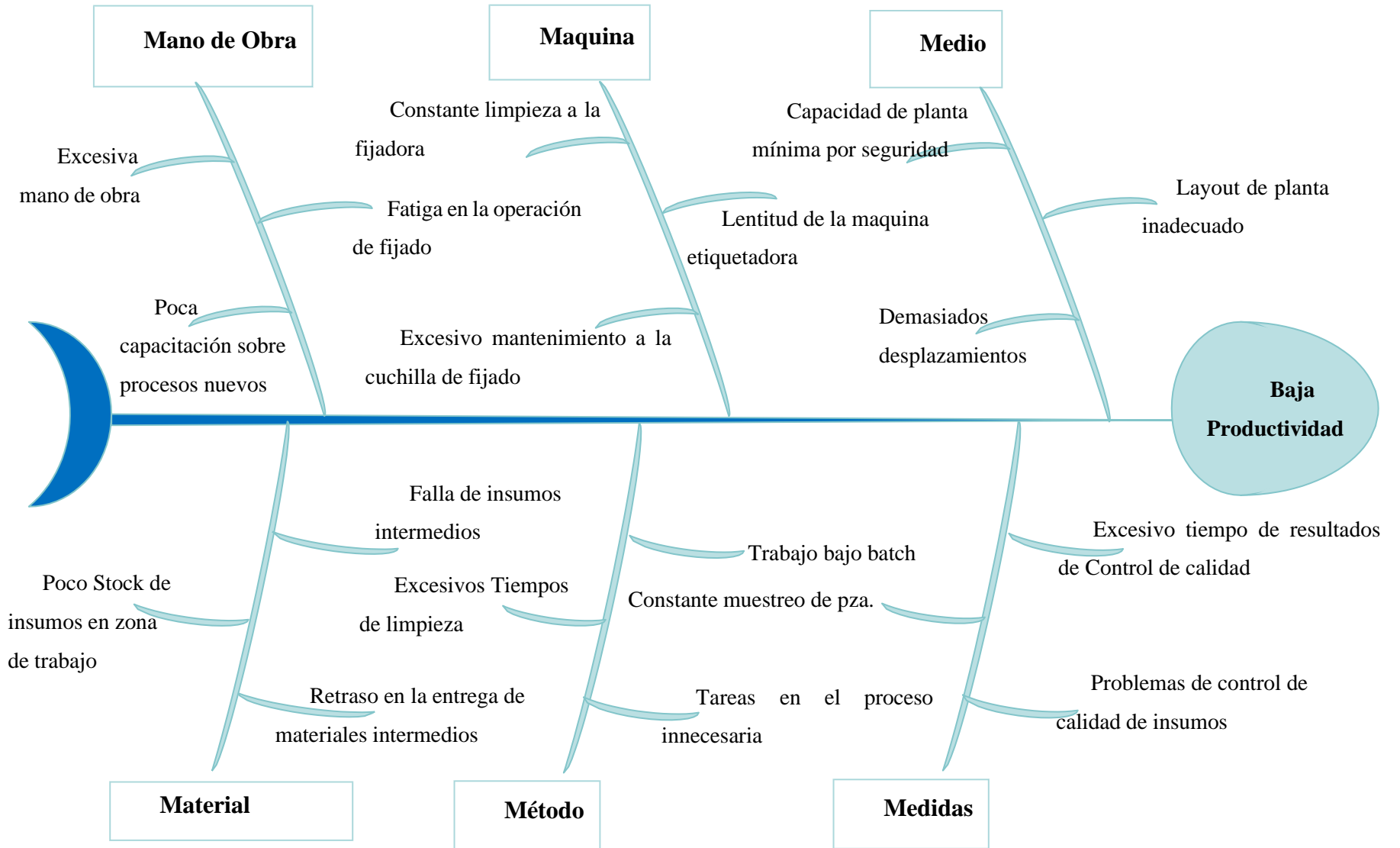
CARMEX TOTAL EXPORTACIONES	Histórico 2018	Histórico + Forecast 2019	Forecast 2020	Forecast 2021	Forecast 2022	Forecast 2023
AUSTIN BACIS, S.A. DE C.V.	400,300	148,150	400,300	475,925	400,300	475,925
CARMAR LIMITADA	54,300	-	-	-	-	-
EXPLOSIVOS Y DEMOLICIONES S.A.	30,000	120,000	90,000	90,000	90,000	90,000
FAMESA EXPLOSIVOS CHILE S.A.	72,000	32,400	-	-	-	-
HEMCO, NICARAGUA S.A.	-	239,200	174,622	174,622	174,622	174,622
HISPANODOMINICANA DE EXPLOSIVOS S.R.L. (HISPADOMEX)	1,950	2,850	1,950	1,950	1,950	1,950
INDUSTRIALES AUSTIN DE COSTA RICA	-	-	-	-	-	-
INTRACHEM (PVT) LTD.	7,055,800	8,524,050	8,717,593	8,596,100	9,025,906	9,025,906
PETRO-EXPLO , INC.	-	262,000	100,000	100,000	100,000	100,000
	7,614,350	9,328,650	9,484,465	9,438,597	9,792,778	9,868,403

CARMEX TOTAL EXPORTACIONES TRAZABILIDAD 1 A 1	Histórico 2018	Histórico + Forecast 2019	Forecast 2020	Forecast 2021	Forecast 2022	Forecast 2023
AUSTIN BACIS, S.A. DE C.V.	400,300	148,150	400,300	475,925	400,300	475,925
EXPLOSIVOS Y DEMOLICIONES S.A.	30,000	120,000	90,000	90,000	90,000	90,000
FAMESA EXPLOSIVOS CHILE S.A.	72,000	32,400	-	-	-	-
HEMCO, NICARAGUA S.A.	-	239,200	174,622	174,622	174,622	174,622
	502,300	539,750	664,922	740,547	664,922	740,547

Anexo 4: Proyección de demanda del Carmex por metraje

METRAJE	2018	2019	2020	2021	2022	2013
0.9	2,419,200	3,655,800	4,235,150	4,086,000	4,290,300	4,290,300
1.0		100,000	40,000	40,000	40,000	40,000
1.2	3,668,000	4,380,000	4,066,800	4,032,000	4,233,600	4,233,600
1.5	1,805,600	1,204,200	1,330,080	1,314,400	1,330,080	1,330,080
1.8	3,110,100	2,917,900	2,074,463	2,151,200	2,147,176	2,147,176
2.0	104,475	134,300	140,475	160,600	140,475	160,600
2.1	5,272,400	5,215,650	3,682,800	3,711,350	3,188,300	3,188,300
2.4	775,200	751,800	791,200	743,000	723,800	723,800
2.5	136,350	360,550	311,272	336,772	311,272	336,772
2.7	159,500	137,850	73,750	73,750	66,250	66,250
3.0	341,975	130,800	328,975	358,975	328,575	358,575
3.6	13,050	7,500	13,050	13,050	13,050	13,050
4.0		32,000	8,000	8,000	8,000	8,000
4.5	4,650	4,650	2,550	1,050	1,050	1,050
6.1	42,000	31,800	0	0	0	0
Total general	17,852,500	19,064,800	17,098,565	17,030,147	16,821,928	16,897,553
Metrajes top 5	16,275,300	17,373,550	15,389,293	15,294,950	15,189,456	15,189,456
	91%	91%	90%	90%	90%	90%

Anexo 5: Diagrama de Ishikawa del bajo rendimiento



Anexo 6: Impacto en el efecto del bajo rendimiento

Exceso de Mano de Obra
Fatiga en la operación de fijado
Poco stock de insumos en zona de trabajo
Poca capacitación sobre procesos nuevos
Falla de insumos intermedios
Retraso en la entrega de materiales intermedios
Constante limpieza a la fijadora
Lentitud de la maquina etiquetadora
Excesivo mantenimiento a la cuchilla de fijado
Capacidad de planta mínima por seguridad
Layout de planta inadecuado
Demasiados desplazamientos
Excesivos Tiempos de limpieza
Trabajo bajo batch
Tareas en el proceso innecesaria
Constante muestreo de pza.
Excesivo tiempo de Control de calidad
Problemas de control de calidad de insumos

Anexo 7: Alternativas de solución de baja productividad

Causas del Problema	Alternativas de Solución
Exceso de Mano de Obra	Balanceo de Línea
Layout de planta inadecuado	Redistribución de planta
Demasiados desplazamientos	Reducción de recorridos
Excesivos Tiempos de limpieza	Identificar el tiempo óptimo de limpieza
Excesivo tiempo de Control de calidad	Control de calidad en proceso

Anexo 8: Coeficiente global de rendimiento

COEFICIENTE GLOBAL DE RENDIMIENTO						
		Coeficiente de productividad laboral				
		100%	95%	90%	85%	80%
Coeficiente de rendimiento de maquina	100%	100%	95%	90%	85%	80%
	95%	95%	90%	86%	81%	76%
	90%	90%	86%	81%	77%	72%
	85%	85%	81%	77%	72%	68%
	80%	80%	76%	72%	68%	64%

Anexo 9: Elaboración de Value Stream Mapping detallado

Etapa de Fijado:

Número de Operarios /maquinas = 15

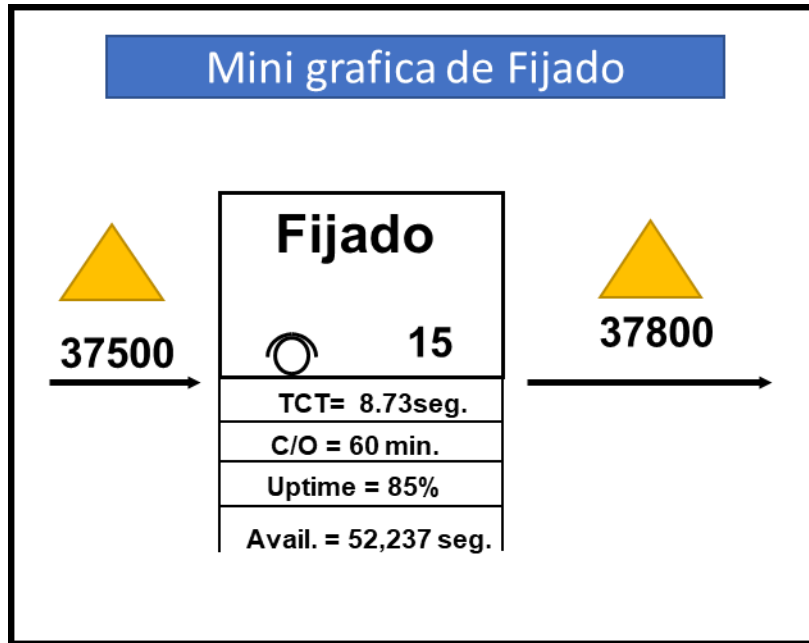
Conmutación entre modelos = 3600 seg.

Tiempo inactivo = 15% del turno

Tiempo disponible máquina / turno = 52,237seg.

WIP = 37,800 pza.

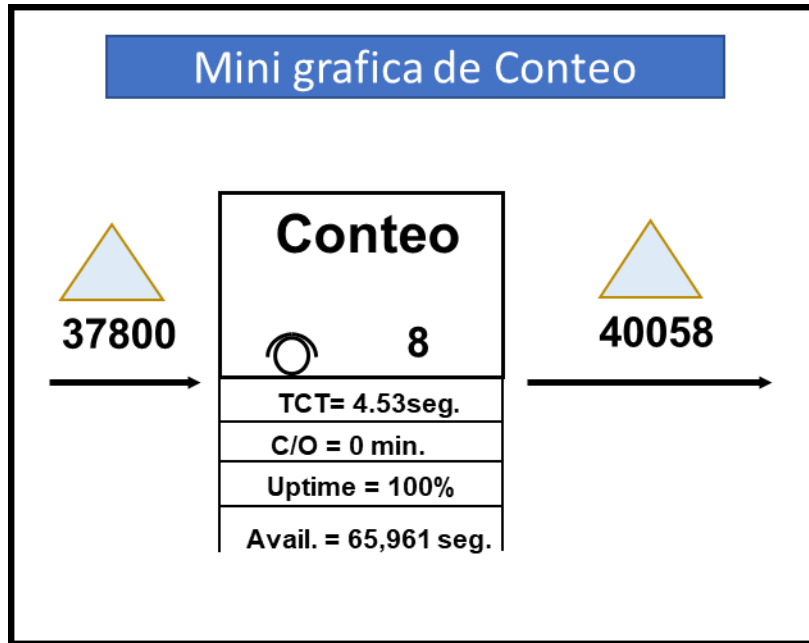
Tiempo de ciclo del Operario= 8.73 seg



Cálculo para la acción de "Lead Time " del proceso de Fijado	
$\text{Producción diaria} = \frac{(\text{Tiempo Efectivo}) \cdot \text{N}^\circ \text{ máquinas}}{\text{Tiempo de Ciclo de la máquina}}$	$\text{Lead Time WIP} = \frac{(\text{WIP})}{\text{producción x min}}$
$\text{Producción diaria} = \frac{(52237 \text{ seg}) \cdot 15 \text{ Operarios}}{8.73 \text{ seg}}$	$\text{Lead Time WIP} = \frac{(37800 \text{ pza})}{60.33 \text{ pza/min}}$
$\text{Producción diaria} = 89,754 \text{ pza/día}$	$\text{Lead Time WIP} = 626.5 \text{ min}$

Etapa de Conteo:

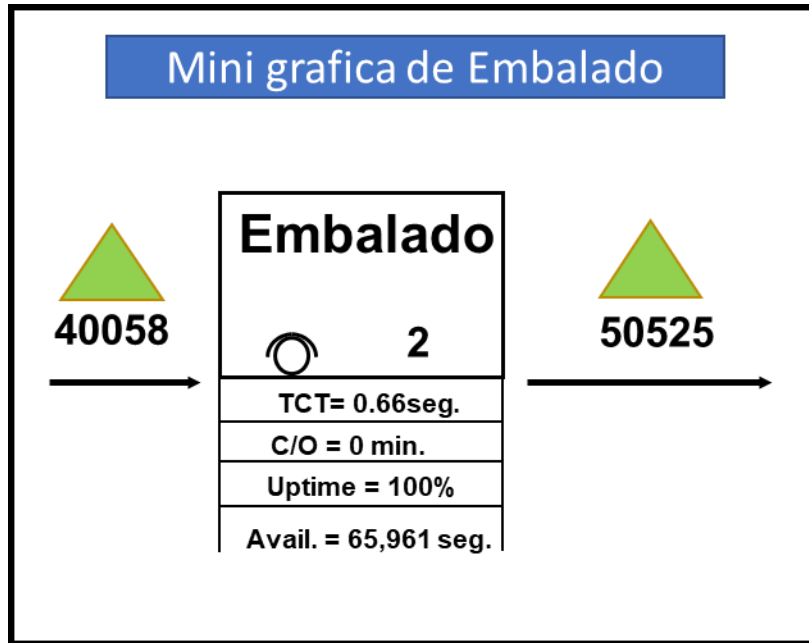
- Número de Operarios = 8
- Conmutación entre modelos = 0 seg.
- Tiempo inactivo = 0% del turno
- Tiempo disponible máquina / turno = 65, 691 seg.
- WIP = 40,058 pza.
- Tiempo de ciclo del Operario= 4.53 seg



Cálculo para la acción de "Lead Time " del proceso de Conteo	
Producción diaria= $\frac{(\text{Tempo Efectivo}) \cdot \text{N}^\circ \text{ máquinas}}{\text{Tiempo de Ciclo de la máquina}}$	Lead Time WIP = $\frac{(\text{WIP})}{\text{producción x min}}$
Producción diaria = $\frac{(65961\text{seg}) \cdot 8 \text{ Operarios}}{4.53 \text{ seg}}$	Lead Time WIP = $\frac{(40058 \text{ pza})}{80.89 \text{ pza/min}}$
Producción diaria = 116,487 pza/día	Lead Time WIP = 495.2 min

Etapa de Embalado:

- Número de Operarios = 2
- Conmutación entre modelos = 0 seg.
- Tiempo inactivo = 0% del turno
- Tiempo disponible máquina / turno = 65, 691 seg.
- WIP = 50,525 pza.
- Tiempo de ciclo del Operario= 0.66 seg



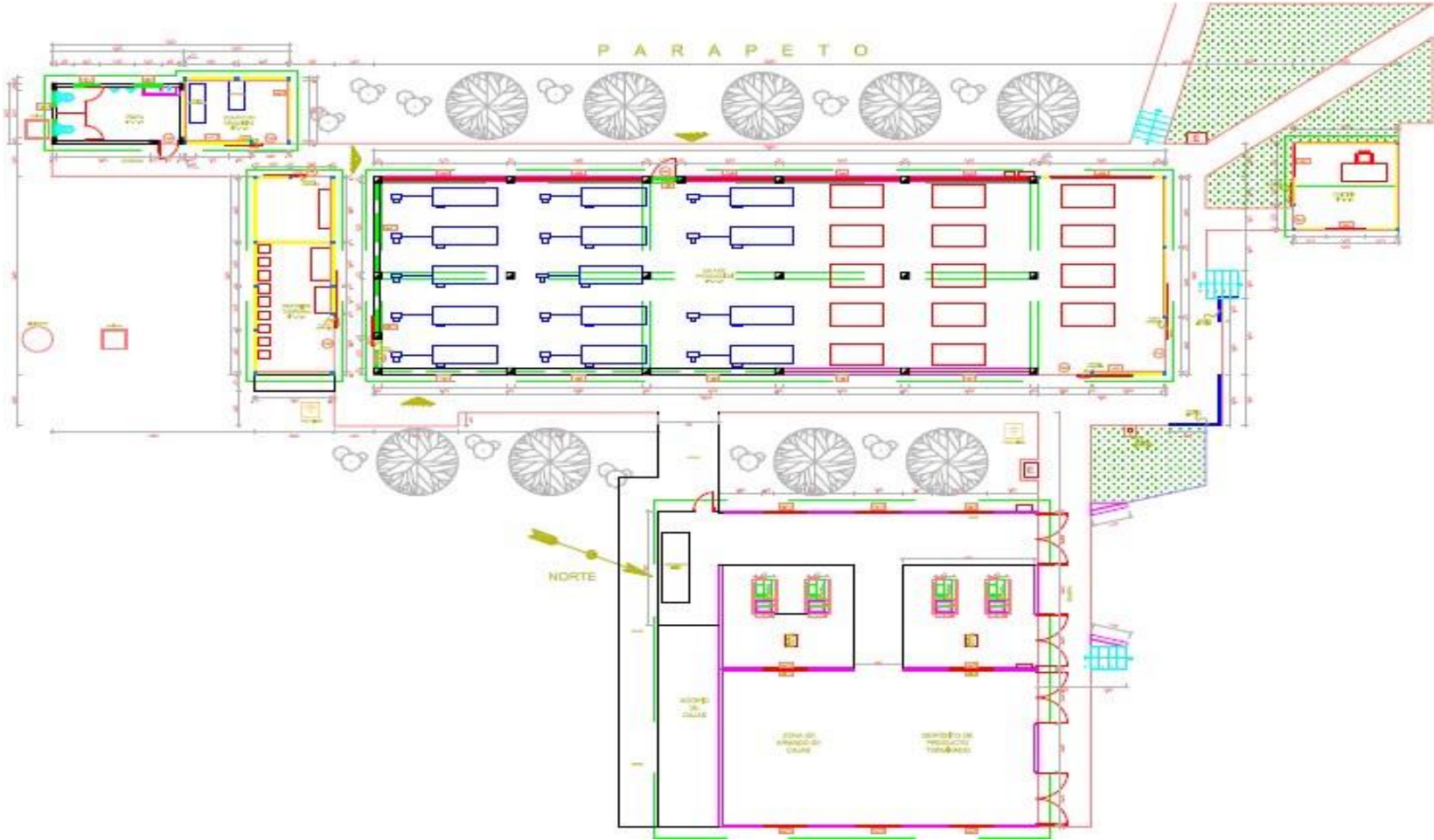
Cálculo para la acción de "Lead Time " del proceso de Embalado

Producción diaria = $\frac{(\text{Tempo Efectivo}) \times \text{N}^\circ \text{ máquinas}}{\text{Tiempo de Ciclo de la máquina}}$	Lead Time WIP = $\frac{(\text{WIP})}{\text{producción} \times \text{min}}$
Producción diaria = $\frac{(65961 \text{seg}) \times 2 \text{ Operarios}}{0.66 \text{ seg}}$	Lead Time WIP = $\frac{(50525 \text{pza})}{138.8 \text{ pza/min}}$
Producción diaria = 199,882 pza/día	Lead Time WIP = 364 min

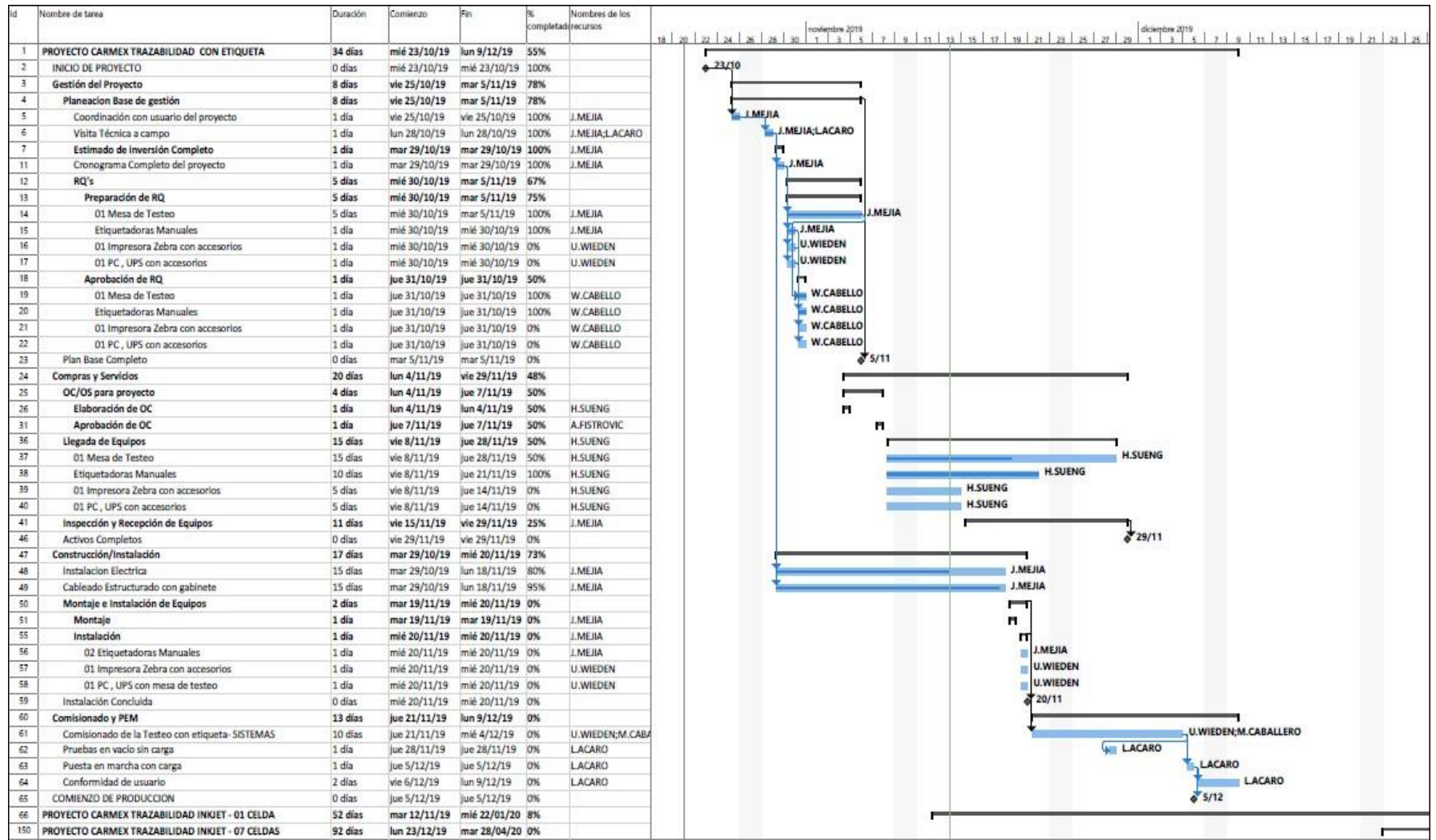
Anexo 10: Etiqueta de pieza de Carmex

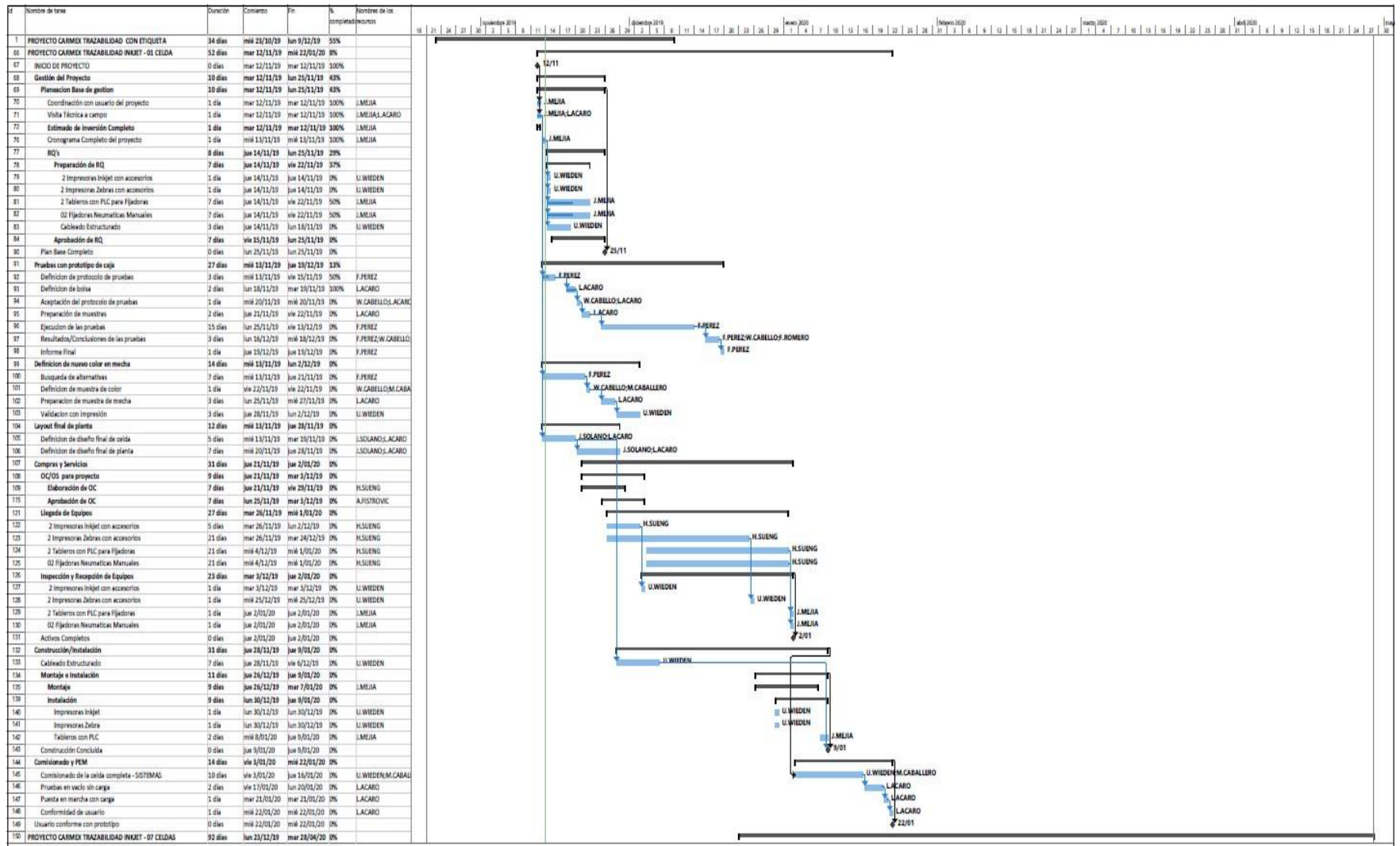


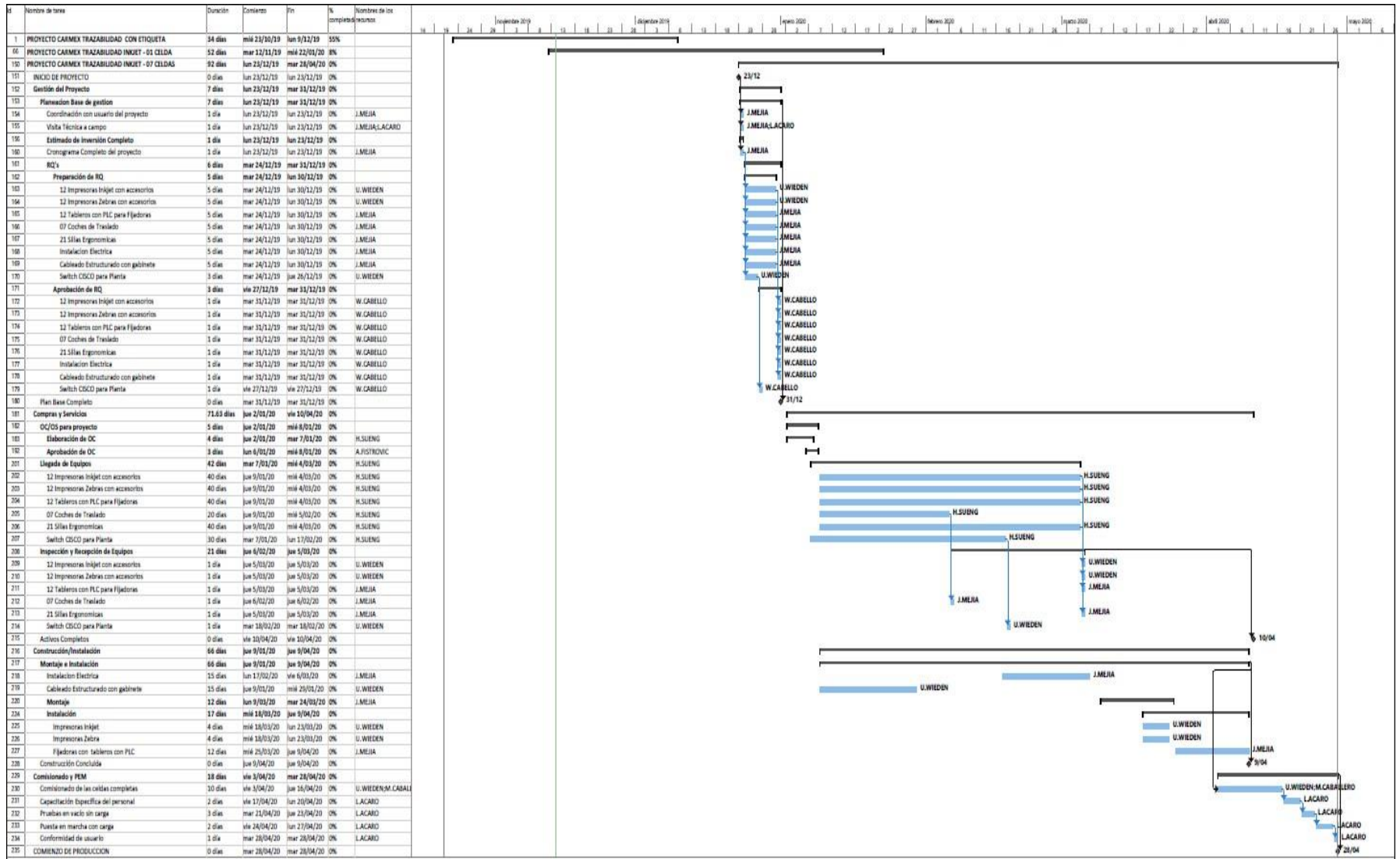
Anexo 11: Plano de ampliación de la planta de Carmex



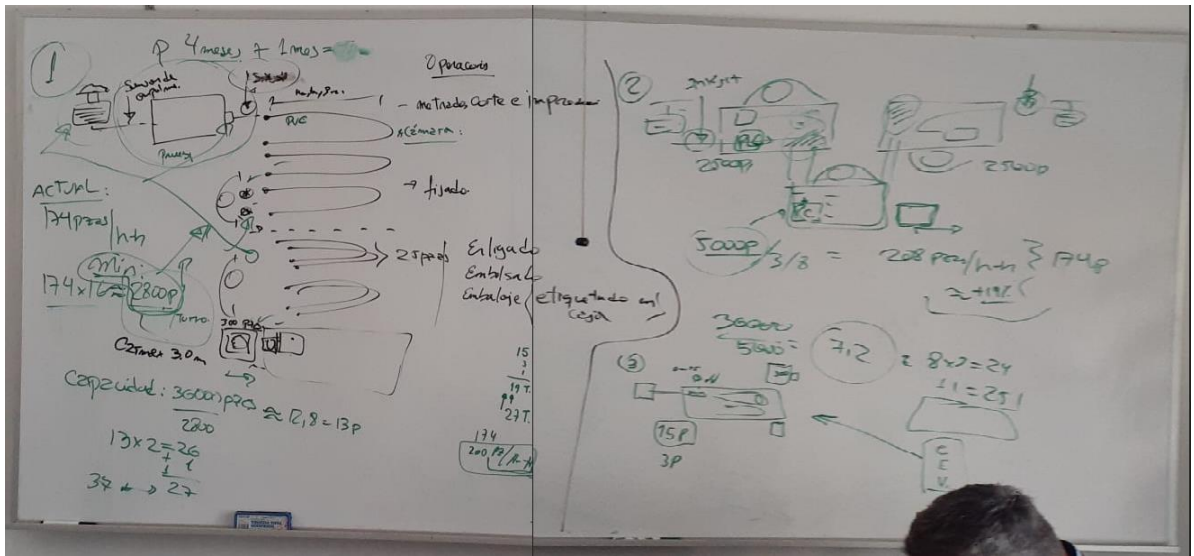
Anexo 12: Cronograma de implementación del proyecto Carmex







Anexo 13: Reunión del proyecto Carmex



Anexo 14: Carmex con etiqueta de trazabilidad

