

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO
DE LUMINARIA 705 EN SYLVANIA COSTA RICA S. A. POR
MEDIO DE LA METODOLOGÍA DMAIC Y ESTUDIO DEL
TRABAJO**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE: NATALIA CASTELLÓN RAMÍREZ

TUTOR: ING. KATHERINE CARVAJAL ÁVILA

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA
AGOSTO, 2025**

CONTENIDO

CONTENIDO	I
TABLAS.....	VI
FIGURAS.....	VII
DEDICATORIA	XI
AGRADECIMIENTOS	XII
EPÍGRAFE	XIII
RESUMEN.....	XIV
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ANTECEDENTES	4
1.4.1 Antecedentes nacionales	4
1.4.2 Antecedentes internacionales	6
1.5 PROYECCIONES.....	8
1.5.1 Alcances	8
1.5.2 Limitaciones	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES	10
2.1.1 Metodología DMAIC.....	10
2.1.2 Project charter.....	11
2.1.3 Diagrama de flujo	13
2.1.4 Análisis FODA.....	14
2.1.5 Matriz FODA	16
2.1.6 Diagrama SIPOC	17
2.1.7 Diagrama de PESTEL.....	18
2.1.8 Análisis de stakeholders	19

2.1.9	Árbol de CTQ	20
2.1.10	Análisis de datos	21
2.1.11	Gráfico de barras	23
2.1.12	Gráfico circular	24
2.1.13	Encuesta	25
2.1.14	Diagrama de recorrido	26
2.1.15	Estudio del trabajo	27
2.1.16	Estudio del tiempo.....	28
2.1.17	Estudio de métodos	29
2.1.18	Cursograma analítico	30
2.1.19	Lluvia de ideas	33
2.1.20	Diagrama de Ishikawa.....	34
2.1.21	Multivoto.....	35
2.1.22	Diagrama de Pareto	36
2.1.23	Diagrama de relaciones	37
2.1.24	Manual de procedimientos	38
2.1.25	Metodología 5S	39
2.1.26	KPI	40
2.1.27	Auditoría de procesos	41
2.1.28	Gemba walk	42
2.1.29	Diagrama de Gantt.....	43
2.1.30	ROI (retorno de la inversión).....	44
2.2	IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	45
2.2.1	Visión/misión	45
2.2.2	Antecedentes históricos	46
2.2.3	Ubicación geográfica.....	47
2.2.4	Estructura organizacional.....	48
2.2.5	Cantidad de empleados	50
2.2.6	Tipos de productos.....	50
2.2.7	Mercado de exportación.....	51
2.2.8	Descripción general del proceso productivo	51

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	54
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	57
3.3.1 Sujetos de información.....	58
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS.....	61
3.5 INSTRUMENTOS.....	63
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	63
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
4.1 DEFINIR	66
4.1.1 Diagrama de flujo	66
4.1.2 FODA.....	69
4.1.3 Matriz de FODA	71
4.1.4 Diagrama de SIPOC	74
4.1.5 Diagrama de PESTEL.....	76
4.1.6 Análisis de stakeholders	78
4.2 MEDIR.....	81
4.2.1 Árbol de CTQ	82
4.2.2 Análisis de datos	83
4.2.2.1 Principales defectos identificados en el proceso de ensamblaje	83
4.2.2.2 Comparativo de las unidades aceptadas vs. las unidades rechazadas	85
4.2.2.3 Rendimiento mensual del proceso productivo	86
4.2.2.4 Análisis de defectos en la luminaria 705	86
4.2.2.5 Estudio del costo del reproceso en el ensamblaje	88
4.2.3 Encuesta	90
4.2.4 Diagrama de recorrido	99
4.2.5 Estudio del trabajo	102
4.2.5.1 Estudio preliminar de ensamblaje	102
4.2.5.2 Análisis de la muestra de ensamblaje.....	104
4.2.6 Estudio de tiempos.....	106
4.2.6.1 Tiempo observado en el ensamblaje	107

4.2.6.2 Estudio del tiempo normal en el ensamblaje.....	107
4.2.6.3 Tiempo estándar en el ensamblaje	109
4.2.6.4 Razón de producción en el ensamblaje	112
4.2.7 Estudio de métodos	113
4.2.7.1 Cursograma analítico de ensamblaje.....	113
4.3 ANALIZAR.....	118
4.3.1 Lluvia de ideas	118
4.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	119
4.3.3 Multivoto.....	124
4.3.4 Diagrama de Pareto	125
4.3.5 Diagrama de relaciones	128
CAPÍTULO V. PROPUESTA	131
5.1 MEJORAR.....	132
5.1.1 Rediseño del diagrama de flujo.....	132
5.1.2 Propuesta 2: Manual de Procedimientos para el Ensamble de la Luminaria 705	137
5.1.2.1 Metodología AIDA.....	140
5.1.3 Rediseño del diagrama de recorrido y distribución de la planta	143
5.1.3.1 Comparación de tiempos	147
5.1.3.2 Estudio de métodos	149
5.1.3.2.1 Cursograma analítico de ensamblaje.....	150
5.1.4 Metodología 5S.....	155
5.1.5 Metodología train-motivate-evaluate	158
5.2 CONTROLAR.....	162
5.2.1 Implementación de KPI	162
5.2.2 Auditoría del proceso	163
5.2.3 Gemba walk	166
5.2.4 Auditorías de 5S.....	167
5.2.5 Estrategia de control y sostenibilidad de la metodología train-motivate- evaluate	172
5.2.6 Diagrama de Gantt.....	173

5.2.7 ROI.....	176
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	179
CONCLUSIONES	180
RECOMENDACIONES	184
REFERENCIAS	185
APÉNDICES.....	196
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS	197
APÉNDICE 2: ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA PRODUCCIÓN DE LUMINARIAS	198
APÉNDICE 3: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE ENSAMBLE	201
APÉNDICE 4: TIEMPOS ADICIONALES DE ENSAMBLE	205
APÉNDICE 5: PROCEDIMIENTOS PARA EL ENSAMBLE DE LA LUMINARIA 705	209
APÉNDICE 6: CURSOGRAMA ANALÍTICO CON BANDA TRANSPORTADORA ...	223
APÉNDICE 7: CHECKLIST DE LA AUDITORÍA DE PROCESO.....	226
APÉNDICE 8: CHECKLIST DE LA CAMINATA GEMBA	227
APÉNDICE 9: CHECKLIST DE 5S	228

TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por departamento.....	50
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico.....	61
Tabla 4.1: Matriz del análisis PESTEL	77
Tabla 4.2: Matriz de stakeholders.....	80
Tabla 4.3: Rendimiento de mayo del 2024 a abril del 2025.....	86
Tabla 4.4: Tamaño de la luminaria	88
Tabla 4.5: Costo por reparación del defecto.....	88
Tabla 4.6: Costo por reparación por mes	90
Tabla 4.7: Descripción de la muestra para la encuesta	91
Tabla 4.8: Resumen del estudio de tiempos para el proceso de ensamblaje.....	104
Tabla 4.9: Resumen de los resultados para la verificación de la muestra de ensamblaje	105
Tabla 4.10: Resumen de los resultados para el ensamble	107
Tabla 4.11: Tabla de Westinghouse	108
Tabla 4.12: Valores añadidos según la tabla Westinghouse	109
Tabla 4.13: Tabla del cálculo de los suplementos para el proceso de ensamblaje	111
Tabla 4.14: Multivoto con sus votaciones	125
Tabla 4.15: Porcentaje obtenido por causa	126
Tabla 5.1: Comparaciones.....	148
Tabla 5.2: Escalas de la auditoría	168
Tabla 5.3: Cálculo de los costos de inversión de las propuestas	177

FIGURAS

Figura 2.1: Metodología DMAIC	11
Figura 2.2: Ejemplo de un project charter.....	12
Figura 2.3: Ejemplo de un diagrama de flujo	14
Figura 2.4: Ejemplo de un análisis FODA.....	16
Figura 2.5: Ejemplo de una matriz FODA.....	17
Figura 2.6: Diagrama SIPOC.....	18
Figura 2.7: Diagrama de PESTEL	19
Figura 2.8: Análisis de stakeholder.....	20
Figura 2.9: Ejemplo de un árbol de CTQ	21
Figura 2.10: Ejemplo de un análisis de datos	22
Figura 2.11: Ejemplo de un gráfico de barras.....	23
Figura 2.12: Ejemplo de un gráfico circular	24
Figura 2.13: Ejemplo de una encuesta	25
Figura 2.14: Ejemplo de un diagrama de recorrido.....	26
Figura 2.15: Estudio del tiempo	29
Figura 2.16: Ejemplo de un estudio del método	30
Figura 2.17: Simbología del cursograma	31
Figura 2.18: Ejemplo de un cursograma analítico	32
Figura 2.19: Ejemplo de una lluvia de ideas	33
Figura 2.20: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.....	34
Figura 2.21: Ejemplo de un multivoto	36
Figura 2.22: Ejemplo de un diagrama de Pareto	37
Figura 2.23: Ejemplo de un diagrama de relaciones	38
Figura 2.24: Etapas de las 5S	40
Figura 2.25: Ejemplo de KPI.....	41
Figura 2.26: Principios claves del gemba walk.....	43
Figura 2.27: Ejemplo de un diagrama de Gantt.....	44
Figura 2.28: Fórmula para calcular el ROI.....	45
Figura 2.29: Mapa satelital de Sylvania Costa Rica S. A.....	48

Figura 2.30: Organigrama de Sylvania Costa Rica S. A.	49
Figura 2.31: Ejemplos de productos de Sylvania Costa Rica S. A.	51
Figura 2.32: Proceso productivo de Sylvania Costa Rica S. A.	52
Figura 3.1: Metodología DMAIC	57
Figura 3.2: Project charter	59
Figura 4.1: Diagrama de flujo	67
Figura 4.2: FODA	69
Figura 4.3: Matriz de FODA.....	72
Figura 4.4: Diagrama de SIPOC.....	75
Figura 4.5: Partes interesadas.....	79
Figura 4.6: Análisis de stakeholders.....	81
Figura 4.7: Árbol de CTQ.....	82
Figura 4.8: Gráfico de rechazos	84
Figura 4.9: Unidades aceptadas y rechazadas.....	85
Figura 4.10: Defectos de la luminaria 705	87
Figura 4.11: Pregunta 1	92
Figura 4.12: Pregunta 2.....	93
Figura 4.13: Pregunta 3.....	93
Figura 4.14: Pregunta 4.....	94
Figura 4.15: Pregunta 5.....	95
Figura 4.16: Pregunta 6.....	95
Figura 4.17: Pregunta 7	96
Figura 4.18: Pregunta 8.....	97
Figura 4.19: Pregunta 9.....	97
Figura 4.20: Pregunta 10.....	98
Figura 4.21: Diagrama de recorrido.....	100
Figura 4.22: Fórmula de método estadístico	104
Figura 4.23: Fórmula de método estadístico aplicada	106
Figura 4.24: Fórmula para obtener el tiempo normal.....	108
Figura 4.25: Fórmula para obtener el tiempo normal aplicado	109
Figura 4.26: Suplementos de descanso	110

Figura 4.27: Fórmula para calcular el tiempo estándar	111
Figura 4.28: Fórmula para calcular el tiempo estándar aplicado	112
Figura 4.29: Fórmula para obtener la razón de producción	112
Figura 4.30: Fórmula para obtener la razón de producción aplicada.....	112
Figura 4.31: Cursograma analítico, parte 1	114
Figura 4.32: Cursograma analítico, parte 2	115
Figura 4.33: Cursograma analítico, parte 3	116
Figura 4.34: Cursograma analítico, parte 4	117
Figura 4.35: Lluvia de ideas.....	119
Figura 4.36: Diagrama de Ishikawa	120
Figura 4.37: Pareto de las causas	127
Figura 4.38: Diagrama de relaciones del problema en estudio.....	129
Figura 5.1: Diagrama de flujo	134
Figura 5.2: Etapas de la creación del manual de procedimientos	138
Figura 5.3: Etapas de la metodología AIDA.....	141
Figura 5.4: Diagrama de recorrido.....	145
Figura 5.5: Comparación de la producción antes y después de la mejora	148
Figura 5.6: Fórmula de reducción del tiempo	149
Figura 5.7: Fórmula aplicada de reducción del tiempo	149
Figura 5.8: Cursograma analítico del operario 1.....	151
Figura 5.9: Cursograma analítico del operario 2.....	152
Figura 5.10: Cursograma analítico del operario 3.....	153
Figura 5.11: Cursograma analítico del operario 4.....	154
Figura 5.12: Fases de la metodología 5S.....	156
Figura 5.13: Etapas de la metodología train–motivate-evaluate.....	159
Figura 5.14: Fórmula para obtener el yield de producción	163
Figura 5.15: Fórmula para obtener la productividad	163
Figura 5.16: Etapas de la auditoría.....	164
Figura 5.17: Proceso de la caminata gemba	167
Figura 5.18: Diagrama de Gantt de las auditorías de 5S.....	171
Figura 5.19: Ciclo de control train–motivate-evaluate.....	173

Figura 5.20: Gantt del plan piloto..... 174

Figura 5.21: Gantt general..... 175

Figura 5.22: Fórmula para obtener el ROI..... 176

Figura 5.23: Cálculo del ROI 177

DEDICATORIA

Primeramente, le dedicó el resultado de este trabajo a Dios, por mantenerme con buena salud, por iluminarme cuando más lo necesitaba y por darme fuerzas en todo momento para culminar mi carrera soñada.

A mi familia, por el apoyo que me brindaron en todo este tiempo, pero especialmente a mi mamá, ya que sin ella no lo habría logrado. Gracias por nunca dejar que me rindiera y ser mi gran soporte cuando yo daba todo por perdido.

A mis hermanos, por ser mis cómplices y los mejores aliados en este proceso, siempre listos para ofrecer su apoyo y aliento.

A mi novio, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de este proceso. Su confianza en mí y su paciencia me han motivado a seguir adelante.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida, y este trabajo es un reflejo de su amor y sacrificio.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi profesora tutora Katherine Carvajal Ávila, por su paciencia, valiosa guía y apoyo incondicional en todo este proceso. Gracias por ser una fuente de inspiración en mi vida académica.

A mi familia, por su apoyo incondicional, en especial a mi mamá y mi hermana, quienes siempre han creído en mí, por su amor y comprensión. Gracias por ser mi red de apoyo en los momentos más desafiantes.

Por último, quiero agradecer a cada una de esas personas que de alguna manera me brindaron sus conocimientos durante esta etapa. A todos ustedes, ¡gracias!

EPÍGRAFE

*Tu compromiso con el proceso es lo
que va a determinar tu progreso.*

James Clear

RESUMEN

El proyecto de investigación se realizó en la empresa Sylvania Costa Rica S. A., dedicada a la manufactura de luminarias. El análisis se centró en la línea de ensamble, específicamente en el modelo de luminaria 705, con el objetivo de reducir la ineficiencia en el uso de los recursos existentes dentro de la fábrica.

Para el desarrollo de este proyecto, se aplicaron diferentes herramientas ingenieriles y de diagnóstico dirigidas a identificar el problema raíz y proponer alternativas de solución con base en los datos recolectados.

A partir de los resultados obtenidos mediante las herramientas empleadas, especialmente el estudio de métodos y tiempos, se determinó el estado actual del proceso de ensamblaje de la luminaria modelo 705. Este análisis permitió observar en detalle los movimientos realizados por los operarios, los tiempos asociados a cada actividad y la secuencia operativa, lo que facilitó la identificación de oportunidades de mejora en el proceso.

Mediante el uso de herramientas como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y el diagrama de relaciones, se determinaron las tres causas raíz que generan la ineficiencia en el uso de los recursos dentro del proceso de ensamblaje de la luminaria modelo 705. Con base en estos hallazgos, se desarrollaron cinco propuestas de mejora, centradas en la implementación de una banda transportadora, la aplicación de la metodología 5S y el diseño de un plan de capacitación y motivación basado en el enfoque *train–motivate–evaluate*.

Como resultado de la ejecución de estas propuestas, se redujo el tiempo de ensamblaje y la variabilidad del proceso en más de un 5 %. Por lo tanto, sí se cumplió el objetivo general del estudio, a saber, proponer una mejora en la eficiencia del proceso mediante la metodología DMAIC y estudio del trabajo, con lo que se logró un impacto significativo.

Palabras clave: DMAIC, estudio del trabajo, cursograma, metodología 5S, manual de procedimientos.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio se realiza en la empresa de manufactura Sylvania Costa Rica S. A., la cual se desarrolla en el diseño, fabricación e instalación de luminarias para clientes dentro y fuera del país. Su planta de producción lleva a cabo diversos procesos en el área de ensamblaje para la producción de diferentes modelos de luminarias, incluyendo el modelo 705. Esta luminaria forma parte de la estrategia de la fábrica, por consiguiente, su efectividad en la producción es fundamental para satisfacer las demandas del mercado.

En la actualidad, la empresa se encuentra ante una problemática vinculada con la ineficiencia, ya que sus recursos no se utilizan correctamente, no se cuenta con los datos precisos sobre la duración real del tiempo de ensamblaje de este modelo por lo que se deduce a partir de luminarias similares y esto genera variabilidad en el proceso de producción, y no se emplea adecuadamente el equipo de la empresa.

Lo anterior se debe a la rotación constante de personal en el Departamento de Mejora Continua, por consiguiente, faltan colaboradores capacitados y con la experiencia suficiente para implementar los cambios en los procesos productivos. Asimismo, por el uso inadecuado de los recursos de la empresa y la falta de criterios estandarizados entre los operarios que genera variabilidad en el tiempo de ensamblaje.

Por lo tanto, la problemática de esta investigación es la ineficiencia en el proceso de ensamblaje debido a causas como la ineficiencia en el personal al desarrollar la fabricación de los productos por su rotación constante, los tiempos de producción no son los óptimos para conocer la duración de la fabricación del producto por lo que se utilizan tiempos de luminarias similares, la falta de uso del equipo —como la banda transportadora para desplazar el material—, la falta de un procedimiento documentado que indique con claridad el proceso de ensamblaje de la luminaria 705 del presente estudio y la falta de criterios estandarizados entre los colaboradores que genera variabilidad en el tiempo de ensamblaje.

Como consecuencia de la ineficiencia en la planta de manufactura, se imposibilita dar al cliente una fecha clara de entrega del producto. Esto provoca la insatisfacción del cliente y afecta la competitividad de la empresa en la industria. Además, los colaboradores realizan el ensamble de la luminaria de manera autónoma.

Por lo mencionado, se lleva a cabo un análisis del proceso actual de ensamble de la luminaria 705 mediante el DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y el estudio del trabajo, metodologías que permiten identificar los puntos críticos del proceso y proponer mejoras.

A partir de lo expuesto, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede mejorar en al menos un 5 % el tiempo y la variabilidad en el proceso de ensamblaje de la luminaria 705?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Proponer una mejora en cuanto a la eficiencia del proceso de la luminaria 705 en Sylvania Costa Rica S. A., a partir de la metodología DMAIC y estudio del trabajo, que reduzca el tiempo de ensamblaje y la variabilidad en al menos un 5 %.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de ensamblaje de la luminaria 705, por medio de un análisis de contexto en el Área de Producción.
- Evaluar el desempeño actual del proceso de ensamblaje de la luminaria 705, mediante la recopilación de datos que permitan detectar las principales causas de la ineficiencia.
- Proponer alternativas de mejora, con el fin de reducir el tiempo de ensamblaje y la variabilidad en al menos un 5 %.
- Plantear un sistema de control que posibilite monitorear de forma continua el tiempo de ensamblaje y la variabilidad del proceso de la luminaria 705.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la industria manufacturera, la mejora en los procesos es de suma importancia para incrementar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y aumentar la competitividad en el mercado. La presente investigación se lleva a cabo en la empresa Sylvania Costa Rica, dedicada al diseño, fabricación e instalación de luminarias, la cual enfrenta un

problema relacionado a la ineficiencia en el proceso de ensamblaje del modelo 705. Por ende, para su análisis se emplea el estudio del trabajo. De acuerdo con Torrecilla (2014): “El estudio del trabajo es: el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se esté realizando”.

La ineficiencia ocurre por diferentes factores como la falta de estandarización, la variabilidad en los tiempos de ensamblaje, el uso inadecuado del material y mano de obra con la que cuenta la empresa, entre otros; esto provoca la incapacidad de cumplir con plazos de entrega y responder adecuadamente a la demanda del mercado.

Adicional, esta investigación justifica la necesidad de aplicar la metodología DMAIC, vinculada al enfoque *lean six sigma*. Según Corral (2023):

Esta metodología se enfoca en la resolución de problemas, la cual se basa en los datos que promueven la mejora incremental y la optimización de los productos, el diseño y los procesos comerciales. Este método utiliza los datos recopilados y posteriormente los analiza para poder encontrar soluciones precisas de los problemas o posibles problemas que se llegan a generar en la producción.

Por lo tanto, implementar este proyecto permite establecer procedimientos claros, reducir la variabilidad en al menos un 5 % y mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Finalmente, este proyecto sirve como base para futuras iniciativas de mejora continua dentro de la organización, lo que fomenta una cultura enfocada en la eficiencia, la innovación y la excelencia operativa.

1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 Antecedentes nacionales

Un primer antecedente relacionado con la presente investigación corresponde al proyecto titulado: *Propuesta de plan de mejora operativa y para la eficiencia térmica y energética del horno de fundición de la empresa de arte Casa Fage*, elaborado por

Arias (2024) para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Materiales en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El problema atendido por la autora fue aumentar la eficiencia del horno con el que se funde el bronce. Así, por medio del análisis planteado, se detectó que calentaba más al tener deficiencias en el sistema de combustión. En consecuencia, se plantearon mejoras que redujeron el costo de las operaciones, porque se utilizaba mayor cantidad de combustible, y disminuyeron la huella ambiental.

Un segundo trabajo lleva por nombre: *Diseño de propuestas de solución para el aumento de la eficiencia en la producción y la reducción de desperdicios del estator 1213-1-095-05*, elaborado por Salas (2022) para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El autor llevó a cabo el análisis por medio de la metodología DMAIC y llegó a la conclusión del mal uso de los recursos con los que cuenta la empresa (mano de obra, material y herramientas). De este modo, propuso mejoras para aumentar la eficiencia, ya que hacía falta productividad por parte de los colaboradores, realizando un balanceo de líneas. Además, redujo a un 100 % las extras para poder cumplir con la meta semanal solicitada.

Un tercer antecedente corresponde a la tesis llamada: *Aumento de productividad en las vejigas del Departamento de Curado en la empresa Aleka S. A.*, elaborada por Artavia y Ulate (2023) para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Procesos y Calidad en la Universidad Técnica Nacional.

En esta investigación se buscó mejorar la vida útil de las vejigas utilizadas en el proceso de curado de llantas. Por lo tanto, a partir de la metodología DMAIC, se analizó lo que perjudica que las vejigas se dañen, como un mal almacenamiento. Se concluyó que al reutilizar las vejigas con menos de 150 veces en el proceso de curado, se obtendrá un beneficio económico para la empresa.

Un cuarto trabajo se denomina: *Implementación de un sistema fotovoltaico para el mejoramiento de la eficiencia de un secador solar pasivo*, elaborado por Chavarría (2021) para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Electrónica en Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En este trabajo se ve afectado el secado de las semillas de cacao, ya que enfrenta problemas de eficiencia durante la noche y días nublados debido a la falta de radiación solar, lo cual ocasiona que a las semillas se les haga un hongo y se deseche el producto. Por consiguiente, la implementación de un panel fotovoltaico va a colaborar en el secado de las semillas a falta de radiación solar para esos días y, además, se obtendrá un beneficio económico.

Finalmente, un quinto estudio corresponde al título: *Diseño de indicadores para el seguimiento de las plataformas de servicio del banco nacional en cuanto a calidad, productividad, eficiencia, eficacia y rentabilidad*, elaborado por Noguera (2004) para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Latinoamericana de Ciencias y Tecnología.

El estudio evaluó la eficiencia de las plataformas con las que cuenta el banco para que las personas no pierdan el tiempo realizando alguna transacción directamente en la sucursal y, así, aprovechar las nuevas tecnologías para efectuar los trámites desde cualquier lugar.

1.4.2 Antecedentes internacionales

Un primer antecedente relacionado con la presente investigación es el proyecto titulado: *Propuesta de mejoramiento de procesos en el Área de Producción de la empresa panificadora PANARTE a través del estudio de tiempos y movimientos*, elaborado por Vásquez (2017) para optar al grado de Maestría en Ingeniería Industrial y Productividad en la Escuela Politécnica Nacional en Quito.

El problema atendido por la autora fue analizar cómo aumentar la productividad y optimización del personal en el Área de Producción. Al respecto, el mayor aumento de tiempos ocurre por las actividades manuales que dependen del personal. A su vez, al tener tiempo ocioso, el personal busca qué otra función hacer porque no cuenta con un puesto específico. Además, en el proceso productivo la calidad del pan no es la adecuada al no conocerse la cantidad exacta de ingredientes por agregar.

De esta manera, el objetivo principal del trabajo fue mejorar el proceso de producción del pan mediante el estudio de tiempos y movimientos de la empresa PANARTE, que incrementara la productividad y optimizara el uso del talento humano.

Un segundo trabajo lleva por nombre: *Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de Guayusa Ecocampo*, elaborado por Villacreses (2018) para optar a un título de Ingeniera Comercial con mención en Productividad en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

El problema atendido por la autora fue analizar los procesos de la empresa al no contarse con un estudio de tiempos y, al ser una empresa familiar, desconocerse los recursos y desperdicios que actualmente experimenta la misma. Por lo expuesto, el objetivo principal del trabajo fue desarrollar un estudio de tiempos y movimientos para identificar las posibles mejoras en la empresa Ecocampo.

Un tercer antecedente corresponde a la tesis llamada: *Propuesta de un modelo de optimización de recursos para mejorar la eficiencia en el proceso de transformación del plástico*, elaborada por Herrera (2017) para obtener el título en Ingeniería Industrial en la Universidad Católica de Colombia.

En esta investigación se planteó mejorar los procesos de transformación del plástico, por medio de la metodología *lean manufacturing*, para mejorar la organización de la planta y la calidad que les brinda a sus clientes, así como reducir los costos de producción.

Un cuarto trabajo se denomina: *Desplazamiento de gel in-situ en roca carbonatada para mejorar la eficiencia de barrido en procesos de recuperación mejorada por inyección de químicos*, elaborado por Huitrón (2019) para obtener el título de Ingeniera Petrolera en la Universidad Nacional Autónoma de México.

En este trabajo se evaluó la eficiencia de un *gel in-situ* como método de recuperación de petróleo, al quererse demostrar que si se utiliza en fracturas en el yacimiento es más económico, menos invasivo y permite un control más localizado del flujo.

Finalmente, un quinto estudio corresponde al título: *Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina y propuesta para mejorar su eficiencia*, elaborado por Escobar (2017) para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería de Minas y Metalurgia en la Universidad Nacional Autónoma de México.

El problema atendido por parte de la autora fue identificar la ineficiencia en el sistema de acarreo mediante un estudio de tiempos y movimientos, con esto se realizaron las mejoras a cada área.

1.5 PROYECCIONES

1.5.1 Alcances

El estudio se lleva a cabo en la planta de manufactura de Sylvania Costa Rica S. A., en el Área de Ensamble, donde se manufacturan diferentes tipos de luminarias. El modelo en el cual se enfoca el estudio es la luminaria 705.

1.5.2 Limitaciones

No se visualizan limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles tomados en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 Metodología DMAIC

En cuanto a esta metodología, SafetyCulture (2024a) explica:

DMAIC es un ciclo de mejora basado en datos que ayuda a las organizaciones a medir y mejorar su rendimiento. DMAIC es el acrónimo de cinco pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

El objetivo principal de DMAIC es identificar y eliminar los residuos en un proceso empresarial. Esto puede hacerse mediante la aplicación de herramientas y técnicas *lean* y *six sigma*.

El DMAIC puede ser una forma eficaz de mejorar el rendimiento de la empresa, ya que puede ayudarle a identificar y resolver problemas, realizar mejoras y hacer un seguimiento de los resultados. [...]

Definir: el primer paso es identificar y definir claramente el problema que se quiere resolver. Esto incluye la comprensión de la causa raíz del problema y el establecimiento de un objetivo de mejora.

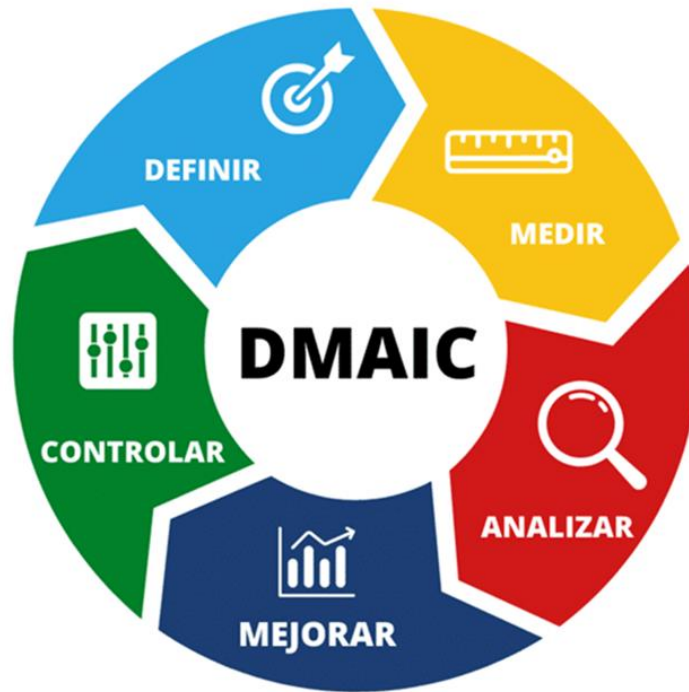
Medida: una vez definido el problema, hay que recopilar datos para comprender la situación actual. Esto incluye la medición de los indicadores clave de rendimiento (KPI) para seguir los progresos e identificar las áreas de mejora.

Analizar: a continuación, hay que analizar los datos para ver cuál es la causa del problema. Esto incluye la identificación de la causa raíz y el desarrollo de hipótesis sobre cómo solucionarlo.

Mejorar: una vez que tenga un plan de acción, es el momento de empezar a mejorar el negocio. Esto incluye la aplicación de los cambios y el seguimiento de los avances con respecto al objetivo fijado.

Controlar: por último, es importante poner en marcha sistemas que garanticen que las mejoras son sostenibles a largo plazo. Esto incluye el establecimiento de protocolos para medir los resultados y recalibrar los objetivos según sea necesario.

Figura 2.1: Metodología DMAIC



Fuente: Corral, 2023.

2.1.2 Project charter

Retos en Supply Chain (2023) define esta herramienta de la siguiente manera:

Un *project charter* es un documento donde se plasma toda la información clave relativa a un proyecto al más alto nivel con el objetivo de que la esencia de ese proyecto quede consensuada y sintetizada en un documento único que no sufrirá modificaciones a lo largo del tiempo y que por tanto servirá de guía a todos los implicados.

El *project charter* supone el establecimiento formal de la existencia y el desarrollo de un proyecto y, por lo tanto, debe presentarse antes de darle comienzo. Su redacción depende del *sponsor*, y ha de ser emitido por su director, a quien confiere la autoridad para asignar los recursos de la organización a las actividades necesarias para llevarlo a cabo con éxito. Para que sea válido y el proyecto pueda dar inicio, el *charter* del proyecto debe estar firmado por todas las partes implicadas: el *sponsor*, el grupo de revisión de

proyecto, el gerente, el gerente de calidad... y todas aquellas personas con poder de decisión durante el proceso.

Es importante tener en cuenta que el *charter* del proyecto, también llamado acta de constitución del proyecto, no es un documento técnico, es decir, que no explica cómo se va a desarrollar el proyecto. Esa información debe estar plasmada en el plan de dirección. En cambio, el *project charter* solo recoge aquellos aspectos claves orientados a autorizar su inicio.

Figura 2.2: Ejemplo de un project charter

PROJECT CHARTER					
Project Title	Project and Portfolio Management Tool			Project Manager	Sameer Patel
Project Start Date	May 21, 2017	Project End Date	August 31, 2017	Project Sponsor	Randy Hadden
Business Need					
All Information Technology projects that require agreement on the Memorandum of Understanding between the Customer and the Service Provider are approved through email. This project was initiated to reduce the manual approvals and create a system to obtain and track the approvals to reduce any discrepancies and loss of data.					
Project Scope			Deliverables		
Create an in-house PPM to include all Global IT projects.			1. Generate consolidated project status report 2. Extract Global Headcount details for all projects		
Risks and Issues			Assumptions/Dependencies		
1. Data discrepancy due to large amount of projects 2. Involvement of multiple teams			1. All Global IT projects to be added to the tool 2. Managers to provide regular updates for the projects		
Financials					
Budget to complete this project is \$3000					
Milestones Schedule					
Milestone			Target Completion Date	Actual Date	
Upload all Global IT Projects to the tool			May 20, 2017		
Complete UAT testing for the tool			July 30, 2017		
Project Team			Approval/Review Committee		
Project Manager	Randy Hadden		Sponsor	Randy Hadden	
Project Manager	Sameer Patel		Business Division Head	Aniket Bhonsle	
Team Members	Vice President, Senior Manager, Analyst		Business Unit Head	Sunil Rajan	
			Finance Manager	Ketan Shah	

Fuente: Consulting Theme, 2025.

2.1.3 Diagrama de flujo

Respecto a las características de este diagrama, Editorial Etecé (2024a) señala:

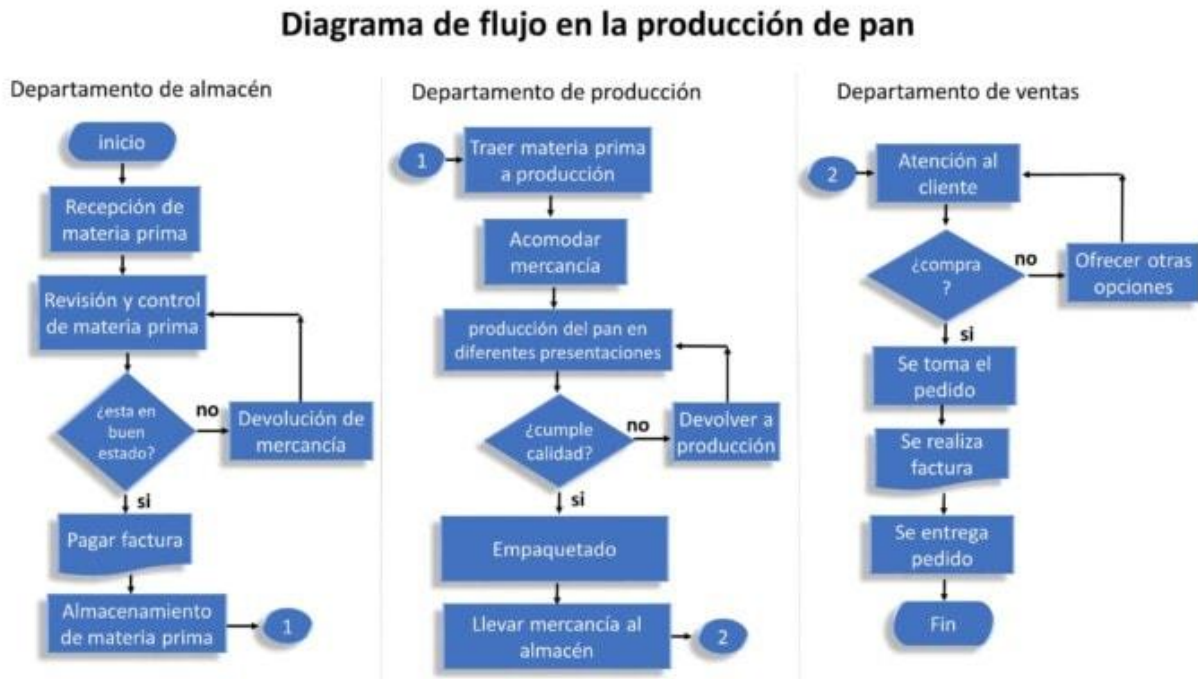
El diagrama de flujo, también llamado diagrama de actividades o flujograma es un esquema que representa un proceso o un procedimiento, indicando todos sus pasos, tareas o etapas de forma secuencial.

Para representar gráficamente el orden de los pasos, las actividades o las acciones de un evento o un procedimiento, los diagramas de flujo constan de dos elementos fundamentales:

- Símbolos. Son figuras geométricas que representan cada paso o decisión. Por ejemplo, hay un símbolo específico para el inicio y otro para el fin del proceso.
- Flechas o líneas. Son aquellas que conectan los símbolos de cada paso o decisión para indicar el recorrido del proceso.

Los diagramas de flujo sirven para organizar, evaluar o replantear secuencias de actividades y procesos de distinta índole, como proyectos, actividades, capacitaciones, planificaciones o procedimientos empresariales o institucionales. Por lo tanto, son empleados a menudo en disciplinas como la programación, la informática, la economía, las finanzas, los procesos industriales e, incluso, la psicología cognitiva.

Figura 2.3: Ejemplo de un diagrama de flujo



Fuente: Riquelme, 2024.

2.1.4 Análisis FODA

Raeburn (2025) indica con relación a esta metodología y sus etapas:

Digamos que FODA significa fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Es muy importante analizar cada uno de estos factores para planificar correctamente el crecimiento de las organizaciones. Aquí es donde el análisis entra en juego.

Cuando sus partes se analizan en conjunto, el marco FODA puede ofrecer una perspectiva más general del estado en que te encuentras y de cómo dar el siguiente paso hacia una escalabilidad sostenible. Analicemos cada uno de los términos más en detalle y veamos cómo puede servirte para identificar áreas de mejora.

- **Fortalezas**

Las fortalezas de FODA o DAFO hacen referencia a las iniciativas internas que funcionan bien. Se podrían comparar con otras iniciativas o con un costado competitivo externo. Al analizar estas áreas puedes entender qué es lo que ya funciona. Entonces, puedes aplicar esas técnicas que sabes que funcionan bien

las fortalezas en otras áreas que pueden necesitar un refuerzo extra como la mejora de la eficiencia del equipo. [...]

- Debilidades

Las debilidades en FODA se refieren a las iniciativas internas que no funcionan como es debido. Es una buena idea analizar las fortalezas antes que las debilidades para generar referencias de lo que significan el éxito y el fracaso. La identificación de las debilidades internas ofrece un punto de partida desde el cual mejorar los proyectos. [...]

- Oportunidades

Las oportunidades en FODA son el resultado de las fortalezas y las debilidades, junto con cualquier iniciativa externa que te colocará en una posición competitiva más sólida. Podría ser cualquier cosa, debilidades que quisieras mejorar o áreas que no se hubieran identificado en las primeras dos etapas del análisis. [...]

- Amenazas

Las amenazas en FODA se refieren a las áreas que tienen el potencial de causar problemas. Difieren de las debilidades en que las amenazas son externas y, por lo general, están fuera de nuestro control. Pueden ser eventos como la pandemia o un cambio en el panorama competitivo.

Figura 2.4: Ejemplo de un análisis FODA



Fuente: Carter, 2024a.

2.1.5 Matriz FODA

Una vez completado el análisis FODA, se debe realizar el análisis CAME, Arjona (s.f.) detalla:

[...] forma parte esencial de la planificación estratégica de un negocio y se caracteriza principalmente por ser el complemento ideal al análisis DAFO. Este último se encarga de la recopilación de la información y el análisis de los contextos interno y externo en los que se enmarca la compañía.

Es la matriz CAME la que trabaja sobre la información aportada por el DAFO para llevarla a la acción al generar una toma de decisiones estratégicamente correcta. Además, tal y como lo reflejan las siglas CAME, hay cuatro elementos que determinan este análisis

Figura 2.5: Ejemplo de una matriz FODA



Fuente: Santos, 2020.

2.1.6 Diagrama SIPOC

Referente a este tipo de diagrama, MacNeil (2025) define su función y cada una de sus partes:

El diagrama SIPOC proporciona un panorama general de un proceso a través de la documentación de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Muestra cómo los participantes de un proceso reciben materiales o datos unos de otros y, a menudo, se utiliza para mejorar o comprender los procesos asociados con la experiencia del cliente.

Los diagramas SIPOC no están diseñados para proporcionar demasiados detalles, sino que brindan a las partes interesadas un mapa general de los procesos para ayudarlos a tomar decisiones y generar ideas de mejora. Por lo tanto, los diagramas SIPOC son solo una de las herramientas para la gestión de procesos de negocios (BPM), la cual implica investigar procesos, planificar cómo mejorarlos e implementar dichas mejoras.

El acrónimo SIPOC proviene de estos cinco componentes:

- Proveedores (*suppliers*): la fuente de las entradas del proceso.
- Entradas (*inputs*): los recursos que necesitas para que el proceso funcione.
- Proceso (*process*): los pasos generales que componen el proceso.
- Salidas (*outputs*): los resultados del proceso.
- Clientes (*customers*): las personas que reciben los resultados o salidas, o se benefician del proceso.

Figura 2.6: Diagrama SIPOC



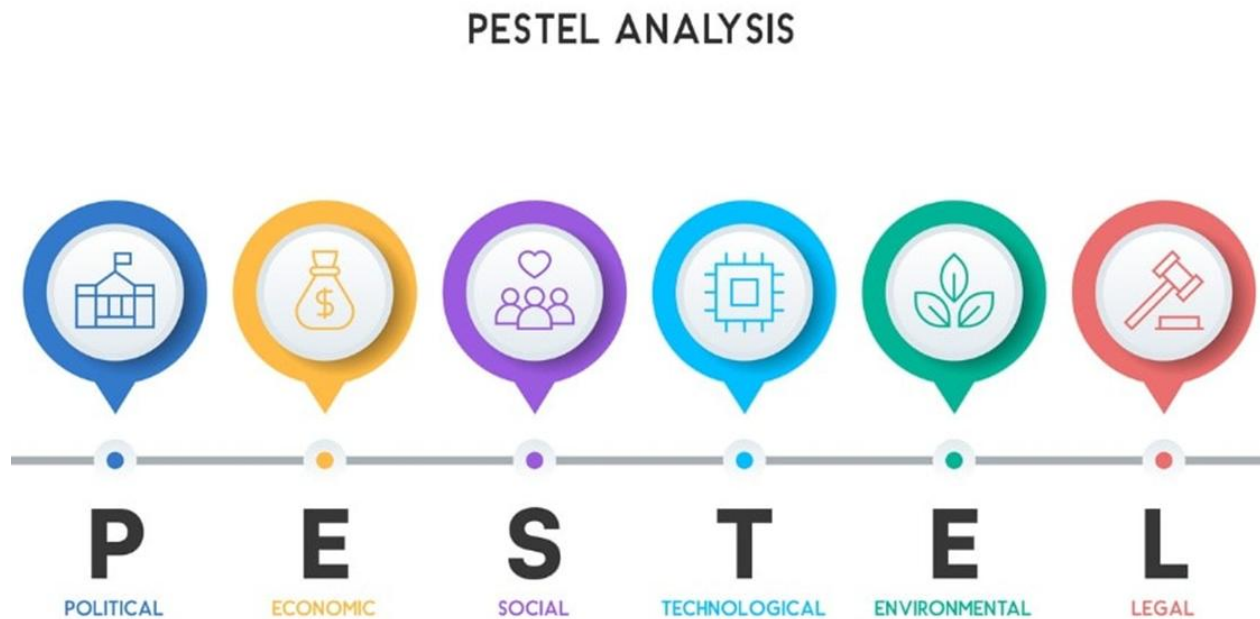
Fuente: QuestionPro, 2025a.

2.1.7 Diagrama de PESTEL

De acuerdo con ESERP (2022), el diagrama de PESTEL:

[...] es una herramienta que se utiliza para identificar las fuerzas externas a nivel macro que influyen sobre un negocio y pueden determinar su evolución, tanto en términos económicos como de reputación. El acrónimo PESTEL se refiere a los factores que se analizan: políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales.

Figura 2.7: Diagrama de PESTEL



Fuente: Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2025.

2.1.8 Análisis de stakeholders

Project Management Business Centre (2025) expone en cuanto a este tipo de análisis lo siguiente:

El *stakeholder analysis* es un proceso esencial en la gestión de proyectos que implica la identificación, evaluación y gestión de todas las partes interesadas involucradas en un proyecto. Estas partes interesadas pueden ser individuos, grupos, organizaciones o entidades que de alguna manera están vinculados al proyecto y pueden verse afectados por su éxito o fracaso.

El objetivo principal del *stakeholder analysis* es comprender quiénes son estos *stakeholders*, cuáles son sus intereses, expectativas, influencia en el proyecto y cómo pueden contribuir o dificultar su desarrollo. Este conocimiento es fundamental para tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias efectivas para involucrar y gestionar a estas partes interesadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Figura 2.8: Análisis de stakeholder



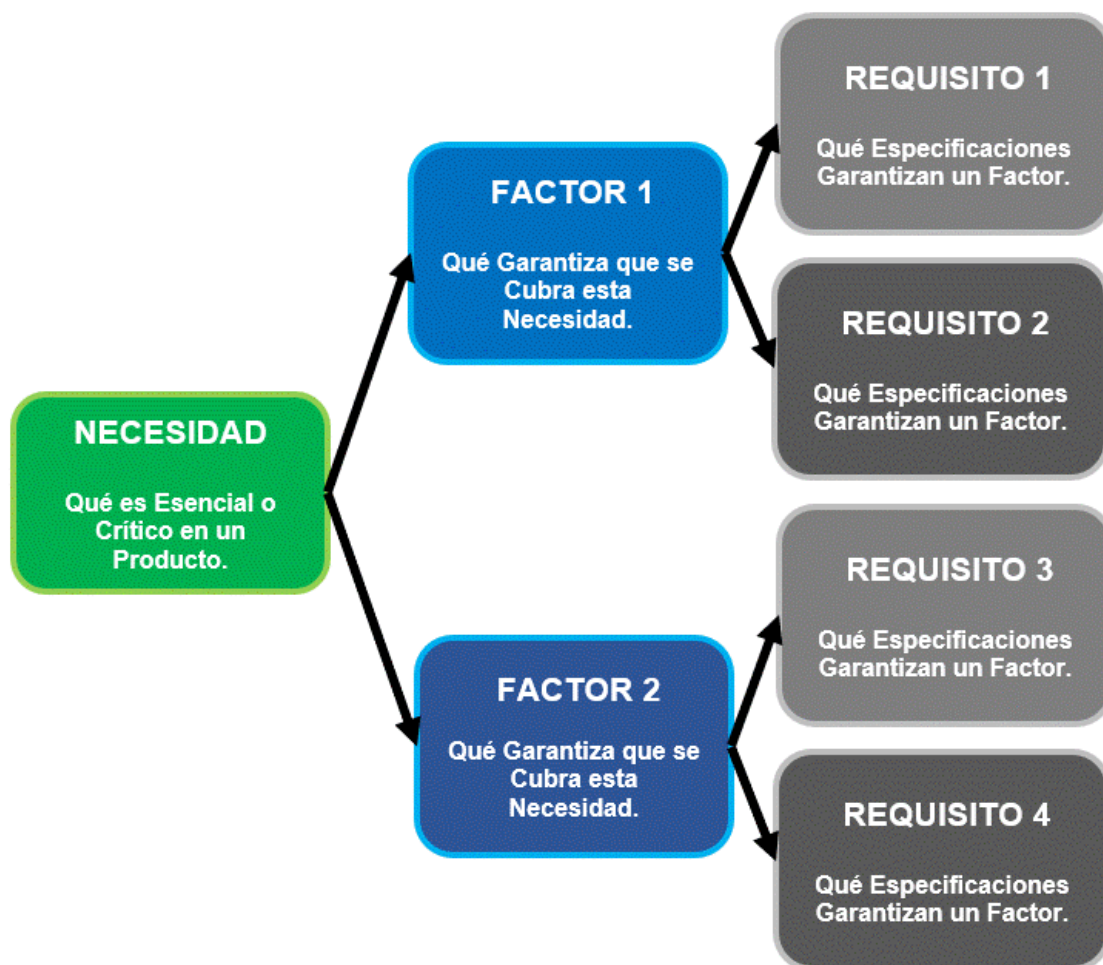
Fuente: Mendoza, 2025.

2.1.9 Árbol de CTQ

Global Trust Association (2019) describe sobre esta herramienta:

El árbol crítico de la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) es un diagrama en el que se muestran los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto y/o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa. Para desarrollar el árbol CTQ, la organización necesita identificar al cliente o usuario, las necesidades críticas que el producto y/o servicio debe satisfacer, los controladores de calidad y los requisitos de rendimiento. Su elaboración implica la jerarquización de prioridades en el resultado y la eliminación de aquellos rasgos que no son fundamentales para satisfacer las exigencias del cliente.

Figura 2.9: Ejemplo de un árbol de CTQ



Fuente: Consuunt, 2025.

2.1.10 Análisis de datos

Con relación a este análisis, Alteryx (s.f.) lo explica y enumera los distintos tipos:

El análisis de datos es el proceso de exploración, transformación y análisis de datos para identificar tendencias y patrones que revelen insights importantes y aumenten la eficiencia para respaldar la toma de decisiones. Una estrategia moderna de análisis de datos empodera a los sistemas y a las organizaciones para trabajar a partir de análisis automatizados en tiempo real, lo que garantiza resultados inmediatos y de gran impacto [...]

Existen varios tipos diferentes de análisis de datos. Estos son los siguientes:

- Análisis descriptivo: responde la pregunta “¿Qué sucedió?” (¿cuáles fueron nuestras ventas de la semana pasada?).
- Análisis de diagnóstico: responde la pregunta “¿Por qué sucedió esto?” (¿por qué aumentaron nuestras ventas con respecto a la semana anterior?).
- Análisis predictivo: responde la pregunta “¿Qué sucederá?” (¿cómo creemos que serán nuestras ventas en esas mismas tiendas durante la temporada de fiestas?).
- Análisis prescriptivo: responde la pregunta “¿Qué debo hacer?” (según nuestras predicciones, recomendamos enviar más cantidad de un producto determinado a fin de evitar que se agote).

Los análisis descriptivos y de diagnóstico les permiten a los analistas de datos y a los líderes nivelar el conjunto. Estos procesos son bloques de creación que preparan el camino para *insights* más sofisticados que se obtienen a partir de análisis predictivos y prescriptivos

Figura 2.10: Ejemplo de un análisis de datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	NOMBRE	OCUPACIÓN			NOMBRE	OCUPACIÓN	CARGOS POR CADA OCUPACIÓN		
2	LUIS	Trabajo 1			LUIS	Trabajo 1	PRACTICANTE		
3	LUIS	Trabajo 2			LUIS	Trabajo 1	JUNIOR		
4	MARÍA	Trabajo 1			LUIS	Trabajo 2	PRACTICANTE		
5	MARÍA	Trabajo 2			LUIS	Trabajo 2	JUNIOR		
6	MARÍA	Trabajo 3			LUIS	Trabajo 2	JEFE DE ÁREA		
7	MARÍA	Trabajo 4			MARÍA	Trabajo 1	PRACTICANTE		
8	MARÍA	Trabajo 5			MARÍA	Trabajo 2	PRACTICANTE		
9	MARÍA	Trabajo 6			MARÍA	Trabajo 3	PRACTICANTE		
10	MARÍA	Trabajo 7			MARÍA	Trabajo 3	JUNIOR		
11	JOSÉ	Trabajo 1			MARÍA	Trabajo 3	JEFE DE ÁREA		
12	JOSÉ	Trabajo 2			MARÍA	Trabajo 3	CTO		
13	JOSÉ	Trabajo 3			MARÍA	Trabajo 4	SENIOR		
14					MARÍA	Trabajo 4	CTO		
15					MARÍA	Trabajo 5	CTO		
16					MARÍA	Trabajo 5	CEO		
17					MARÍA	Trabajo 6	CTO		
18					MARÍA	Trabajo 7	CONSULTOR		
19					JOSÉ	Trabajo 1	CONSULTOR		
20					JOSÉ	Trabajo 1	JEFE DE ÁREA		
21					JOSÉ	Trabajo 1	GERENTE DE OPERACIONES		
22					JOSÉ	Trabajo 1	CEO		
23					JOSÉ	Trabajo 2	CONSULTOR		
24					JOSÉ	Trabajo 2	GERENTE GENERAL		
25					JOSÉ	Trabajo 3	CONSULTOR		
26					JOSÉ	Trabajo 3	GERENTE DE OPERACIONES		
27									

Una misma persona puede tener varias entradas para "OCUPACIÓN". Con cada columna adicional, el número de repeticiones puede incrementar exponencialmente.

Celdas con nombres repetidos: 9

Celdas con nombres repetidos: 22

Fuente: Cárdenas, 2020.

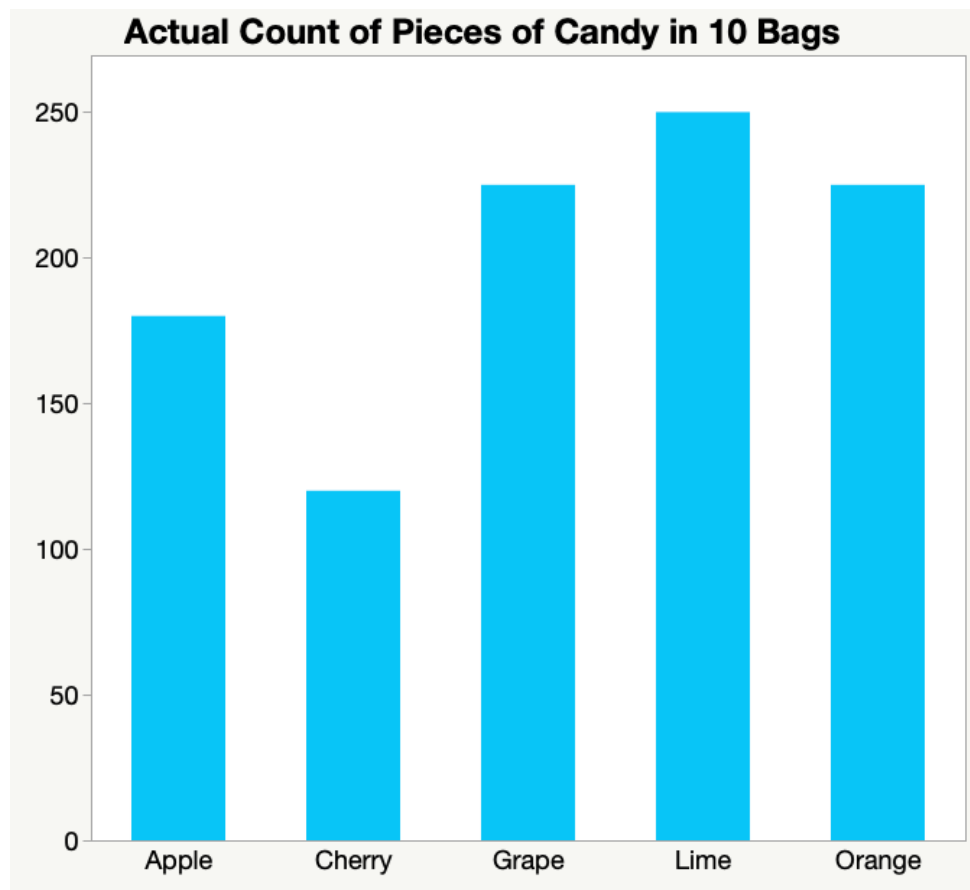
2.1.11 Gráfico de barras

Respecto a este tipo de gráfico, Miro (2025a) señala:

Un gráfico de barras es una forma de representar gráficamente datos numéricos mediante rectángulos verticales u horizontales, conocidos como barras. El tamaño de cada barra se ajusta proporcionalmente al valor que representa. Este tipo de gráficos proporcionan una comparación visual de cantidades o frecuencias, lo que facilita la interpretación de los datos.

Estos gráficos son comúnmente utilizados en diversas disciplinas, incluyendo ciencias sociales, economía, administración de empresas, ciencias de la salud, entre otras. Su popularidad se debe a la capacidad de presentar información de una manera sencilla y comprensible, haciendo más fácil la tarea de analizar y tomar decisiones basadas en los datos.

Figura 2.11: Ejemplo de un gráfico de barras



Fuente: JMP Statistical Discovery LLC, 2025a.

2.1.12 Gráfico circular

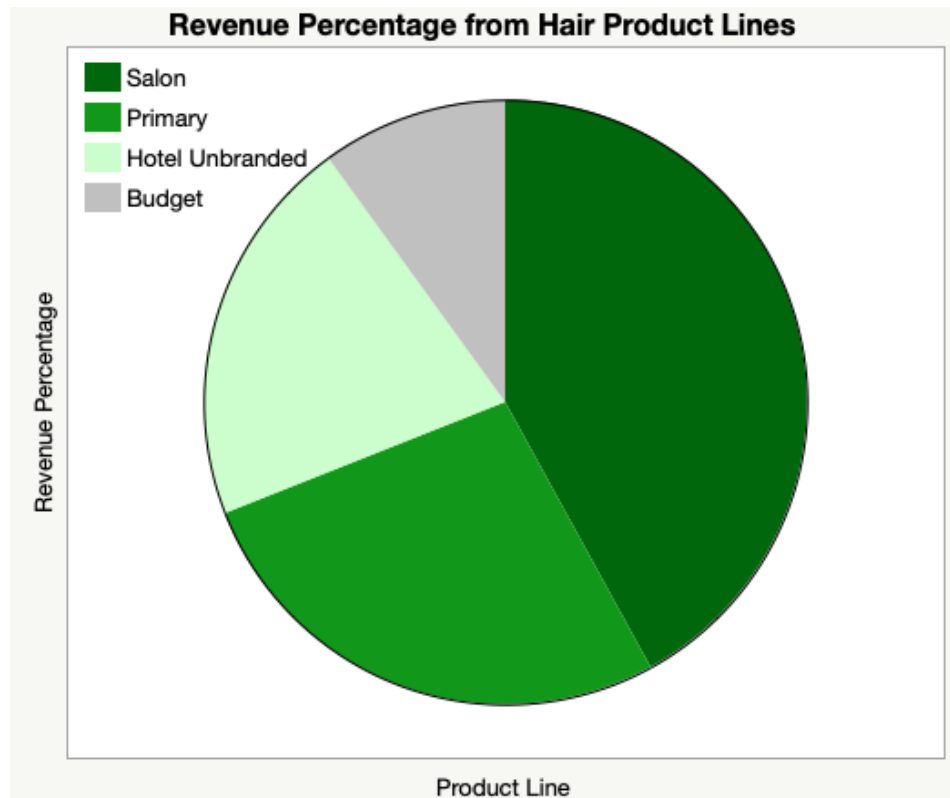
Jaspersoft (2025) explica acerca de este gráfico lo siguiente:

Un gráfico circular es un tipo de gráfico que representa datos en forma circular, donde cada porción del círculo representa una fracción o parte proporcional del todo. Todas las porciones del gráfico se suman para que el conjunto equivalga al 100 por ciento y 360 grados.

El gráfico circular representa datos en forma pictórica, lo que facilita la visualización y comprensión de las partes proporcionales o la composición de un conjunto de datos. También se le conoce como gráfico de sectores.

Las porciones del gráfico a menudo se representan con porcentajes, lo que indica su contribución al total. Esto no es obligatorio; se puede dibujar un gráfico circular convirtiendo directamente los valores de los datos en grados. Sin embargo, convertirlos a porcentajes hace que los datos sean más comprensibles para un lector promedio.

Figura 2.12: Ejemplo de un gráfico circular



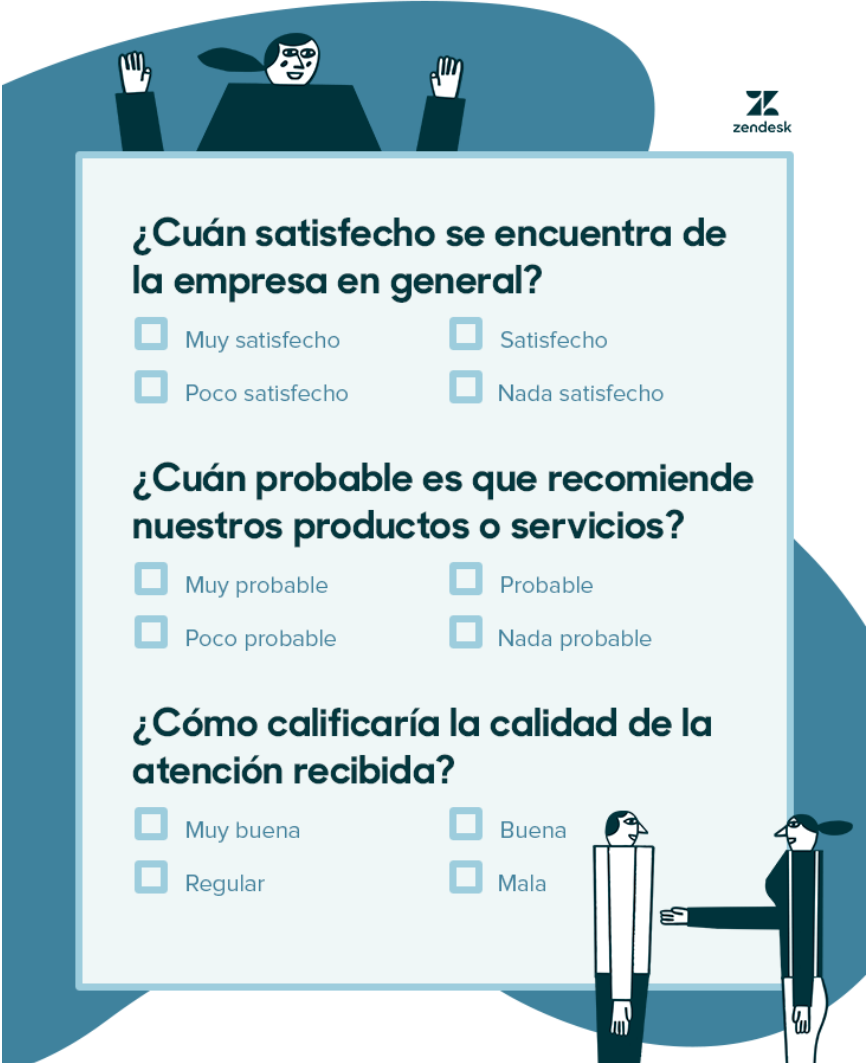
Fuente: JMP Statistical Discovery LLC, 2025c.

2.1.13 Encuesta

Referente a esta herramienta, QuestionPro (2025b) menciona:

[...] son un método de investigación y recopilación de datos utilizadas para obtener información de personas sobre diversos temas. Las encuestas tienen una variedad de propósitos y se pueden llevar a cabo de muchas maneras dependiendo de la metodología elegida y los objetivos que se deseen alcanzar.

Figura 2.13: Ejemplo de una encuesta



The illustration shows a survey form with a light blue background. At the top, a person's head and hands are visible, with the Zendesk logo in the top right corner. The form contains three questions, each with four radio button options. At the bottom, two stylized figures are shown, one pointing towards the form.

¿Cuán satisfecho se encuentra de la empresa en general?

☐ Muy satisfecho ☐ Satisfecho
☐ Poco satisfecho ☐ Nada satisfecho

¿Cuán probable es que recomiende nuestros productos o servicios?

☐ Muy probable ☐ Probable
☐ Poco probable ☐ Nada probable

¿Cómo calificaría la calidad de la atención recibida?

☐ Muy buena ☐ Buena
☐ Regular ☐ Mala

Fuente: EmpreForm, 2025.

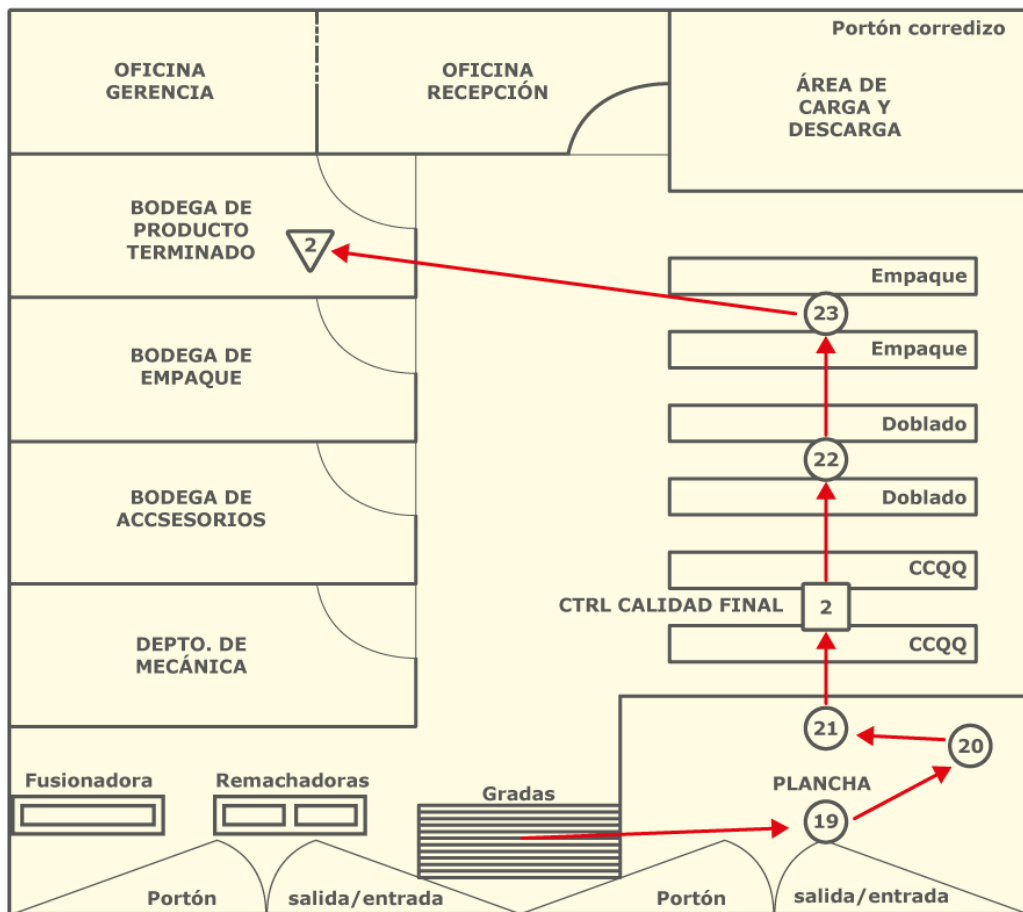
2.1.14 Diagrama de recorrido

Salazar (2019b) expone en cuanto a esta herramienta:

El diagrama de recorrido complementa la información consignada en los diagramas del proceso; este consiste en un plano (que puede ser o no a escala), de la planta o sección donde se desarrolla el proceso objeto del estudio. En este diagrama se registran todos los diferentes movimientos del material, indicando con su respectivo símbolo y numeración cada una de las diferentes actividades, y el lugar donde estas se ejecutan.

El diagrama de recorrido permite visualizar los transportes, los avances y el retroceso de las unidades, los “cuellos de botella”, los sitios de mayor concentración, etc.; a fin de analizar el trabajo para ver que se puede mejorar (eliminar, combinar, reordenar, simplificar).

Figura 2.14: Ejemplo de un diagrama de recorrido



Fuente: Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), s.f.

2.1.15 Estudio del trabajo

Procrane (s.f.) brinda la definición del estudio del trabajo y los pasos para llevarlo a cabo:

El estudio del trabajo es una evaluación sistemática de los métodos utilizados para la realización de actividades con el objetivo de optimizar la utilización eficaz de los recursos y de establecer estándares de rendimiento respecto a las actividades que se realizan.

Por ende se deduce que el estudio de trabajo es un método sistemático para el incremento de la productividad, es decir "Es una herramienta fundamental para el cumplimiento de los objetivos del ingeniero industrial".

Así como en el método científico hace falta recorrer ocho etapas fundamentales para asegurar el máximo provecho del algoritmo, en el estudio del trabajo también hace falta recorrer ocho pasos para realizar un estudio del trabajo completo respetando su secuencia y tal como se observa los pasos son:

- SELECCIONAR el trabajo o proceso que se ha de estudiar.
- REGISTRAR o recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo los datos en la forma más cómoda para analizarlos.
- EXAMINAR los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quién la ejecuta, y los medios empleados para tales fines.
- ESTABLECER el método más económico, teniendo en cuenta todas las circunstancias y utilizando las diferentes técnicas de gestión así como los aportes de los dirigentes, supervisores, trabajadores y asesores cuyos enfoques deben analizarse y discutirse.
- EVALUAR los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.
- DEFINIR el nuevo método, y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.

- **IMPLANTAR** el nuevo método, comunicando las decisiones formando a las personas interesadas (implicadas) como práctica general aceptada con el tiempo normalizado.
- **CONTROLAR** la aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.

2.1.16 Estudio del tiempo

Con relación a este método, López (2020) detalla:

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y poder calcular el tiempo requerido para efectuar la tarea según un método de ejecución establecido. Su finalidad consiste en establecer medidas o normas de rendimiento para la ejecución de una tarea. [...]

Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos, el continuo y el de regresos a cero.

1. En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En caso de tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico inmóvil.
2. En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio

Figura 2.15: Estudio del tiempo



Fuente: SPC Consulting Group, 2024.

2.1.17 Estudio de métodos

Ochoa (2013) indica sobre el estudio de métodos lo siguiente:

Es la aplicación de ciertas técnicas y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y de reducir los costos.

Figura 2.16: Ejemplo de un estudio del método



Fuente: Euroinnova Business School, 2025.

2.1.18 Cursograma analítico

Betancourt (2016) se refiere a esta herramienta como:

Es una representación gráfica, con la que logramos de forma sistemática y secuencial, documentar las actividades que realiza una o más personas al trabajar en manufactura o con clientes.

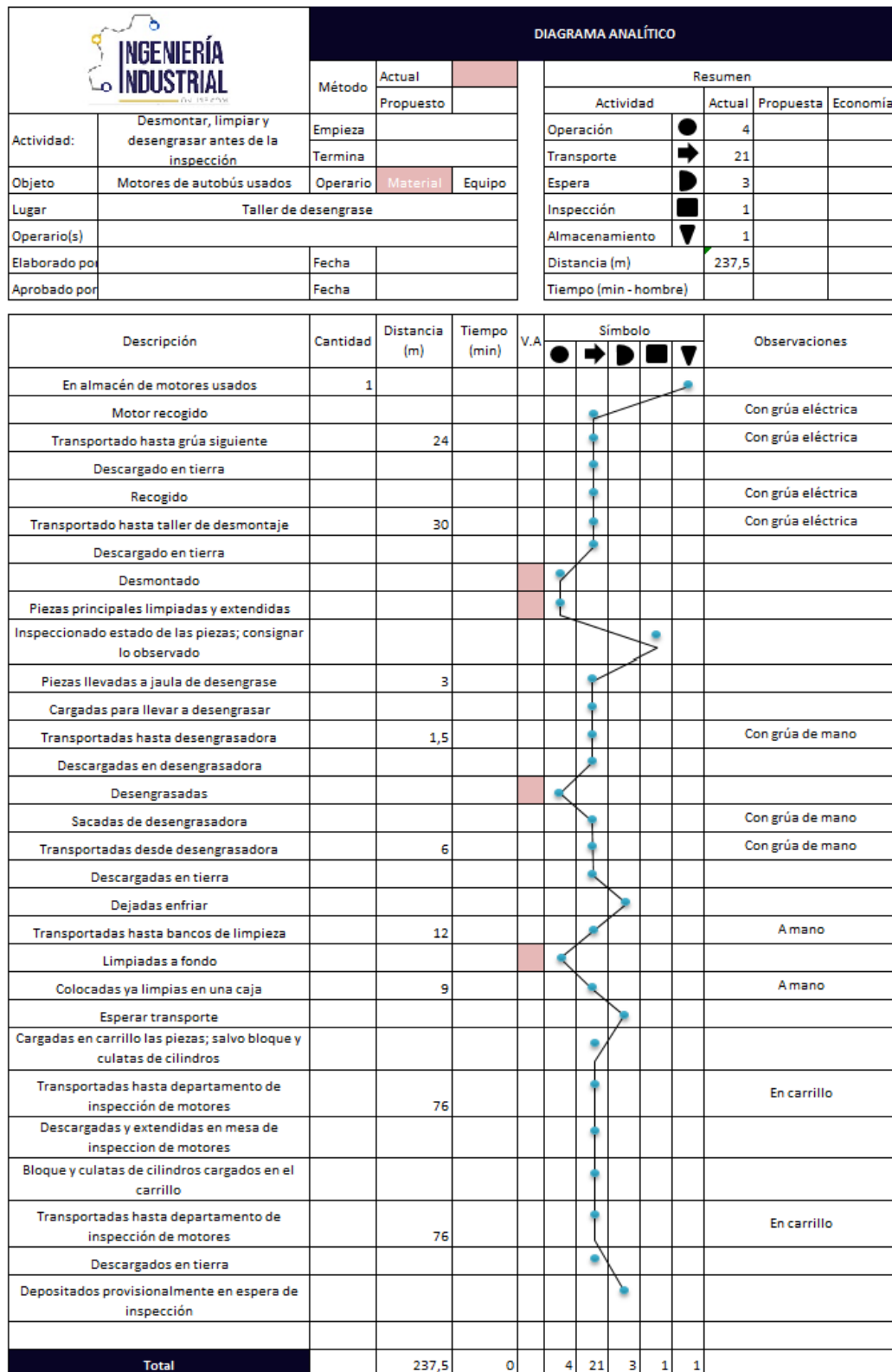
Conocido también como gráfico de proceso, el cursograma permite analizar las labores para detectar errores o mejoras. Es una herramienta vital del ingeniero industrial y comúnmente usada por analistas de proceso, quienes en conjunto con otras herramientas y trabajos como estudios de tiempos, mejoran las labores administrativas, de servicio y producción de las compañías.

Figura 2.17: Simbología del cursograma

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor.
	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

Fuente: Ochoa, 2013a.

Figura 2.18: Ejemplo de un cursograma analítico



Fuente: Salazar, 2019a.

2.1.19 Lluvia de ideas

En cuanto a esta, Editorial Etecé (2022) describe:

La lluvia de ideas, popularmente conocida como *brainstorming* (del inglés “tormenta mental” o “tormenta de ideas”), es una técnica de trabajo grupal que consiste en proponer libremente ideas y asociaciones a partir de un concepto determinado, con el propósito de obtener ideas innovadoras y perspectivas originales. [...]

En principio, la lluvia de ideas consistía en reunir a los creativos publicitarios, proponer un tema a pensar y después recopilar las ideas que surgieran libremente, teniendo en cuenta una única regla de oro: no discutir.

La efectividad de la lluvia de ideas es objeto de debate entre psicólogos y estudiosos de la mente. Existen estudios que afirman una mayor capacidad creativa de los individuos en solitario que estando en grupos, ya que existe una cohibición natural ante la presencia y las opiniones del otro, un cierto afán por cautivar y complacer. Sin embargo, el *brainstorming* continúa usándose en diferentes ámbitos como una herramienta para fomentar el caos creativo.

Figura 2.19: Ejemplo de una lluvia de ideas



Fuente: Carter, 2024b.

2.1.20 Diagrama de Ishikawa

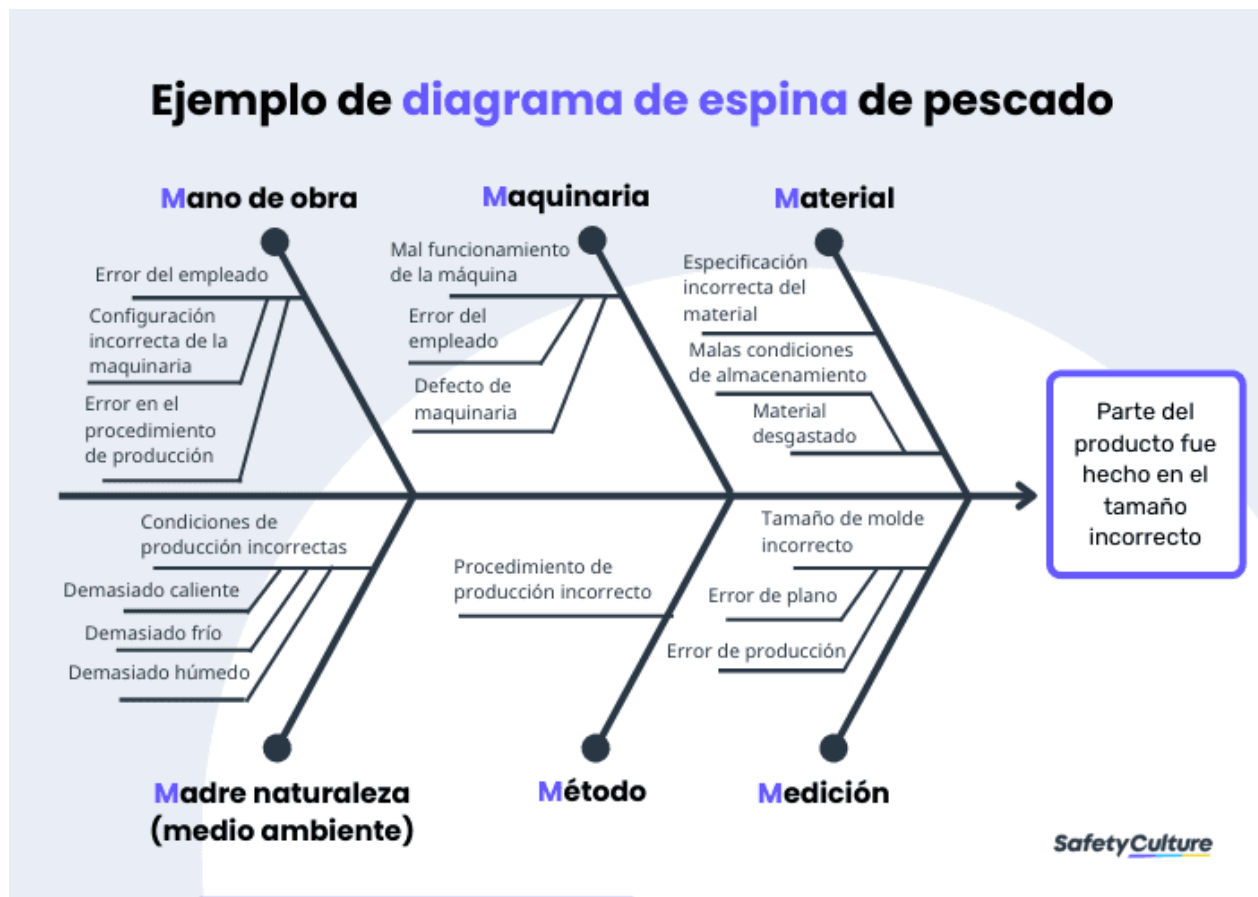
Editorial Etecé (2024c) se refiere a este diagrama del siguiente modo:

El diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa y efecto o de espina de pescado, es un organizador gráfico que representa las distintas causas de un problema, con el objetivo de encontrar una solución, o de un hecho, con la finalidad de conocer qué eventos lo produjeron. [...]

Una vez que se detecta qué elemento genera el inconveniente, es posible plantear una solución para mejorar la calidad de un servicio o un producto, alcanzar la eficiencia en un proceso o lograr un objetivo.

Si bien este diagrama se utiliza principalmente en los ámbitos empresarial e institucional, también se puede emplear en el científico y el educativo para conocer las causas de un fenómeno o explicar distintos temas.

Figura 2.20: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Fuente: SafetyCulture, 2024b.

2.1.21 Multivoto

Respecto a esta herramienta, Aiteco Consultores (2019) explica:

La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración.

Cuando disponemos de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes.

Con este fin, la técnica (Scholtes, Joiner y Streibel, 2003), opera mediante una serie de votaciones, donde cada una de ellas reduce la lista en una cantidad especificada, generalmente la tercera parte.

Un caso típico de aplicación de la multivotación es tras de una sesión de *brainstorming*, o de otras técnicas de generación de ideas, como el método 635.

La gran cantidad de elementos que se producen requieren de una acción posterior que reduzca su volumen, siendo una excelente alternativa la multivotación.

Figura 2.21: Ejemplo de un multivoto



Fuente: Vicencio, 2025.

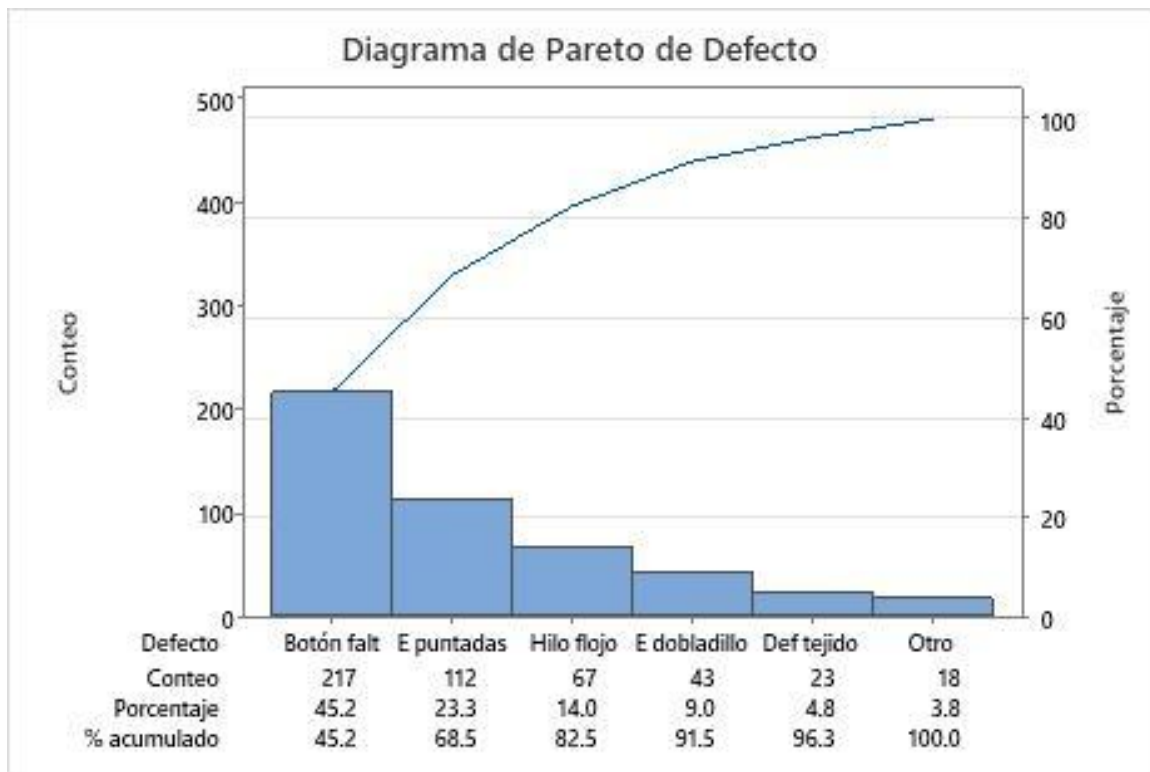
2.1.22 Diagrama de Pareto

JMP Statistical Discovery LLC (2025b) brinda la siguiente definición de diagrama de Pareto:

[...] es un ejemplo especial de diagrama de barras. En el diagrama de Pareto las barras se ordenan por conteos de frecuencia, del más alto al más bajo. Estos diagramas se usan a menudo para identificar áreas en las que centrarse primero en mejora de procesos.

Los diagramas de Pareto reflejan los conteos ordenados de frecuencia de valores de los distintos niveles de una variable categórica o nominal. Estos diagramas se basan en la regla del 80/20. Esta regla sostiene que aproximadamente el 80 % de los problemas se derivan del 20 % de las causas. Esta regla también se conoce como del “puñado esencial y la multitud trivial”. De nuevo, la idea es que podemos centrarnos en unas pocas causas fundamentales en la raíz de los problemas e ignorar muchas otras triviales.

Figura 2.22: Ejemplo de un diagrama de Pareto

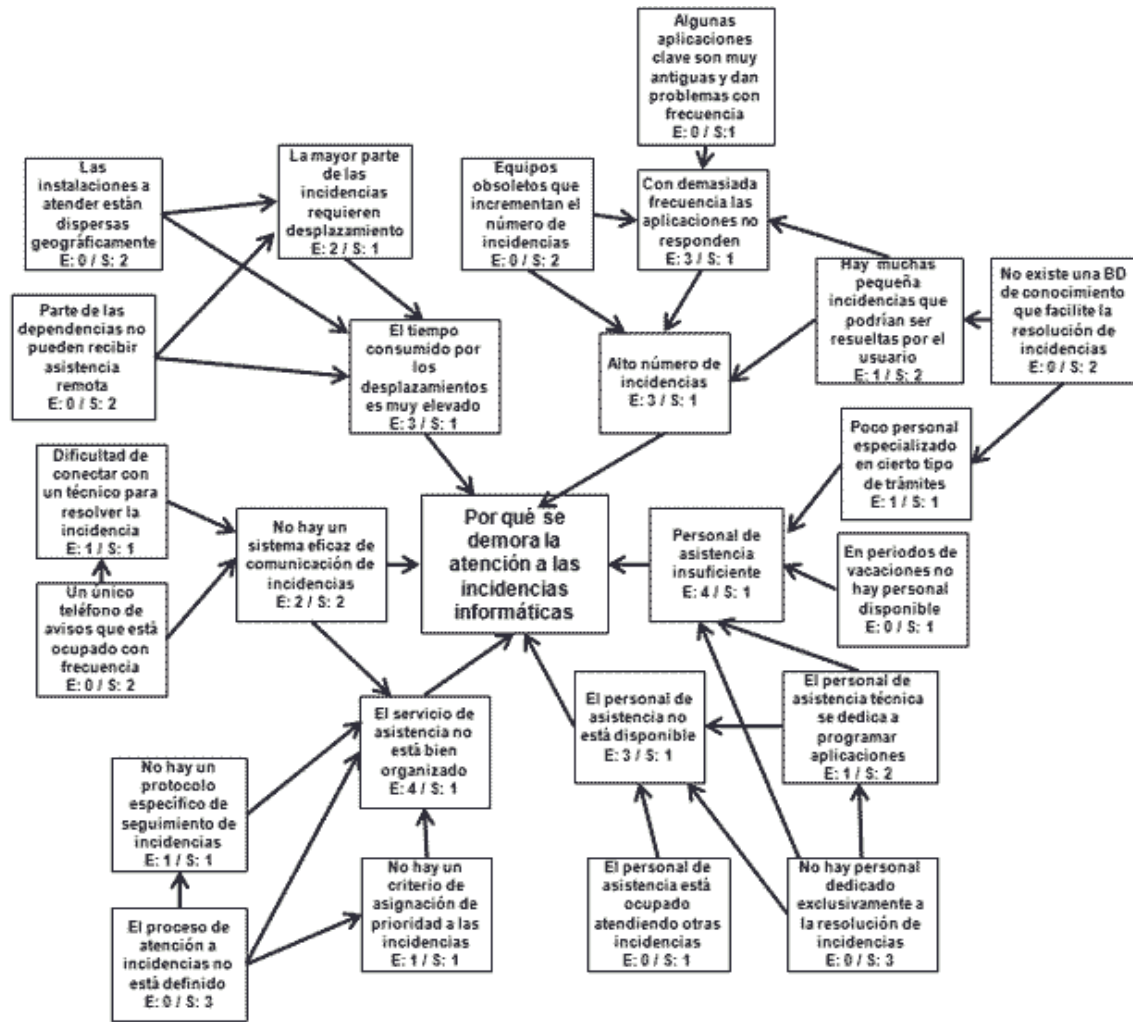


Fuente: Soporte de Minitab, 2025.

2.1.23 Diagrama de relaciones

De acuerdo con Aiteco Consultores (2011), “Es una herramienta que ayuda a analizar un problema cuyas causas están relacionadas de manera compleja. Su aplicación permite alcanzar una visión de conjunto sobre cómo las causas están en relación con los efectos”.

Figura 2.23: Ejemplo de un diagrama de relaciones



Fuente: Aiteco Consultores, 2011.

2.1.24 Manual de procedimientos

La Editorial Etecé (2024d) detalla sobre el manual de procedimientos:

[...] es un documento que brinda información respecto a las distintas operaciones que realiza una organización. Puede indicar las actividades o las tareas de toda la empresa, de un área o un departamento específico o de un puesto determinado. Es preparado por la misma institución u organización donde se utiliza y presenta la información de forma detallada, ordenada, sistematizada y comprensible.

2.1.25 Metodología 5S

En cuanto a la metodología 5S, Eurofins (2025) expone su conceptualización y las fases que la componen:

Es un concepto que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua y consigue mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas.

Las “5S” son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen el método:

1. *Seiri*–clasificación. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos.
2. *Seiton*–orden. Se trata de establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.
3. *Seiso*–limpieza. Basada en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.
4. *Seiketsu*–estandarización. El objetivo es distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos dando lugar a un control visual.
5. *Shitsuke*–disciplina. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Figura 2.24: Etapas de las 5S



Fuente: Procem Consultores, 2025.

2.1.26 KPI

Referente a los KPI, Miro (2025b) señala:

KPI son las siglas en inglés de indicadores clave de rendimiento. Se trata de una medida cuantificable del rendimiento a lo largo del tiempo de una actividad específica vinculada a un objetivo de la empresa.

Un indicador clave de rendimiento puede ayudarte a comprender mejor los logros financieros y operativos de tu empresa, para que puedas ver en qué punto te encuentras e introducir mejoras en tu estrategia.

Figura 2.25: Ejemplo de KPI



Fuente: SYDLE, 2023.

2.1.27 Auditoría de procesos

Moreno (2025) describe esta auditoría y enumera sus componentes:

Una auditoría de procesos es una valoración de los procesos de una organización para evaluar su eficacia, eficiencia y cumplimiento de las normas o directrices establecidas. Implica examinar los procesos, identificar ineficiencias y recomendar mejoras para aumentar la productividad y la calidad.

Los principales componentes de una auditoría de procesos son:

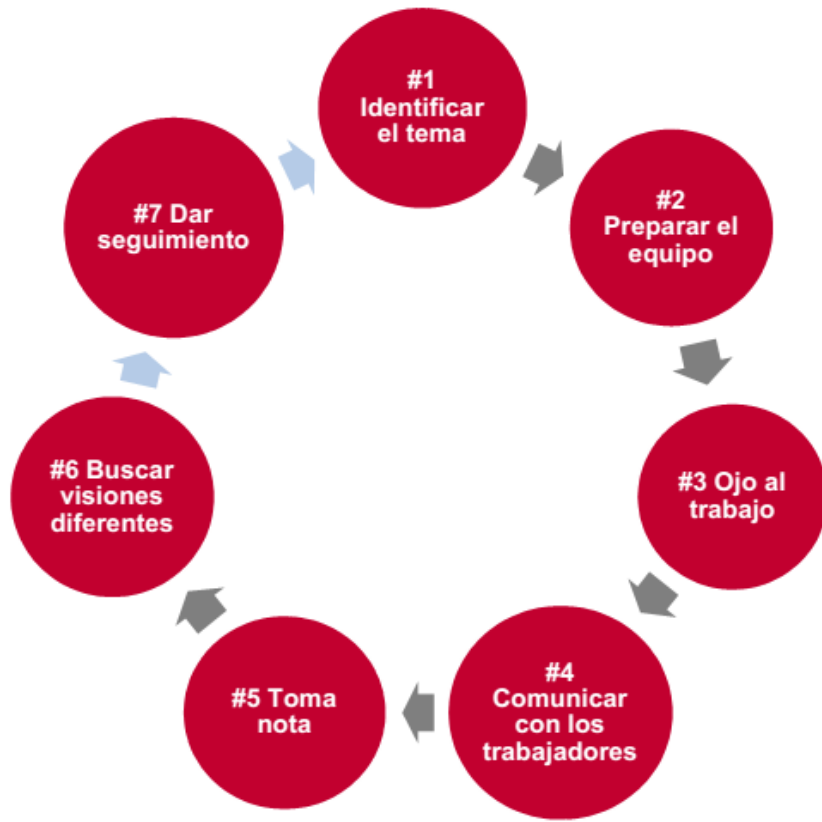
- Revisión de la documentación de los procesos.
- Evaluación de la ejecución del proceso.
- Identificación de los cuellos de botella del proceso.
- Evaluación de los productos y resultados del proceso.
- Recomendaciones para la optimización del proceso (Moreno, 2025).

2.1.28 Gemba walk

En cuanto a esta herramienta, I4is (2025) menciona:

[...] una visita organizada al lugar real donde se realiza el trabajo. Los participantes señalan los lugares del flujo de valor en los que es más probable que acechen los problemas del producto o del proceso, o en los que ya se han detectado problemas. En el *gemba walk* no se resuelven *in situ* los problemas detectados. En cambio, es una oportunidad para recoger observaciones, recopilar datos y hablar con los trabajadores de primera línea, para luego desgranar esos puntos de datos con la esperanza de que las ideas puedan conducir a la mejora del producto o del proceso.

Figura 2.26: Principios claves del gemba walk



Fuente: Uliana, 2020.

2.1.29 Diagrama de Gantt

Editorial Etecé (2024b) se refiere a la definición de este diagrama y sus elementos:

El diagrama de Gantt se realiza en la etapa de planificación para determinar cuánto tiempo demandará cada actividad respecto a la duración total de un proyecto. Además, permite organizar cómo se realizarán las tareas respecto a su secuencialidad o su superposición, ya que puede desarrollarse una después de otra o de manera simultánea.

Este diagrama cumple una función fundamental en la etapa de ejecución de un proyecto, porque se utiliza para controlar que todas las actividades se realicen a tiempo y para determinar si es necesario incluir modificaciones en el plan original.

El diagrama de Gantt consta de los siguientes elementos:

- Actividades. Son las distintas tareas de un proyecto y se anotan en la columna izquierda o en cada barra.
- Tiempo. Está dividido en horas, días, semanas, meses o años en la fila superior.
- Barras o líneas. Su extensión indica cuánto tiempo duran las actividades y sus fechas de inicio y de fin.
- Hitos. Son los momentos clave del proyecto que ocurren porque se terminó una tarea o una etapa.
- Dependencias. Indican que hay tareas cuyo comienzo depende de la finalización de otras.

Figura 2.27: Ejemplo de un diagrama de Gantt

Actividades	Inicio	Fin	Duración	Enero				Febrero			
				Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Estudio de mercado previo	01-01-2017	08-01-2017	1 semana	■							
Constitución del negocio	09-01-2017	23-01-2017	2 semanas		■	■					
Desarrollo de la inversión	24-01-2017	21-02-2017	4 semanas				■	■	■	■	
Construcción del lugar	07-02-2017	21-03-2017	6 semanas						■	■	■
Amoblado del local	22-03-2017	05-04-2017	2 semanas								
Selección del capital humano	06-04-2017	20-04-2017	2 semanas								
Capacitación del capital humano	20-04-2017	04-05-2017	2 semanas								
Alineación administrativa	05-05-2017	26-05-2017	3 semanas								
Inicio de actividades propias del local	27-05-2017	03-06-2017	1 semana								

Fuente: Rodríguez, 2016.

2.1.30 ROI (retorno de la inversión)

Raisin (2025) detalla acerca del ROI lo siguiente:

ROI son las iniciales de *return on investment* o lo que es lo mismo, retorno de la inversión. Es un indicador que permite medir el resultado económico de una inversión. Esto es, ver el beneficio obtenido durante un periodo de tiempo

determinado. Se trata de una información de vital importancia a la hora de contratar productos de ahorro o invertir en activos financieros. [...]

Para calcular el retorno de la inversión necesitas sumar todos los gastos o comisiones que has tenido. La fórmula del ROI la utilizan tanto las empresas para calcular su beneficio como los inversores que buscan una rentabilidad.

Figura 2.28: Fórmula para calcular el ROI

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Inversión Total}} \right) \times 100$$

Fuente: HostingTG, 2025.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se exponen los detalles más importantes de la empresa Sylvania Costa Rica S. A., donde se realiza el estudio.

2.2.1 Visión/misión

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

Visión

"Contamos con más de 100 años de experiencia mejorando la luz y la vida de nuestros clientes, permitiéndoles centrarse en lo que mejor saben hacer, transformando su forma de vivir y trabajar" (Sylvania Costa Rica S. A., 2025).

Misión

"Integramos la tecnología y la innovación creativa a través de nuestros productos, servicios y equipo con el objetivo de: Mejorar la eficiencia energética. Fomentar la sostenibilidad. Incrementar la conectividad. Promover el bienestar" (Sylvania Costa Rica S. A., 2025).

2.2.2 Antecedentes históricos

Los antecedentes de Sylvania Costa Rica S. A. (2025) son los siguientes:

En 1901 se creó la empresa Merritt Manufacturing Company, en Massachusetts, consistía en renovar bombillas quemadas. Treinta años después se da el origen del grupo Sylvania, conociéndose en el mercado como Hygrade Sylvania Corporation.

Con el paso del tiempo y los requerimientos de un mercado que siempre se ha visto exigido por el crecimiento tecnológico, se presentaron las primeras lámparas fluorescentes. El desafío fue la falta de luminarias adecuadas para este tipo de lámparas; un impedimento que se resolvió con la creación de un nuevo negocio de luminarias, estableciéndose en el primer fabricante de una luminaria fluorescente completa.

1959-1972. Posteriormente la empresa cambió su nombre a Sylvania Electric Products Inc, enfocada en productos electrónicos, pero fue hasta 1959 cuando Sylvania se fusiona con General Telephone para la creación de la reconocida GTE Sylvania (de General Telephone & Electronics Corporation). Este marcó el comienzo de un cambio verdaderamente masivo para la empresa y su expansión internacional.

1971-1985. En los comienzos de 1960, en Costa Rica la empresa costarricense Multilux encargada en la distribución de productos eléctricos, decide traer a la franquicia de GTE Sylvania, cuando se crea la fusión de empresarial que permite el establecimiento en Pavas en 1964, de la planta de luminarias que comenzó a producir también electrodomésticos, semáforos, chips para carros, arrancadores. Más tarde se incorporan los bombillos incandescentes y los tubos fluorescentes. Desde esa fecha, los costarricenses disponen de una planta de fabricación, generando cientos de empleos y al mismo tiempo ofreciendo productos de la marca Sylvania, lo que nos convirtió en una marca de referencia, gracias a nuestro respaldo, trayectoria y calidad.

1985-2000. A comienzos de los 90, GTE decidió vender Sylvania para financiar las nuevas inversiones en telecomunicaciones móviles. La división de Sylvania para Europa, Asia y América Latina condujo a la formación de SLI

Holdings International LLC. Sylvania confía en el talento local y en el potencial de desarrollo presente en la región.

Actualmente se distribuyen más de 4200 productos: tubos lineales (tanto fluorescentes como led), bombillería incandescente, fluorescentes compactos, lámparas led, balastros, así como luminarias fluorescentes, HID (mercurio, Metalarc y sodio) y led. Se exportan y distribuyen a 15 países de América (incluyendo mercados que se desean fortalecer como Estados Unidos, la región Andina y Brasil), y en los últimos dos años ha mostrado crecimientos del 20 % al 25 %.

Sylvania se enfrenta a la enorme cantidad de productos genéricos importados que no cuentan con un respaldo real, no solo en cuanto a trayectoria, garantía, innovación de productos y nuevas tecnologías, sino también con una plataforma de servicios especializados. La compañía cuenta con los departamentos de Proyectos, y de Investigación y Desarrollo de Luminarias (R&D) enfocados en el desarrollo total de las luminarias, desde la conceptualización, ingeniería y producción, hasta el apoyo de especialistas en el diseño de iluminación para proyectos, así como el servicio de venta y posventa. Sylvania confía en el talento local y el potencial de crecimiento que existe actualmente en la región, a las nuevas tecnologías que además de ser beneficiosas para el usuario (disminuyendo el consumo energético y aumentando su vida útil), son ecológicas. Sylvania cumple con su misión mediante cada vida que ilumina y hoy está completamente decidida a continuar su trayectoria, siempre presentes, hacia un futuro brillante.

2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación de la empresa es Avenida Elena Lahmann de Rohrmoser, en la provincia de San José, Zona Industrial de Pavas.

Figura 2.29: Mapa satelital de Sylvania Costa Rica S. A.

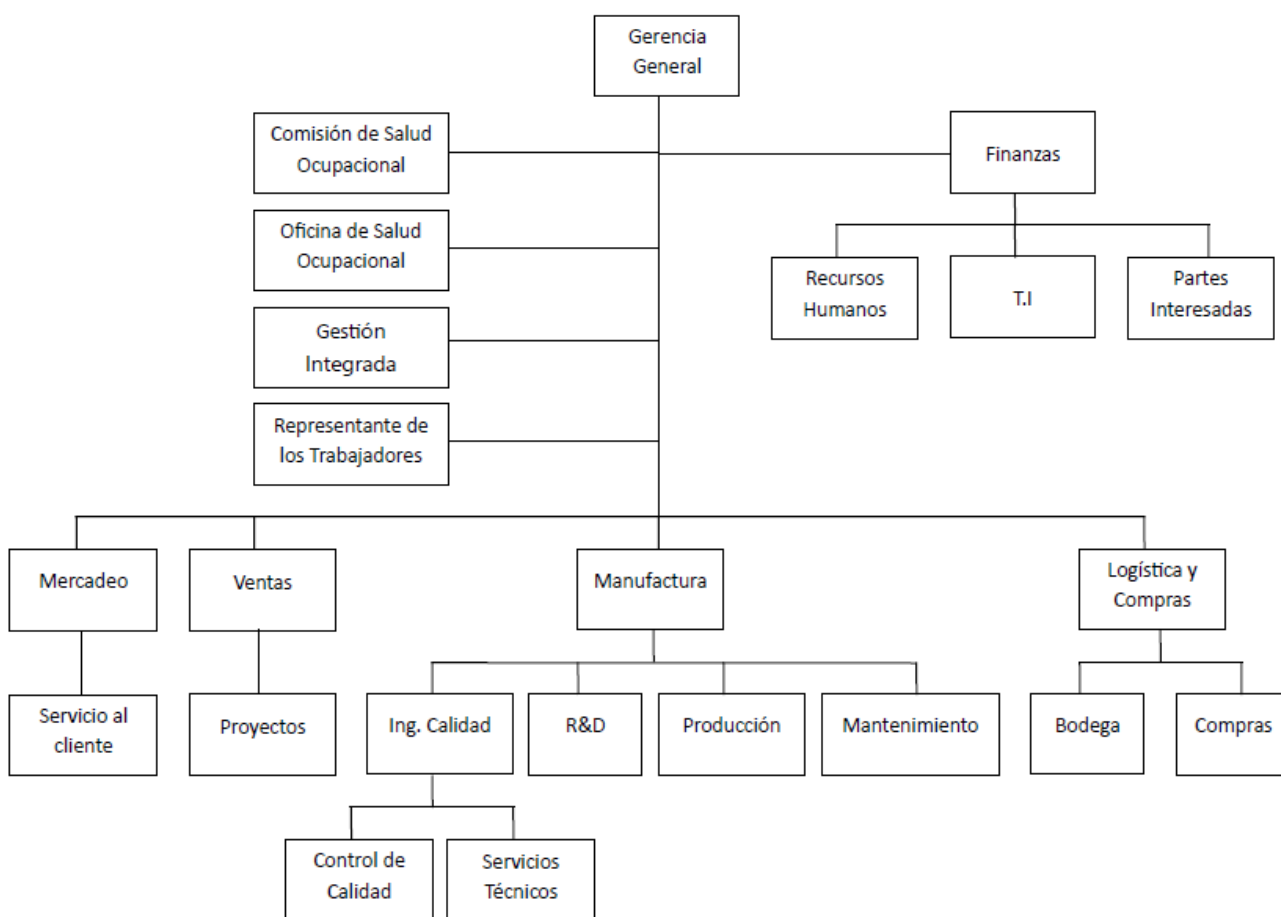


Fuente: Google Maps, 2025.

2.2.4 Estructura organizacional

A continuación, se presenta la estructura organizacional de la empresa, la cual está conformada por varios departamentos.

Figura 2.30: Organigrama de Sylvania Costa Rica S. A.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad total de empleados se muestra en la siguiente tabla. Sin embargo, para esta investigación, se consideran al menos doce personas.

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por departamento

Departamento	Cantidad
Administrativos	38
Ventas	25
Producción	100
Logística	25
Total	188

Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.2.6 Tipos de productos

Actualmente la empresa Sylvania Costa Rica cuenta con diferentes áreas de negocio a nivel mundial, las cuales se dividen en distintos productos según la necesidad del cliente; entre estas, se mencionan:

- Aplicaciones especiales.
- Iluminación interior.
- Iluminación exterior.
- Productos led lámpara.
- Iluminación inteligente.
- Accesorios eléctricos.
- Iluminación solar.

Algunos ejemplos de productos de la empresa se muestran a continuación:

Figura 2.31: Ejemplos de productos de Sylvania Costa Rica S. A.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

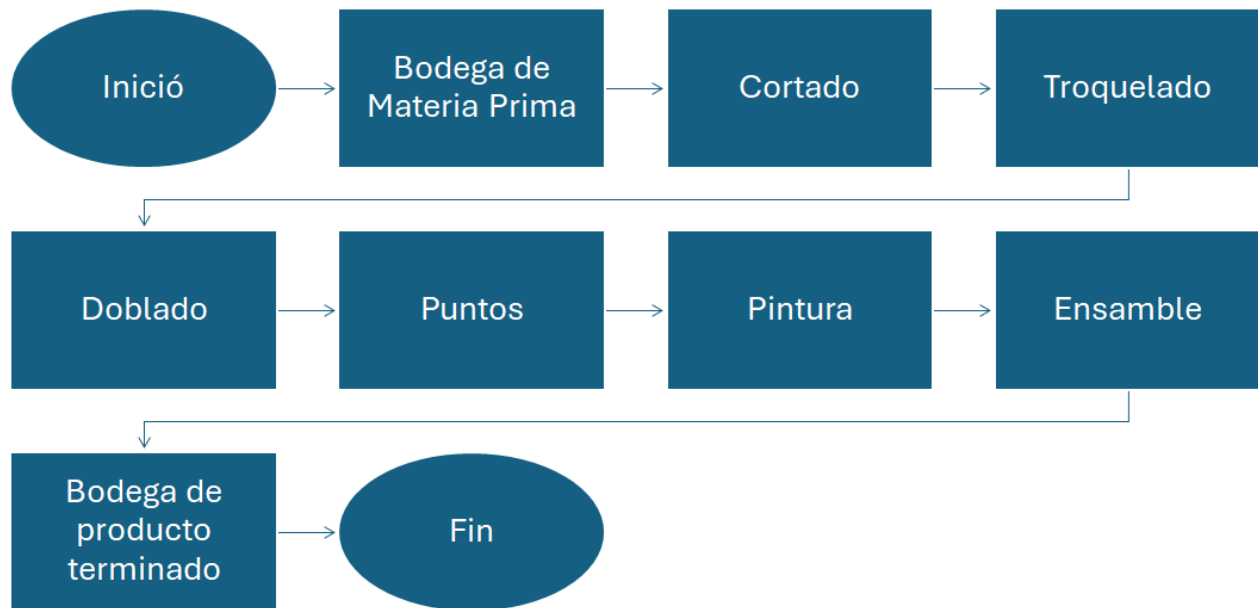
2.2.7 Mercado de exportación

En la actualidad, Sylvania de Costa Rica cuenta con diversas sedes de fabricación y está presente en más de 50 países alrededor del mundo, de este modo ofrece diferentes tipos de iluminación a todos sus clientes (Feilo Sylvania Company, 2025)

2.2.8 Descripción general del proceso productivo

El proceso que se realiza en la empresa Sylvania Costa Ricas S. A. es el siguiente:

Figura 2.32: Proceso productivo de Sylvania Costa Rica S. A.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- Bodega de materia prima: los colaboradores de bodega se encargan de despachar el hierro necesario para realizar la lámpara solicitada por los clientes.
- Cortado: se verifica el número de hierro por utilizar para llevar a cabo los cortes correspondientes de las piezas que conforman cada una de las luminarias, según las medidas ya establecidas por parte del Departamento de R&D.
- Troquelado: por medio de la máquina CNC, se programa el equipo con el modelo correspondiente y se efectúan las perforaciones al hierro para que más adelante se le puedan colocar los componentes que conforman la luminaria.
- Doblado: se programa la prensa dobladora con las medidas por utilizar para realizar los dobleces en el hierro y darle forma a cada parte que compone la luminaria.
- Puntos: se lleva a cabo la unión de las partes que conforman la luminaria, pues se le debe dar estabilidad por medio de puntos de soldadura.

- Pintura: se suben las piezas de hierro a la cadena que pasa por medio de dos túneles. Uno de estos efectúa la limpieza de la grasa del hierro y el siguiente se encarga de pintar el hierro.
- Ensamble: se realiza el ensamble de los componentes que conforman el modelo de luminaria solicitado por el cliente. Luego, se ejecuta una prueba de su funcionalidad y, posteriormente, se empaca.
- Bodega de producto terminado: los colaboradores se encargan de verificar las luminarias con respecto al pedido solicitado por el cliente y de ingresar las luminarias a la bodega por medio del montacargas.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

En este caso se realiza una investigación mixta, considerando las características cualitativas del proceso como las revisiones al material que llevan a cabo los operarios de producción y la opinión del personal con mayor antigüedad en la empresa que permite conocer cómo era el proceso de ensamblaje anteriormente y compararlo con la situación actual.

La Editorial Etecé (2025b) menciona acerca de este enfoque:

La investigación cualitativa es aquella que recoge información sobre un tema a través de la observación, la documentación u otras técnicas disponibles. Dicha información es sometida a un estudio crítico y una interpretación rigurosa, a menudo acompañada de la lectura de bibliografía preexistente, que puede servir como marco de referencia. No requiere de mediciones numéricas ni cálculos estadísticos o matemáticos. Su nombre proviene de cualidad, es decir, de las propiedades o atributos de algo.

Respecto al elemento cuantitativo, en función de recabar los datos, se toman tiempos de la duración del proceso de ensamblaje y se considera el historial de la empresa para hacer la comparación de los datos.

Con relación a este enfoque, la Editorial Etecé (2025b) agrega:

La investigación cuantitativa es aquella que emplea magnitudes numéricas para medir y analizar los datos y que expresa los resultados a través de valores matemáticos o estadísticos. Su nombre proviene de cantidad o cuantificación, es decir, numeración.

Este tipo de investigación permite identificar patrones y tendencias a través del análisis de valores porcentuales o del comportamiento de variables. Además, ayuda a establecer relaciones de causa y efecto.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

En cuanto al presente estudio, se utiliza la metodología DMAIC, la cual es una herramienta para la investigación de problemas, que mide y mejora su rendimiento. Consiste en cinco etapas, a saber:

- Definir (*define*): identificar claramente el problema por solucionar o mejorar, entendiendo la causa raíz de este por medio de los operarios de producción y la visualización del proceso de ensamblaje.
- Medir (*measure*): recopilación de datos para comprender la situación actual del proceso. Se realiza en los horarios que disponga la empresa y, por alcance, en horario diurno únicamente.
- Analizar (*analyze*): evaluación de los datos para identificar la causa raíz del problema y posibles mejoras, por lo que se involucra al personal del área de estudio para saber el antes y después del ensamble de las luminarias.
- Mejorar (*improve*): encontrar las soluciones del problema e implementarlas luego de asegurar que son rentables para la organización. Se lleva a cabo por medio de pruebas cuando haya un lote correspondiente de la luminaria en estudio.
- Controlar (*control*): dar seguimiento continuo de las mejoras implementadas para verificar que estén funcionando en óptimas condiciones.

A efectos del estudio, en la etapa definir se considera el levantamiento de los datos o de la información para identificar el problema.

Figura 3.1: Metodología DMAIC



Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

La información la suministra el Departamento de Mejora Continua, porque en esta área se realiza la toma de tiempos de toda la planta de producción; además, tiene el histórico de las tomas de tiempos hechas anteriormente.

Los colaboradores aportan distintas ideas sobre cómo se encuentra el proceso al ser los encargados directos de ejecutar esta labor durante toda su jornada laboral; así, se refieren a aspectos sobre el ensamble de las diversas luminarias de la empresa o cómo es la luminaria 705. Además, ellos conocen mejor el proceso.

Ahora bien, otra fuente es la ERP (planificación de recursos empresariales), definida por BBVA Spark (2023) como:

[...] es un *software* diseñado para que las empresas centralicen la gestión de procesos y la información procedente de diferentes departamentos, desde las

finanzas hasta los recursos humanos. Su empleo ayuda a los emprendedores a optimizar la operativa, aumentar la productividad del equipo y ahorrar costes.

Mediante el ERP de la empresa, llamado Power Link, se obtiene información por medio de un archivo de Excel acerca de cada cuánto se solicita este tipo de luminaria por parte de los clientes y el tiempo promedio de la duración desde que se empieza a fabricar hasta su entrega a bodega.

3.3.1 Sujetos de información

De acuerdo con los sujetos de información, se consulta al personal clave de la empresa, incluyendo supervisores, ingenieros y operarios directamente involucrados en el proceso. Además, mediante la observación directa y el uso de herramientas ingenieriles, se recolecta información sobre el flujo del proceso de producción.

A continuación, se presenta el acta de constitución del proyecto (*project charter*) correspondiente a esta investigación.

Figura 3.2: Project charter

PROJECT CHARTER	
1.- Fecha: Marzo, 2025	2.- Nombre del proyecto "Propuesta de mejora en la eficiencia del proceso de luminaria 705 en Sylvania Costa Rica S. A. por medio de la metodología DMAIC y estudio de trabajo".
3.- Miembros 3.1 Equipo de trabajo Ingeniero de mejora continua. Líderes. Supervisor de producción. Operarios. 3.2 Supervisores del proyecto Gerente de manufactura.	4.- Área de aplicación, interesados del proyecto Área de producción de Sylvania: Luminaria 705.
5.- Fecha de inicio del proyecto: marzo, 2025.	6.- Fecha tentativa finalización: junio, 2025.
7.- Objetivos del proyecto 7.1 Objetivo general: Proponer una mejora en cuanto a la eficiencia del proceso de la luminaria 705 en Sylvania Costa Rica S. A., a partir de la metodología DMAIC y estudio del trabajo, que reduzca el tiempo de ensamblaje y la variabilidad en al menos un 5 %. 7.2. Objetivos específicos 7.2.1 Analizar el proceso actual de ensamblaje de la luminaria 705, por medio de un análisis de contexto en el Área de Producción. 7.2.2 Evaluar el desempeño actual del proceso de ensamblaje de la luminaria 705, mediante la recopilación de datos que permitan detectar las principales causas de la ineficiencia. 7.2.3 Proponer alternativas de mejora, con el fin de reducir el tiempo de ensamblaje y la variabilidad en al menos un 5 %. 7.2.4 Plantear un sistema de control que posibilite monitorear de forma continua el tiempo de ensamblaje y la variabilidad del proceso de la luminaria 705.	
Descripción del producto: manufactura de productos luminosos para diversas áreas.	
Posibles restricciones: falta de registro de información y tiempo para el desarrollo del estudio.	
Identificación de grupos de interés (stakeholders): Natalia Castellón Ramírez . Cliente directo: Empresa Sylvania Costa Rica. Cientes indirectos: Departamento de Ensamble.	
Aprobado por: Gerente de manufactura.	Presentado por: Natalia Castellón Ramírez.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el documento anterior se presenta una definición ejecutiva del proyecto, en la que se detallan aspectos clave como los objetivos, los factores críticos de éxito y las

restricciones de este. Además, se establece la estructura del proyecto, los roles y las responsabilidades asignados a cada uno de los participantes involucrados.

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Analizar el proceso actual de ensamblaje de la luminaria 705, por medio de un análisis de contexto en el Área de Producción.	Método de ensamble utilizado	Cada colaborador tiene su forma de realizar el ensamblaje de la luminaria.	Tiempo promedio que se tarda ensamblando una unidad.	• Diagrama de flujo • FODA • Matriz FODA • Diagrama SIPOC • Diagrama de PESTEL • Análisis de <i>stakeholders</i>
Evaluar el desempeño actual del proceso de ensamblaje de la luminaria 705, mediante la recopilación de datos que permitan detectar las principales causas de la ineficiencia.	Estudio del trabajo	Análisis de las tareas realizadas en el ensamblaje para identificar ineficiencias y puntos de mejora.	Recolección de datos sobre tiempos, movimientos y fallos comunes.	• Cronómetro • Árbol de CTQ • Análisis de datos • Gráfico de barras • Gráfico circular • Encuesta • Diagrama de recorrido • Estudio del trabajo • Estudio de tiempos • Estudio de métodos • Cursograma analítico • Lluvia de ideas • Diagrama de Ishikawa • Multivoto • Diagrama de Pareto • Diagrama de relaciones

Proponer alternativas de mejora, con el fin de reducir el tiempo de ensamble y la variabilidad en al menos un 5 %.	Reducción del tiempo y la variabilidad	Disminución del tiempo promedio de ensamble y la variabilidad en el desempeño de los colaboradores.	Comparación del tiempo de ensamble antes y después de las mejoras propuestas. Verificación de las mejoras establecidas.	• Diagrama de flujo • Manual de procedimientos • Metodología AIDA • Diagrama de recorrido y distribución de planta • Comparación de tiempos • Estudio de métodos • Metodología de 5S • Metodología <i>train-motivate-evaluate</i>
Plantear un sistema de control que posibilite monitorear de forma continua el tiempo de ensamble y la variabilidad del proceso de la luminaria 705.	Tiempo de ensamble	Es la cantidad de tiempo que transcurre desde que inicia hasta que finaliza el proceso de ensamble de una luminaria 705.	Se registra el inicio y fin del proceso de ensamble para cada unidad producida. Se calcula un promedio por jornada y se analiza la tendencia semanal y mensual.	• Implementación de KPI • Auditoría de proceso • <i>Gemba walk</i> • Auditorías de 5S • Estrategia de control y sostenibilidad de la metodología <i>train - motivate-evaluate</i> • Diagrama de Gantt • ROI

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.5 INSTRUMENTOS

La información para desarrollar el presente estudio es la siguiente:

Encuestas: se llevan a cabo entrevistas confidenciales dirigidas a los actores clave del área, utilizando preguntas estratégicas que permiten recolectar información relevante para sustentar y orientar la propuesta de mejora del proceso.

Cronómetro: se utiliza un cronómetro para realizar la toma de los tiempos de los operarios del Área de Ensamble y, así, conocer cuánto tiempo se tardan en ejecutar cada tarea correspondiente al ensamble de la luminaria 705 e identificar su tiempo muerto y ocioso.

Propuesta de flujo: implementar una nueva ruta de trabajo para que los colaboradores sean más eficientes en sus estaciones de trabajo y se muevan solo lo necesario; de este modo, pueden aprovechar el tiempo en otras tareas.

Implementación de KPI: al no haber una producción meta, los colaboradores se han mantenido en una zona de confort, pero con la implementación de una meta fija por hora, se puede verificar si cumplen o no con el estándar solicitado.

Gemba walk: considerando las mejoras por implementar en el área, las caminatas frecuentes ayudan a verificar que los colaboradores sí están cumpliendo con los nuevos métodos propuestos.

3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Por medio de la metodología DMAIC, se utilizan diversas herramientas ingenieriles para desarrollar el estudio:

En primer lugar, el diagrama de flujo, FODA, matriz FODA y diagrama de SIPOC ayudan a conocer de dónde proviene la materia prima, cuáles son las fortalezas y debilidades que se encuentran en la empresa, cuál es el recorrido que debe hacer la luminaria para llegar al Departamento de Ensamblaje y cómo se realiza el mismo. Además, se implementa el diagrama de PESTEL para identificar los factores que pueden influir en esta investigación y un análisis de *stakeholders* para definir las partes de interés.

Ahora bien, con las herramientas de gráfico de barras, árbol de CTQ, análisis de datos, encuestas, diagrama de recorrido y estudio del trabajo, se recopilan los datos

necesarios para conocer cómo se encuentra actualmente la empresa y, de esta manera, comparar los datos actuales con los nuevos registros obtenidos, lo que permite identificar oportunidades de mejora en el proceso.

Por su parte, los estudios del trabajo, tiempo y movimiento arrojan una idea más clara de dónde atacar el problema para brindar soluciones más asertivas y utilizar los recursos de la empresa de forma ideal y más eficiente.

Después, se elabora una lluvia de ideas con varios colaboradores del área en estudio para identificar las diversas causas de la ineficiencia de los recursos (tiempo, mano de obra y material). Luego, las causas se organizan en cada una de las 6 M del diagrama de Ishikawa y por medio del multivoto se les indica a los colaboradores que distribuyan 100 puntos en cada una de las causas según las consideren más críticas. A su vez, el diagrama de Pareto indica el porcentaje acumulado de cada causa que produce la demora en el ensamble y se valora atacar el 20 % de estas. Al respecto, se utiliza un diagrama de relaciones en caso de que se identifiquen múltiples causas, con el fin de establecer conexiones entre estas y enfocar el análisis de manera más precisa.

Asimismo, se crea una propuesta de flujo para que los colaboradores no deban realizar movimientos innecesarios y sean más eficientes a la hora de efectuar el ensamble de la luminaria. Se implementan KPI para medir la producción de cada colaborador en cada paso donde ejecuten tareas. Por último, se plantea un *gemba walk* los primeros tres meses de la implementación de las mejoras para garantizar que los colaboradores cumplan con todas las mejoras hechas en el departamento.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La investigación se realiza en Sylvania Costa Rica S. A., ubicada en la Zona Industrial de Pavas, San José, donde se diseñan, crean e instalan luminarias. El estudio se desarrolla en el Área de Ensamble, específicamente en el modelo de luminaria 705, en una línea de producción que cuenta con ocho colaboradores.

La problemática identificada en el Departamento de Ensamble es la ineficiencia de sus recursos, ya que posee bandas transportadoras que se utilizan como estaciones de trabajo fijas, la mano de obra rota continuamente y los tiempos no son óptimos.

Por lo tanto, se emplea la metodología DMAIC para conocer más a fondo la problemática y proporcionar mejoras con el objetivo de reducir en al menos un 5 % el tiempo y la variabilidad en la línea de producción.

4.1 DEFINIR

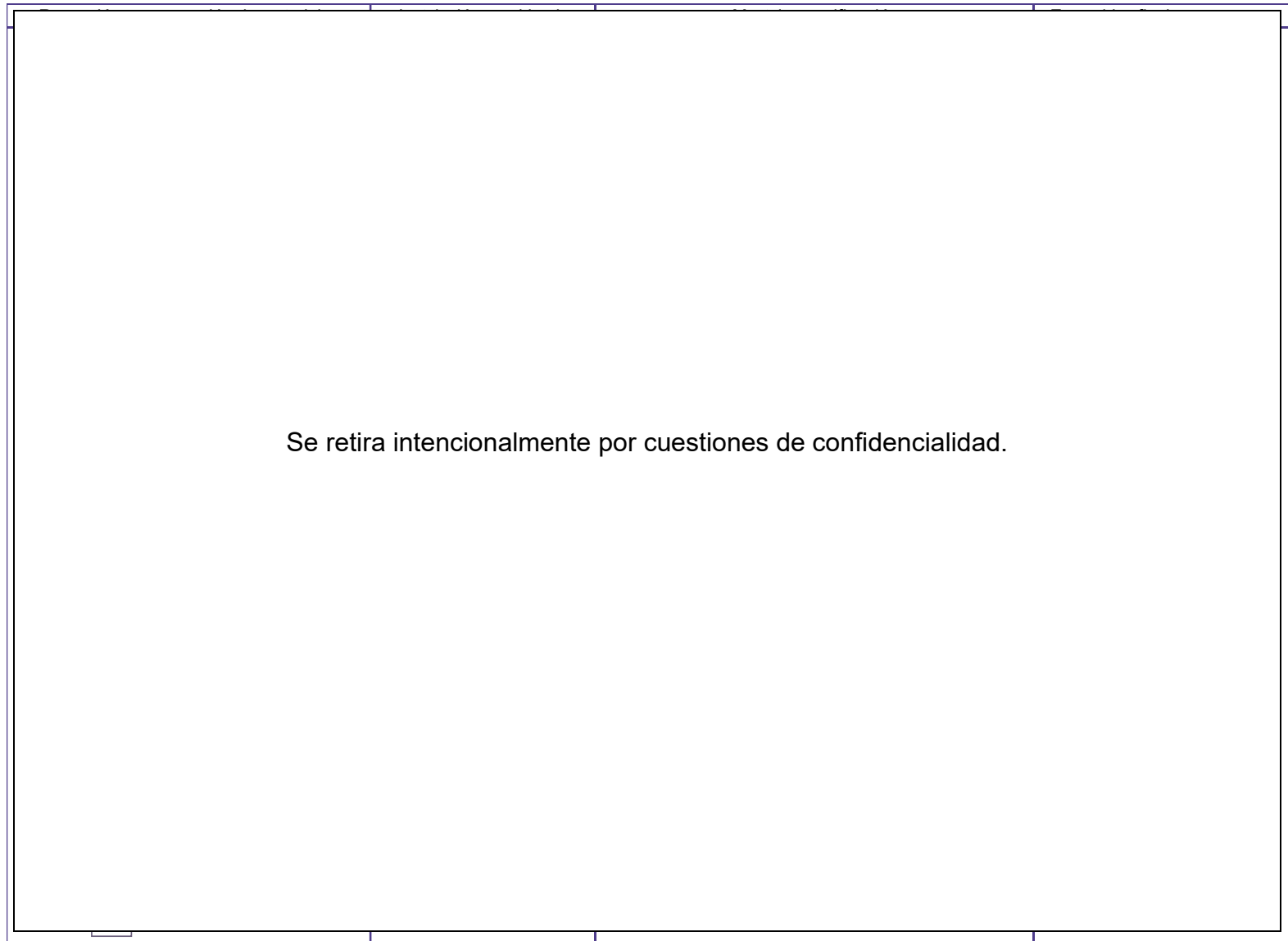
En esta primera etapa de la metodología, se analiza la situación actual del proceso productivo de la luminaria. De este modo, utilizando diversas herramientas ingenieriles, se determina el problema con el que cuenta la empresa y las posibles oportunidades de mejora. A continuación, se procede a desarrollar las herramientas empleadas en esta etapa.

4.1.1 Diagrama de flujo

Esta herramienta representa visualmente el proceso productivo para la elaboración de la luminaria 705, por medio de una serie de pasos en orden secuencial y diversos símbolos que identifican cada uno de los procesos.

El diagrama se divide en cuatro secciones: recepción y preparación del material, instalación y cableado, montaje y verificación, ensambles finales y empaque. Desde el momento de enviar la solicitud de la materia prima a bodega hasta que se empaca el producto.

Figura 4.1: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con el anterior diagrama de flujo, se aprecia el proceso productivo para ensamblar la luminaria. Ahora bien, con el fin de obtener una visión más clara de cada uno de los procesos, se detalla lo siguiente:

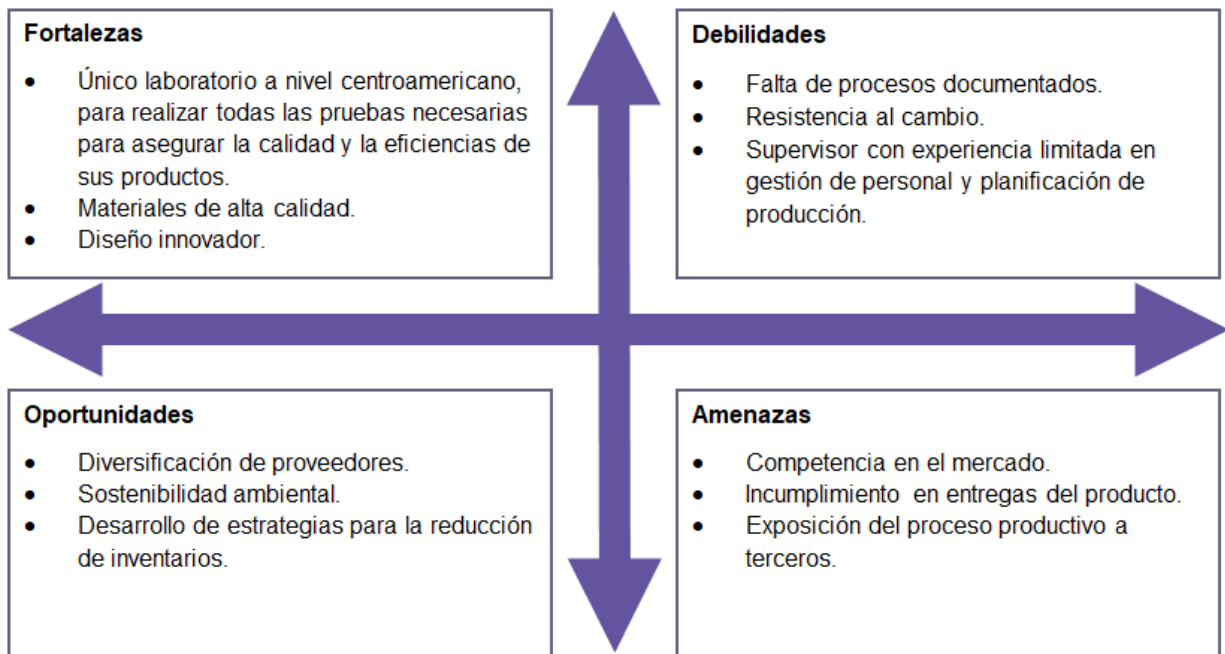
1. Envío de un correo electrónico a la bodega de materia prima para la solicitud de las barras ledes, cuerpos de la luminaria y cajas.
2. Entrega de las cajas y barras ledes al piso de producción.
3. Traslado de los soportes Z del Área de Laminado y se les coloca un tornillo con su respectiva tuerca.
4. Traslado de los chasis de la luminaria del Área de Laminado, se toma uno a uno y se les rocía *thinner* para realizar la limpieza.
5. En caso de que alguno se encuentre con desprendimiento de pintura o decoloración, se envía al Área de Pintura.
6. Unión del soporte Z con el chasis por medio de dos remaches y se coloca uno en cada lado.
7. Colocación de las barras ledes, se ajustan y se coloca un tornillo. También, se instalan los cables blanco y negro en estas.
8. Se toman los *drivers*, se programan con la computadora y se colocan en el soporte ajustados con dos tornillos en cada lado, que con su respectiva arandela y tuerca, se enroscan.
9. Instalar los cables del *driver*, el cable de tierra y se pegan las etiquetas de los cables.
10. Unión del chasis con el soporte del *driver*, con los tornillos colocados con anterioridad al soporte Z.
11. Conexión de los cables de las barras ledes con los del *driver*.
12. Se realiza una prueba de funcionalidad. En caso de que alguna de las barras ledes no encienda, se debe verificar la conexión. Si enciende con normalidad, se coloca sobre una estación de trabajo vacía para continuar con su ensamble.
13. Se arman las cajas y se apilan en una tarima.
14. Se coloca dentro del cuerpo de la luminaria lo siguiente: dos soportes de chasis, los cables de acero con su respectiva tuerca, un kit para que el cliente realice la instalación, la etiqueta y el soporte de sujeción.

15. Se coloca el chasis en el cuerpo, se une por medio del cable de acero colocado anteriormente. Se colocan cuatro tornillos para que este no se mueva.
16. Se realiza el empaque de la luminaria: se coloca el cuerpo dentro de la caja, luego dos cartones, se prosigue a colocar el difusor y, encima de este, un cartón amplio para que no haya movimiento dentro de la caja.
17. Se cierra la caja y se prosigue a colocar en una tarima.

4.1.2 FODA

Con el propósito de tener una visión clara de la situación de la empresa Sylvania Costa Rica, se analizan los aspectos positivos y negativos dentro y fuera de la organización, por medio de un análisis FODA, para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Figura 4.2: FODA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con el análisis FODA realizado, a continuación se detallan los factores internos y externos de la empresa:

Fortalezas

- Único laboratorio a nivel centroamericano para realizar todas las pruebas necesarias que aseguren la calidad y la eficiencia de sus productos.
- Materiales de alta calidad: la empresa se caracteriza por utilizar material de alta calidad para una mayor durabilidad y resistencia a diversos ambientes donde pueda colocarse la luminaria. Además, se efectúan diversas pruebas para identificar la calidad del producto antes de distribuirse.
- Diseño innovador: se caracteriza por brindar soluciones a sus clientes para adaptar las luminarias al entorno que requiere iluminarse.

Oportunidades

- Diversificación de proveedores: actualmente la empresa mantiene los mismos proveedores, pero en ocasiones no cumplen con los tiempos de entrega de la materia prima, lo que ocasiona demoras en la producción de las luminarias.
- Sostenibilidad ambiental: la empresa se encuentra comprometida con la sostenibilidad ambiental, por eso ha implementado diversos tipos de mejoras para poder utilizar energías renovables, como la colocación de paneles solares. Asimismo, se orienta al personal para que reciclen por medio de la colocación de diversos basureros.
- Desarrollo de estrategias para la reducción de inventarios: se realizan ofertas de diferentes productos para disminuir el inventario de la bodega de producto terminado.

Debilidades

- Falta de procesos documentados: en la actualidad la empresa no cuenta con procedimientos establecidos para llevar a cabo diversas tareas, lo cual ocasiona que cada colaborador cumpla con sus funciones de manera autónoma.
- Resistencia al cambio: debido a que en la actualidad la empresa cuenta con mucho personal que lleva más de 10 años laborando en esta, los colaboradores ya están acostumbrados a ejecutar las funciones diarias de una forma específica.

Por lo tanto, a la hora de implementar un nuevo método, se abstienen de seguirlo.

- Supervisor con experiencia limitada en gestión de personal y planificación de producción: considerando que es la persona encargada de liderar al equipo de trabajo y también tomando en cuenta el cumplimiento del plan de producción para poder entregar el producto a tiempo a todos los clientes, se determina que hacen falta diversos tipos de habilidades para que su equipo de trabajo colabore de manera efectiva.

Amenazas

- Competencia en el mercado: en la actualidad existe una variedad de empresas que desarrollan productos similares a los distribuidos por esta fábrica a un bajo costo, esto ocasiona competir para llamar la atención del consumidor.
- Incumplimiento en entregas del producto: se le indica al cliente una fecha estimada para la entrega de su pedido, pero diversos factores afectan lo antes acordado, por ejemplo, la falta de materiales, fallas en la maquinaria, problemas aduaneros o problemas en el transporte.
- Exposición del proceso productivo a terceros: constantemente se realizan recorridos dentro de la empresa a terceras personas, por lo que puede haber una filtración de información, pues estas se encuentran autorizadas a tomar fotos dentro del piso de producción.

4.1.3 Matriz de FODA

A continuación, se muestra la matriz de estrategias del análisis FODA, tomando en cuenta los factores internos de la empresa, las fortalezas (F) con las debilidades (D), y los factores externos de la empresa, las oportunidades (O) junto con las amenazas (A).

Figura 4.3: Matriz de FODA

Factores Externos	Factores Internos	Fortalezas	Debilidades
		Único laboratorio a nivel centroamericano para realizar todas las pruebas necesarias que aseguren la calidad y la eficiencia de sus productos.	Falta de procesos documentados.
		Materiales de alta calidad.	Resistencia al cambio.
		Diseño innovador.	Supervisor con experiencia limitada en gestión de personal y planificación de producción.
Oportunidades	Estrategia FO		Estrategia DO
Diversificación de proveedores.	Utilizar el laboratorio para certificar nuevos proveedores, asegurando la calidad y fortaleciendo la alternativa de proveedores.		Documentar los procesos de evaluación y selección de proveedores para asegurar la calidad, facilitar la integración de nuevos proveedores y fortalecer la cadena de suministro.
Sostenibilidad ambiental.	Elaborar productos con materiales de alta calidad y amigables con el medio ambiente para aprovechar las energías limpias.		Capacitar al personal para disminuir la resistencia al cambio y adaptarse a la sostenibilidad ambiental.
Desarrollo de estrategias para la reducción de inventarios.	Implementar el diseño innovador para desarrollar productos que optimicen espacio y recursos, lo cual facilita la disminución de inventarios.		Fortalecer la gestión del supervisor mediante programas de formación para mejorar la selección y la planificación de producción.
Amenazas	Estrategia FA		Estrategia DA
Competencia en el mercado.	Aprovechar el recurso del laboratorio para garantizar la calidad ante la competencia.		Realizar programas de mejora continua dentro de la organización para enfrentar la competencia.
Incumplimiento en entregas del producto.	Aprovechar la materia prima de alta calidad para garantizar las entregas a tiempo.		Diseñar programas de capacitación a los colaboradores para la adaptación al cambio, enfocados en la importancia de cumplir con los tiempos de entrega y la calidad.
Exposición del proceso productivo a terceros.	Diseñar un procedimiento ante la visita de terceras personas para proteger el conocimiento interno.		Crear procedimientos de seguridad para reducir la exposición del proceso productivo a terceros.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Para concluir este análisis, a continuación se describen las relaciones de la matriz FODA:

Estrategia FO (fortalezas/oportunidades)

- Utilizar el laboratorio para certificar nuevos proveedores, asegurando la calidad y fortaleciendo la alternativa de proveedores.
- Elaborar productos con materiales de alta calidad y amigables con el medio ambiente para aprovechar las energías limpias.
- Implementar el diseño innovador para desarrollar productos que optimicen espacio y recursos, lo cual facilita la disminución de inventarios.

Estrategia DO (debilidades/oportunidades)

- Documentar los procesos de evaluación y selección de proveedores para asegurar la calidad, facilitar la integración de nuevos proveedores y fortalecer la cadena de suministro.
- Capacitar al personal para disminuir la resistencia al cambio y adaptarse a la sostenibilidad ambiental.
- Fortalecer la gestión del supervisor mediante programas de formación para mejorar la selección y la planificación de producción.

Estrategia FA (fortalezas/amenazas)

- Aprovechar el recurso del laboratorio para garantizar la calidad ante la competencia.
- Aprovechar la materia prima de alta calidad para garantizar las entregas a tiempo.
- Diseñar un procedimiento ante la visita de terceras personas para proteger el conocimiento interno.

Estrategia DA (debilidades/amenazas)

- Realizar programas de mejora continua dentro de la organización para enfrentar la competencia.

- Diseñar programas de capacitación a los colaboradores para la adaptación al cambio, enfocados en la importancia de cumplir con los tiempos de entrega y la calidad.
- Crear procedimientos de seguridad para reducir la exposición del proceso productivo a terceros.

En cuanto al presente estudio, la estrategia que más se adapta es la DA (debilidades/amenazas), porque la falta de procedimientos documentados dentro de la organización afecta los estándares de calidad, lo que puede aprovechar la competencia para atraer a futuros clientes. También, por la necesidad de que los colaboradores reconozcan la importancia de las mejoras en los procesos para poder alcanzar el cumplimiento en la producción y, así, entregar las solicitudes a tiempo. Por último, debido a la necesidad de implementar un método de seguridad para evitar la exposición del proceso productivo.

4.1.4 Diagrama de SIPOC

Con el siguiente diagrama de SIPOC, se representa de manera gráfica el proceso general del ensamble de la luminaria 705; asimismo, se conocen las variables de entradas y salidas y sus clientes.

Figura 4.4: Diagrama de SIPOC



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se detallan las etapas del SIPOC:

Suplidores: son los encargados de facilitar los insumos necesarios para la realización del ensamble de la luminaria.

Entradas: son las materias primas necesarias para efectuar el ensamble correspondiente de las luminarias. Además, son de suma importancia para garantizar que el material se desplace continuamente.

Proceso: es una serie de pasos que se llevan a cabo para hacer el ensamble de las luminarias. Cada paso completado ayuda a que el material llegue con mayor agilidad al cliente final.

Salidas: es el resultado de la secuencia de paso para obtener el producto terminado.

Clientes: son las personas nacionales o internacionales que hacen uso del producto.

4.1.5 Diagrama de PESTEL

A partir de esta herramienta, se comprende el entorno que puede afectar a la empresa, tales como factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales. Estos elementos externos pueden influir en la toma de decisiones estratégicas. Por ello, se realiza un análisis PESTEL que permite identificar amenazas y oportunidades que pueden impactar positiva o negativamente en la empresa. Cada uno de los factores del análisis posibilita evaluar aspectos específicos que no dependen directamente de la empresa, pero sí tienen influencia en sus operaciones.

Al comprender estos aspectos, la empresa puede anticipar escenarios y mejorar su capacidad de respuesta.

Con el fin de evaluar el impacto de cada aspecto de la investigación, se cuestiona con la siguiente pregunta: ¿Cómo afectan los factores del análisis PESTEL a la empresa y su desempeño?

- Si la respuesta es positiva, se considera oportunidad.
- Si la respuesta es negativa, se considera amenaza.
- Si la respuesta es neutra, se considera indiferente.

En la siguiente tabla se muestra la matriz del análisis PESTEL:

Tabla 4.1: Matriz del análisis PESTEL

Factor	Aspecto	Tiempo de Impacto			Tipo de Impacto		
		Corto (1-2 años)	Medio (3-5 años)	Largo (+5 años)	Positivo	Negativo	Indiferente
Político	Regulaciones comerciales						
	Tratados comerciales						
Económico	Demanda del mercado						
	Tasa empleo						
Sociocultural	Preferencia del consumidor						
	Estilo de vida						
Tecnológico	Automatización						
	Productos inteligentes						
Ecológico	Regulaciones ambientales						
Legal	Certificaciones ISO, UL, NOM						
	Leyes laborales						

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Por medio de la aplicación de la matriz, se deduce que la implementación de este proyecto afecta en un tiempo medio y su impacto en su mayoría es positivo. Lo expuesto se detalla a continuación:

1. Político: influye directamente en la operación de la empresa, en especial mediante las regulaciones comerciales y tratados internacionales. Las regulaciones pueden representar barreras a largo plazo, afectando de modo negativo los costos y los procesos logísticos, mientras que los tratados comerciales abren oportunidades de expansión en nuevos mercados, disminuyen aranceles y mejoran la competitividad del producto. Es clave anticiparse a estos factores para garantizar el cumplimiento normativo y aprovechar los beneficios de una apertura comercial.
2. Económico: impacta tanto en la oferta como en la demanda. Factores como la demanda del mercado, que tiene efectos a corto plazo, le permiten a la empresa ajustar su producción y estrategias de venta con agilidad. Por otro lado, la tasa de empleo tiene un efecto a mediano plazo: un mayor empleo se traduce en mayor consumo, pero también en cambios en la disponibilidad y costo de la mano de obra. Comprender estos elementos facilita tomar decisiones fundamentadas en cuanto a producción, contratación y expansión.
3. Sociocultural: las preferencias del consumidor y el estilo de vida generan un impacto positivo a mediano plazo. Las empresas deben estar atentas a las

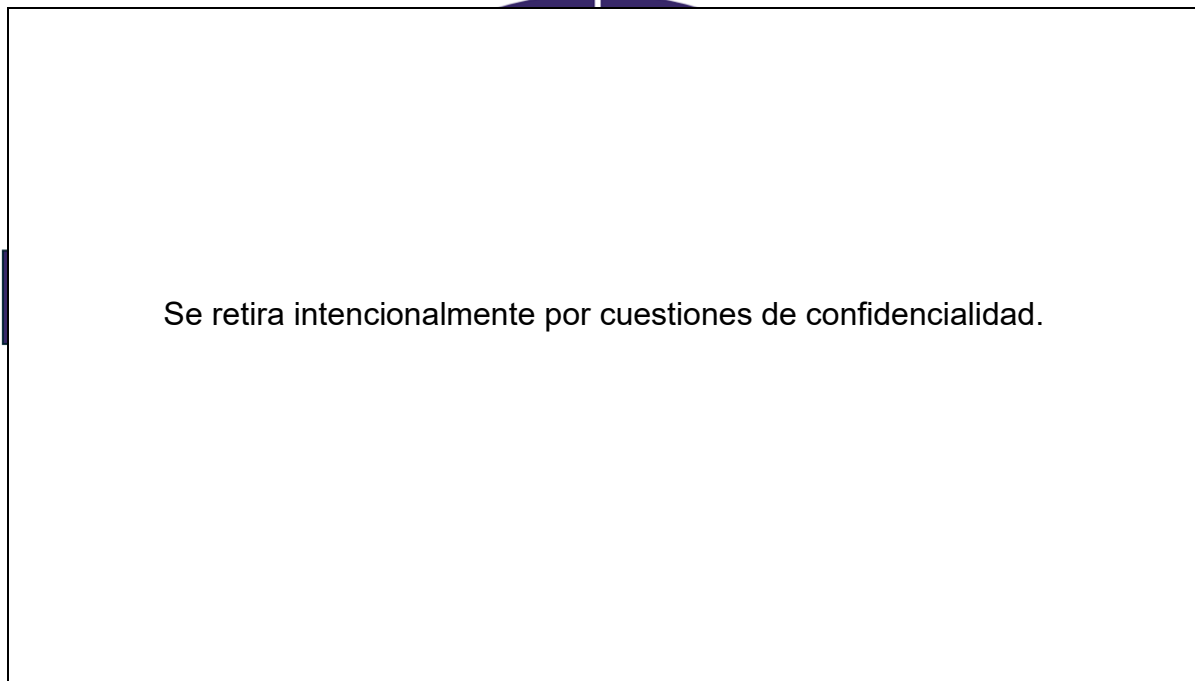
nuevas tendencias de consumo, como la sostenibilidad, digitalización o salud, que influyen en la aceptación de los productos. Adaptarse a estos factores no solo mejora la conexión con el cliente final, sino que también permite innovar y mantenerse relevante en el mercado.

4. Tecnológico: representa una ventaja competitiva cuando se aprovecha adecuadamente. La automatización de procesos tiene un efecto inmediato, reduciendo tiempos, errores y costos operativos. Asimismo, el desarrollo de productos inteligentes genera beneficios a mediano plazo, ya que permiten diferenciarse, ofrecer mayor valor agregado al cliente y responder a las demandas de un mercado más digitalizado y exigente.
5. Ecológico: las regulaciones ambientales generan un impacto negativo a largo plazo si no se gestionan proactivamente. Estas normas exigen cambios en materiales, procesos y gestión de residuos, lo que puede elevar los costos de producción. Sin embargo, de igual modo representan una oportunidad para integrar prácticas sostenibles que mejoren la imagen corporativa y la aceptación del producto en mercados con alta conciencia ecológica.
6. Legal: impone obligaciones que, bien gestionadas, pueden convertirse en fortalezas. Las certificaciones ISO, UL y NOM impactan de forma positiva a mediano plazo al garantizar calidad, seguridad y estandarización, lo que facilita la entrada a mercados regulados. Por otro lado, las leyes laborales pueden tener efectos negativos si no se cumplen adecuadamente. Así, es esencial asegurar condiciones de trabajo seguras y justas para evitar sanciones y fomentar un ambiente laboral productivo.

4.1.6 Análisis de stakeholders

Por medio del siguiente análisis de *stakeholders*, se conoce cuáles son las partes interesadas de esta investigación, dando a conocer lo que es importante para cada una, cómo pueden contribuir al proyecto y cómo se pueden involucrar.

Figura 4.5: Partes interesadas



Fuente: Elaboración propia, 2025.

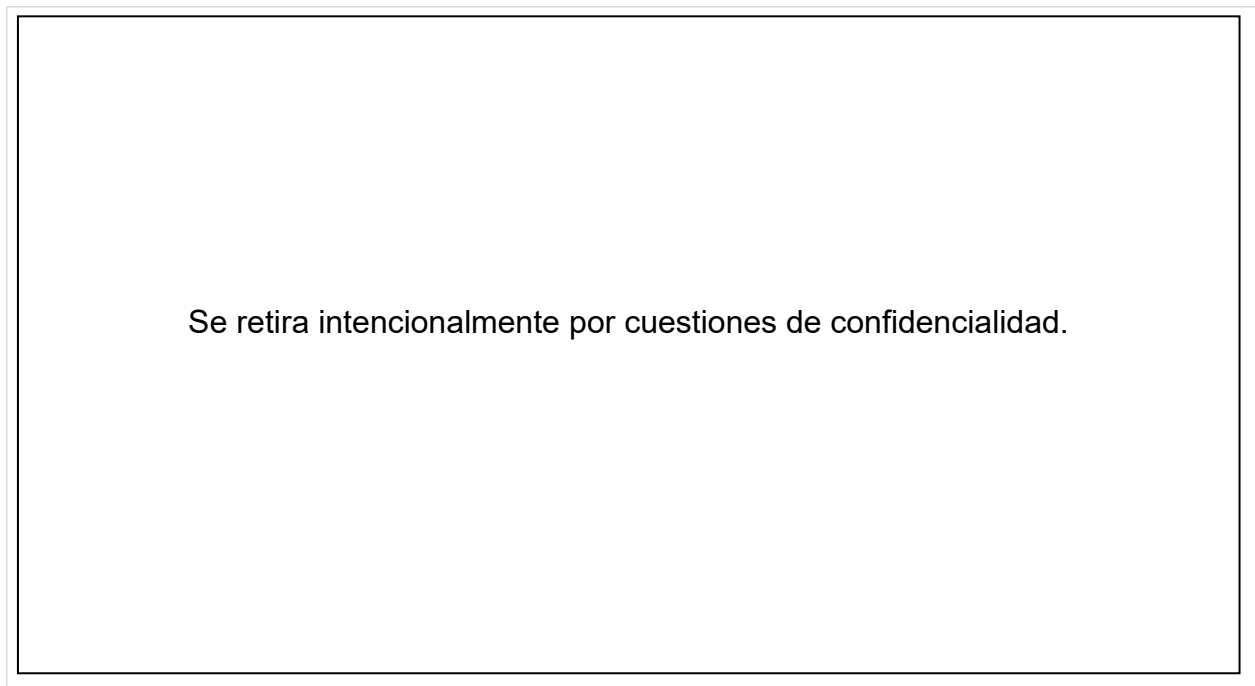
De acuerdo con el criterio de la investigadora, las partes interesadas se identifican considerando su relación con el objeto de estudio, el grado de afectación y su capacidad de decisión. La valoración del impacto y la influencia se realiza de manera directa por la investigadora, asignando a cada criterio una puntuación en una escala de 0 a 10, donde 0 representa la ausencia de impacto o influencia y 10 corresponde al nivel máximo posible. Esta calificación permite establecer de forma comparativa la relevancia de cada parte interesada dentro del análisis.

Tabla 4.2: Matriz de stakeholders

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 4.6: Análisis de stakeholders



Fuente: Elaboración propia, 2025.

El gráfico anterior, según la matriz de *stakeholders*, representa que de las siete partes interesadas, seis de estas se localizan en el cuadrante superior derecho, lo cual significa que se consideran importantes en la implementación de las mejoras.

Para que eso se cumpla, es necesario crear estrategias que fortalezcan el impacto e influencia de todas las partes interesadas en dicha implementación.

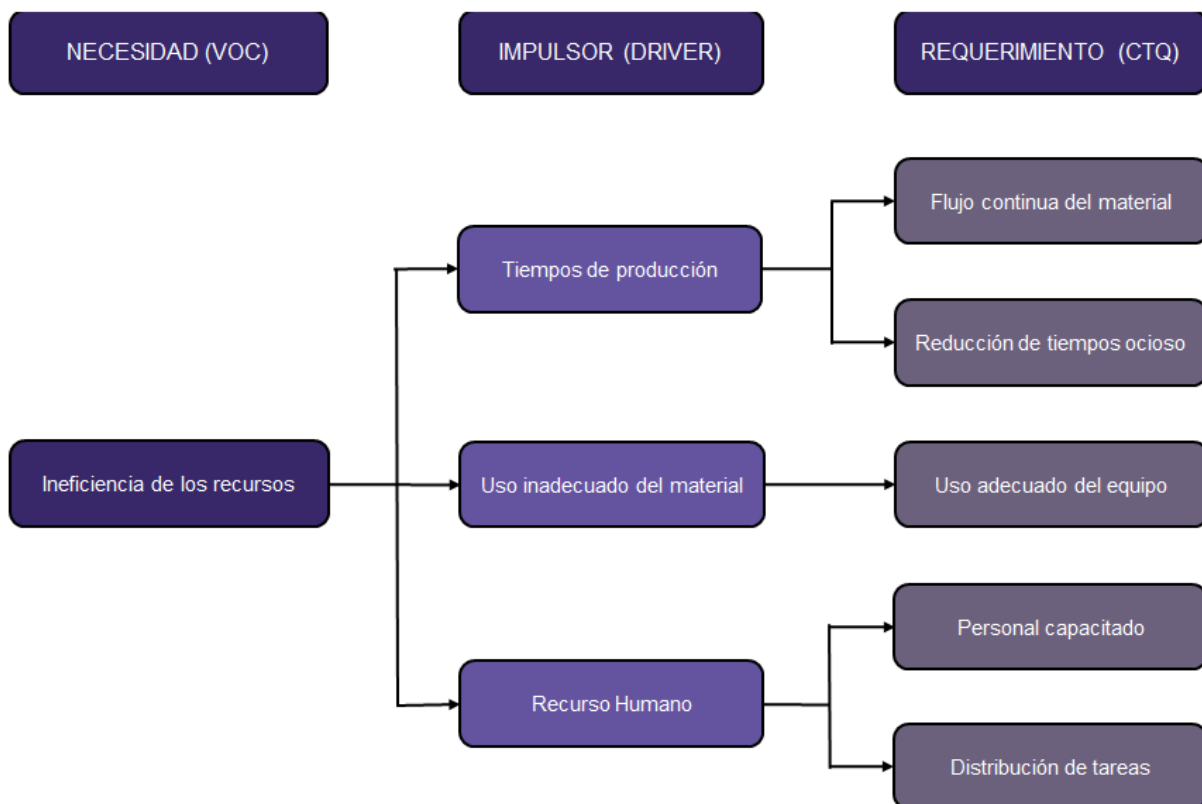
4.2 MEDIR

En la segunda etapa del estudio, se analizan los datos recolectados mediante diversas herramientas, con la finalidad de lograr una comprensión detallada del comportamiento actual del proceso de ensamblaje de la luminaria 705. Así, se mide el problema, identificando su magnitud y repercusiones mediante cálculos y un estudio del trabajo, lo que permite establecer una base objetiva para las siguientes etapas del análisis y mejora.

4.2.1 Árbol de CTQ

El diagrama crítico de la calidad es una herramienta utilizada para convertir las necesidades del cliente en requisitos específicos y medibles del producto y el proceso. A partir de esta información, se identifican los factores críticos desde la perspectiva del cliente. Esto permite determinar las necesidades clave, los factores de control y los niveles de calidad esperados tanto por el cliente como por los colaboradores responsables del ensamblaje.

Figura 4.7: Árbol de CTQ



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según el árbol de CTQ, los puntos críticos en la implementación son:

- **Tiempos de producción:** reducir los tiempos ociosos de los colaboradores mediante un flujo continuo del producto de la línea de producción.

- **Uso inadecuado del material:** el uso incorrecto de la banda transportadora, la cual actualmente se utiliza como mesa fija de trabajo y no para el transporte de material.
- **Recurso humano:** se requiere una mejor capacitación y distribución de tareas a los colaboradores, para asegurar el uso adecuado de los recursos y la productividad del proceso.

4.2.2 Análisis de datos

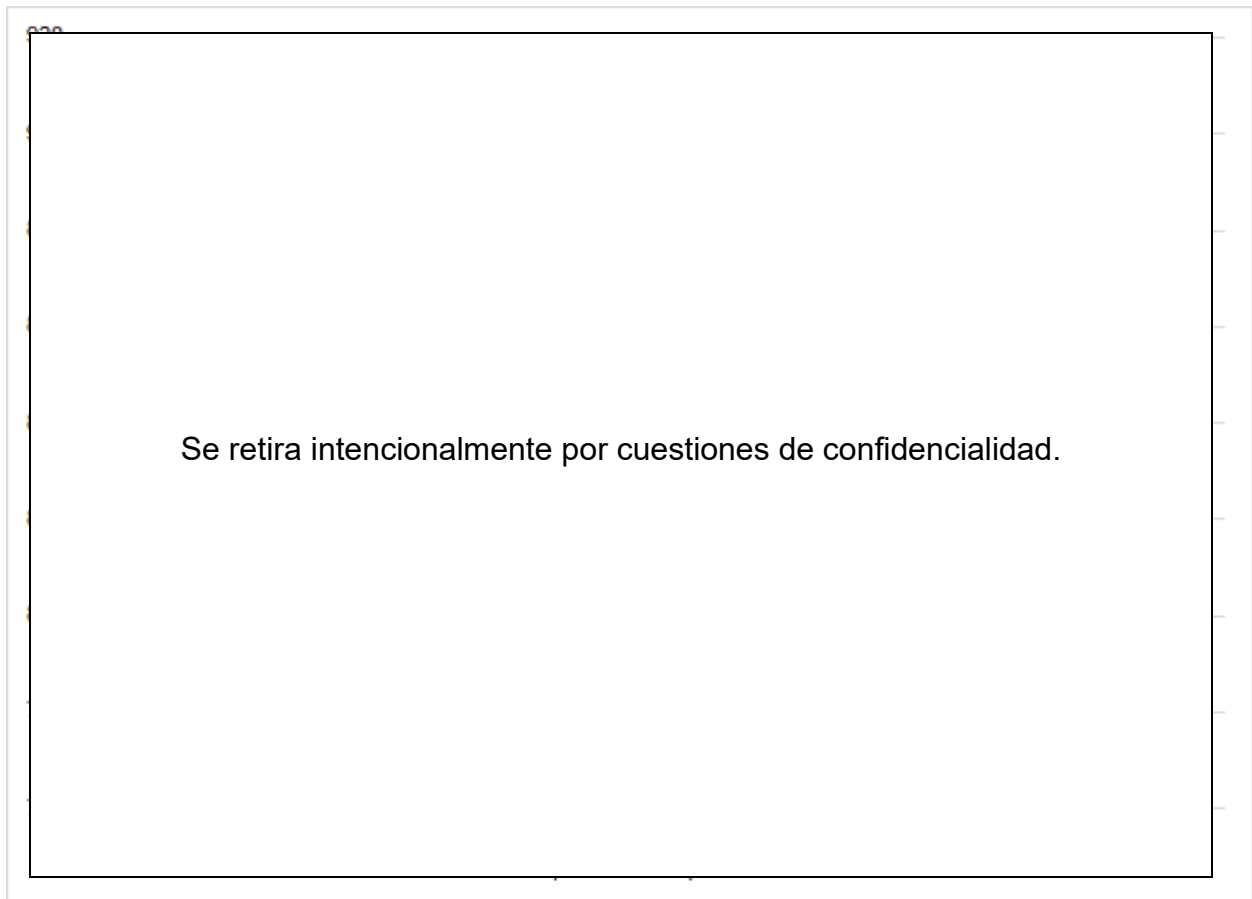
En cuanto a esta investigación, se consideran los datos registrados en el Power Link de la organización, tomando en cuenta los meses de mayo a diciembre del 2024 y de enero a abril del presente año. En esta herramienta se introduce toda la información relacionada con el movimiento de cada luminaria. Es importante señalar que esta información es de carácter confidencial, por lo tanto, se emplea un factor para exponer los datos.

4.2.2.1 Principales defectos identificados en el proceso de ensamblaje

El proceso de ensamble de luminarias es complicado, requiere de mucha atención y cuidado, ya que son colocadas en diversos edificios o hogares. Es un proceso manual que abarca distintos pasos para asegurar el funcionamiento adecuado de las luminarias.

A continuación, el gráfico indica los rechazos más comunes detectados durante el periodo de esta investigación:

Figura 4.8: Gráfico de rechazos



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con respecto al gráfico anterior, la mayor cantidad de rechazos se centra en tres fallos: componente incorrecto, cables incorrectos y parte mal colocada. A continuación, se definen estos defectos de rechazos:

- Componente incorrecto: los componentes ajenos al modelo de luminaria en el proceso de ensamblaje se colocan erróneamente. Este descuido en la colocación de piezas diferentes puede causar fallas operativas.
- Cables incorrectos: el personal no siempre verifica las especificaciones de los cables, esto resulta en la instalación de conductores con dimensiones o colores distintos para la luminaria. Lo anterior es crítico porque afecta la seguridad eléctrica de la luminaria.
- Parte mal colocada: en ocasiones, algunas piezas de la luminaria se encuentran mal colocadas, en específico sin enroscar adecuadamente o los cables quedan

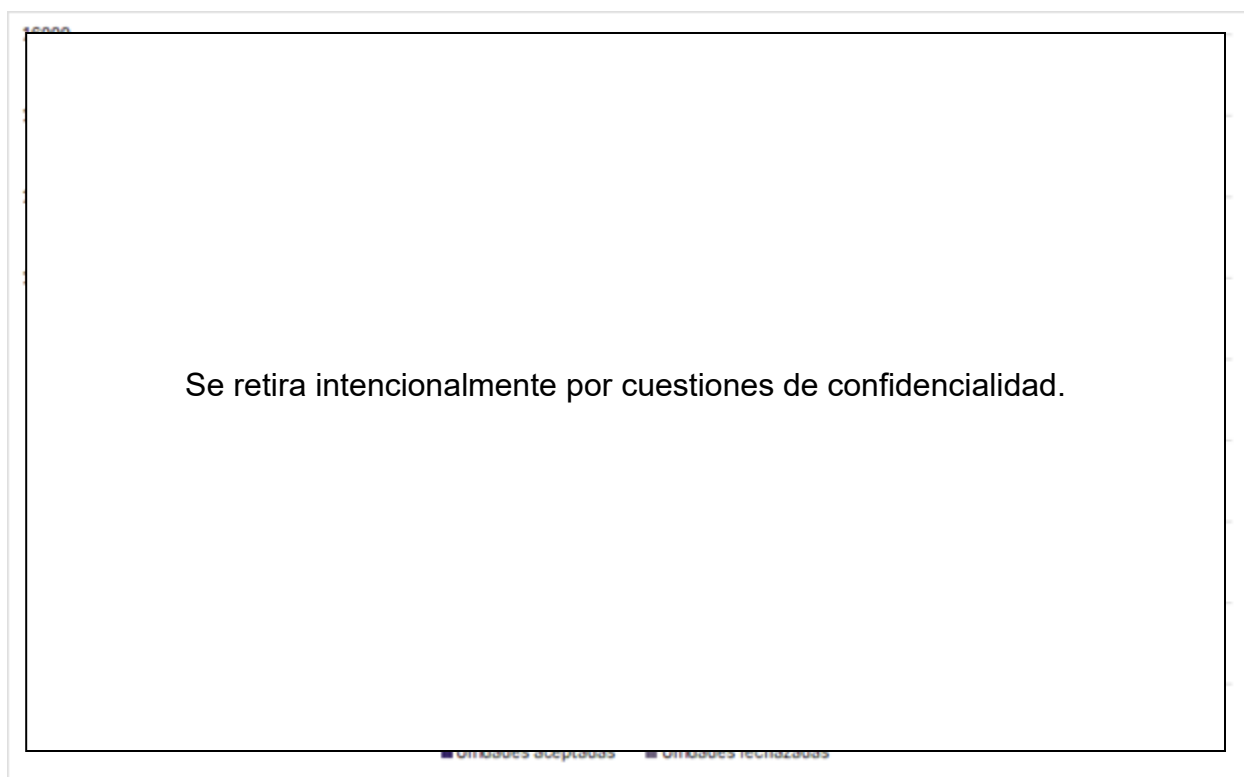
flojos. Esta situación puede afectar la estabilidad o el funcionamiento de la luminaria.

Estos son los resultados más significativos en relación con los rechazos. Ahora bien, el objetivo de la investigación es demostrar que los defectos ocurridos en el proceso de ensamblaje suceden porque los colaboradores no tienen un documento de referencia para saber cómo debe quedar el producto final.

4.2.2.2 Comparativo de las unidades aceptadas vs. las unidades rechazadas

A partir del siguiente gráfico, se da a conocer el número de unidades aceptadas y rechazadas de mayo a diciembre del 2024 y de enero a abril del 2025:

Figura 4.9: Unidades aceptadas y rechazadas



Fuente: Elaboración propia, 2025.

De este modo, las unidades rechazadas siguen apareciendo porque no hay un documento que describa el ensamble de las luminarias.

4.2.2.3 Rendimiento mensual del proceso productivo

Con el fin de evaluar el desempeño del proceso de ensamblaje de luminarias durante el periodo analizado, se presenta la siguiente tabla que resume los valores de *yield* mensual obtenidos en la línea de producción. Esta información permite identificar los meses en los que se cumple la meta de eficiencia establecida y también aquellos en los cuales se evidencian desviaciones.

Tabla 4.3: Rendimiento de mayo del 2024 a abril del 2025

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.					
--	--	--	--	--	--

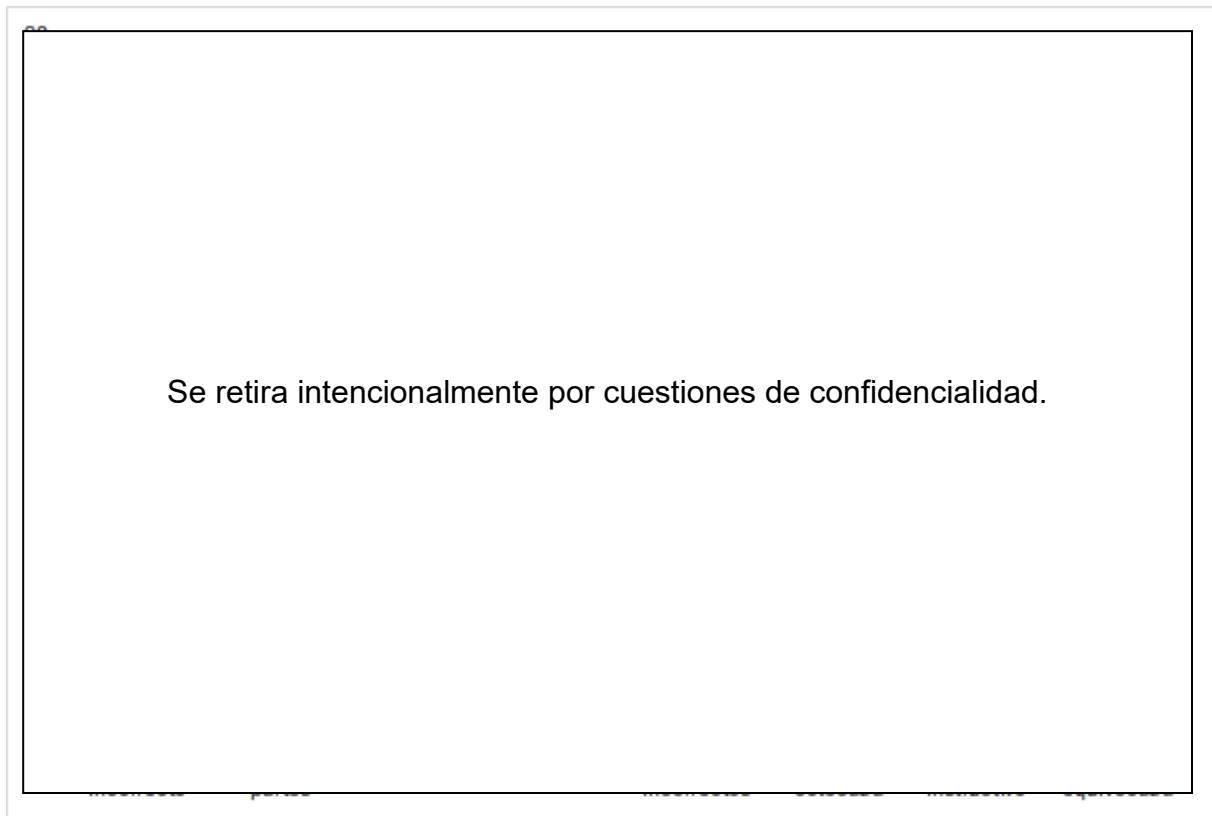
Fuente: Elaboración propia, 2025.

El rendimiento del proceso de ensamble de luminarias se generalmente bueno, pues la mayoría de los meses alcanzan o superan la meta del 95 % de *yield*. Sin embargo, se identifican cuatro meses críticos donde el rendimiento está por debajo del objetivo.

4.2.2.4 Análisis de defectos en la luminaria 705

En el siguiente gráfico de barras se aprecian los ocho defectos más comunes en el proceso de ensamblaje de la luminaria 705. Estos afectan directamente la calidad del producto final y representan oportunidades de mejora dentro del proceso.

Figura 4.10: Defectos de la luminaria 705



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los defectos más frecuentes en el periodo en estudio son los siguientes:

- Componente incorrecto con : es el defecto más reportado. Esto sugiere posibles fallas en el control de los materiales o no verificar lo que se está colocando.
- Faltante de partes con : casi al mismo nivel que el anterior, este defecto indica que el personal no está concentrado a la hora de realizar sus funciones.
- No enciende con : este defecto funcional se vincula con errores eléctricos, ensamblaje incompleto o no efectuar la verificación de la funcionalidad de la lámpara.

El modelo 705 presenta un alza significativa en la cantidad de defectos relacionados a errores en el proceso del ensamblaje manual. Esta situación es un gran desafío en términos de eficiencia operativa y calidad del producto final. Cabe destacar que el modelo 705 se fabrica en tres tamaños diferentes:

Tabla 4.4: Tamaño de la luminaria

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	
--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con la tabla anterior, la luminaria 705 se ofrece en tres distintos tamaños, a saber, 24", 48", 96" pulgadas. Según la necesidad del cliente en cuanto al área que desea iluminar, así se le brinda asesoría sobre cuál le es más conveniente.

4.2.2.5 Estudio del costo del reproceso en el ensamblaje

La siguiente tabla muestra el costo promedio del reproceso asociado a los principales defectos detectados en el proceso de ensamblaje de luminarias, específicamente para el modelo 705. Estos valores reflejan el impacto económico de cada tipo de no conformidad generada en la operación, considerando el tiempo, material y mano de obra para su reparación.

Tabla 4.5: Costo por reparación del defecto

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	
--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según la tabla anterior, el defecto con mayor costo de reparación es “no enciende” con \$ [], debido a que en este tipo de falla se debe hacer una revisión completa de la instalación eléctrica y, en ocasiones, reemplazar componentes. Le sigue “cables incorrectos” con \$ [], lo cual también requiere un desmontaje parcial para llevar a cabo las correcciones internas.

Otros defectos con alto impacto económico incluyen:

- “Faltante de partes” (\$ []). Esto implica efectuar una revisión del producto para verificar que lleve todas las piezas correspondientes.
- “Faltante de UL” (\$ []). Cada una de las lámparas ensambladas debe llevar esta etiqueta con la intención de asegurarle al cliente la calidad del producto que está adquiriendo. Si se encuentra una de las luminarias de la tarima sin esta etiqueta, se debe verificar el 100 % de las unidades producidas para garantizar que está presente.

Por otro lado, los defectos de menor costo son:

- “Etiqueta equivocada” (\$ []). El personal guarda etiquetas, pero estas se deben cambiar según la fecha de fabricación colocada en la leyenda de la etiqueta.
- “Faltante de un instructivo y parte mal colocada” (ambos con \$ []). El personal debe asegurarse de colocar el instructivo para que el cliente final conozca cómo se debe llevar a cabo la instalación de la lámpara; además, cada uno de los componentes que constituyen la luminaria debe estar bien colocado al poder afectar su funcionamiento.

Aunque estos últimos tienen un menor costo unitario, si se presentan en altos volúmenes, su impacto total es significativo.

En la siguiente tabla se aprecia un desglose mensual de las unidades rechazadas en el proceso de ensamblaje de luminarias, específicamente el modelo 705, así como el costo económico asociado a su reparación, de acuerdo con el período de mayo del 2024 a abril del 2025. Esta información es clave para entender el impacto financiero de los defectos en la producción y permite identificar los meses críticos en cuanto a retrabajos y fallas.

Tabla 4.6: Costo por reparación por mes

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según el análisis de costos económicos, el valor monetario vinculado al reproceso de la luminaria 705 asciende a un total de \$ dólares durante el periodo evaluado. El mes de agosto se identifica como el de mayor número de luminarias rechazadas, seguido por los meses de mayo y junio, que también muestran costos elevados. Esta situación resalta la necesidad de investigar las causas específicas en dichos meses y proponer acciones correctivas para reducir el impacto económico y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

4.2.3 Encuesta

Con el fin de recopilar información valiosa directamente del personal del proceso de ensamble de luminarias, se aplica una encuesta compuesta por once preguntas, orientadas a identificar las oportunidades de mejora en el uso del tiempo, material y mano de obra.

Esta herramienta se diseña para abordar tanto aspectos cualitativos como cuantitativos, lo cual permite una evaluación integral del desempeño y el conocimiento de la percepción del equipo de trabajo.

La encuesta se realiza de forma *online* para un mayor alcance y a una población finita de doce colaboradores, quienes representan al personal directamente relacionado con el Área de Producción. Las preguntas incluyen distintos tipos de formato para facilitar la recopilación y análisis de datos, a saber:

- Selección múltiple.
- Elección única.
- Preguntas de tipo “sí” o no.
- Respuestas abiertas para obtener opiniones más detalladas.

La diversidad en el tipo de preguntas facilita recopilar no solo datos objetivos, sino también sugerencias y observaciones por parte de los colaboradores, para una comprensión de los factores que inciden en la eficiencia del proceso.

Tabla 4.7: Descripción de la muestra para la encuesta

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.
--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

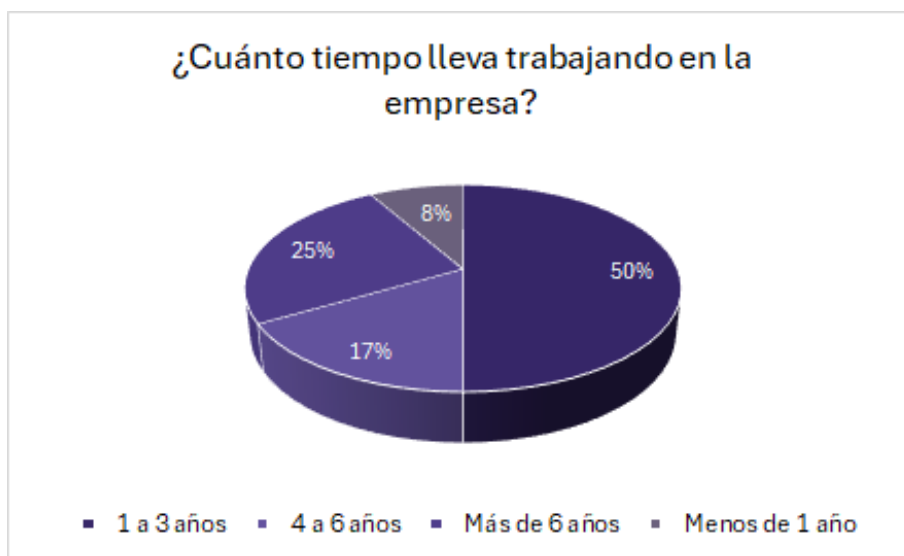
En la tabla anterior se indica el puesto de cada una de las personas que completan la encuesta. En total son

El formato original de la encuesta se encuentra en el apéndice 2 de este documento.

Seguidamente, se desarrollan las preguntas hechas en la encuesta:

1. **Tiempo de permanencia en la empresa:** del 100 % de los encuestados, el 50 % tiene de 1 a 3 años de antigüedad; el 25 %, más de 6 años de laborar para la empresa; el 17 %, de 4 a 6 años de trabajar en la fábrica, y el 8 %, un año de estar en la empresa.

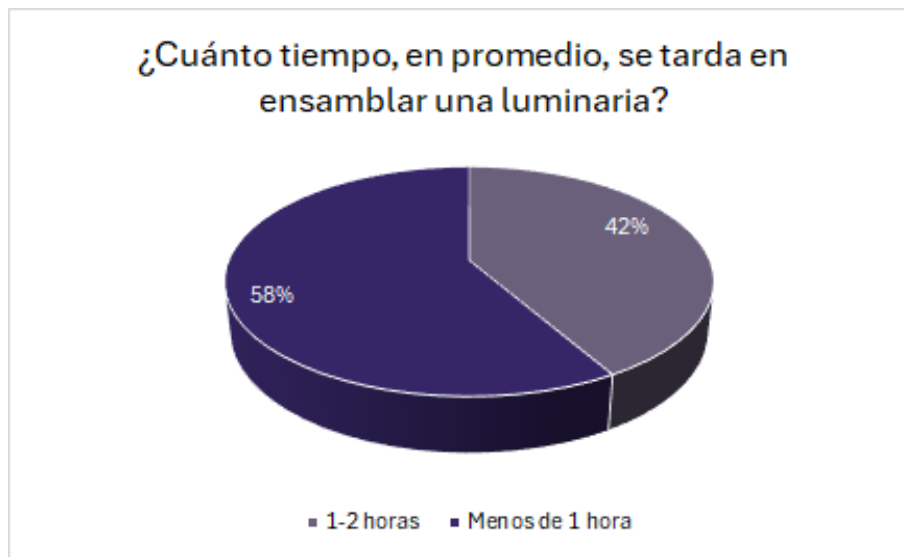
Figura 4.11: Pregunta 1



Fuente: Elaboración propia, 2025.

2. **Tiempo promedio de ensamble de una luminaria:** del 100 % de los encuestados, el 58 % indica que tarda menos de una hora en ensamblar una luminaria, mientras tanto el 45 % de los colaboradores señalan que duran de una a dos horas para realizar el ensamble.

Figura 4.12: Pregunta 2



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 3. Evaluación del tiempo disponible para las tareas diarias:** el 67 % del personal indica que es bueno y cumplen con lo solicitado, el 25 % considera que es regular y el 8 % cree que es muy bueno.

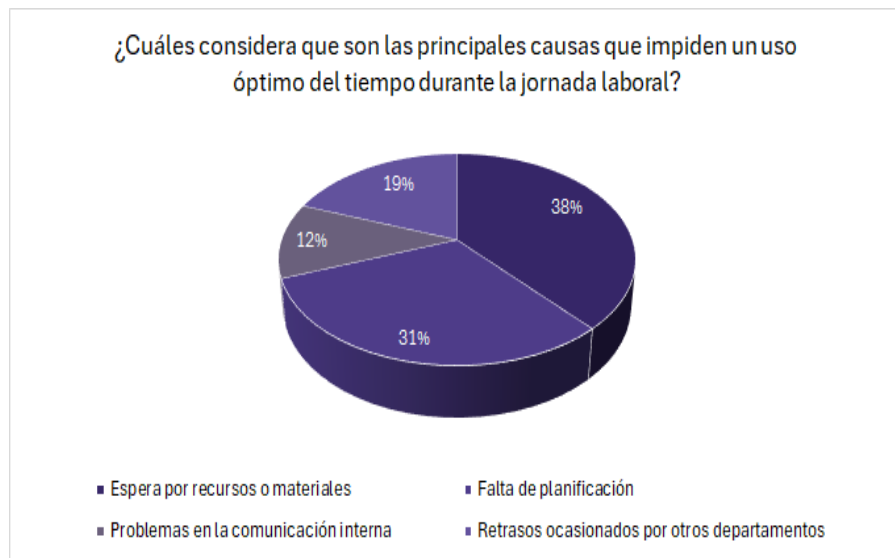
Figura 4.13: Pregunta 3



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 4. Causas que impiden un uso óptimo del tiempo:** de la totalidad de los encuestados, el 38 % señala la espera por recursos o materiales; el 31 %, la falta de planificación; el 19 %, los retrasos ocasionados por otros departamentos, y el 12 %, los problemas en la comunicación interna.

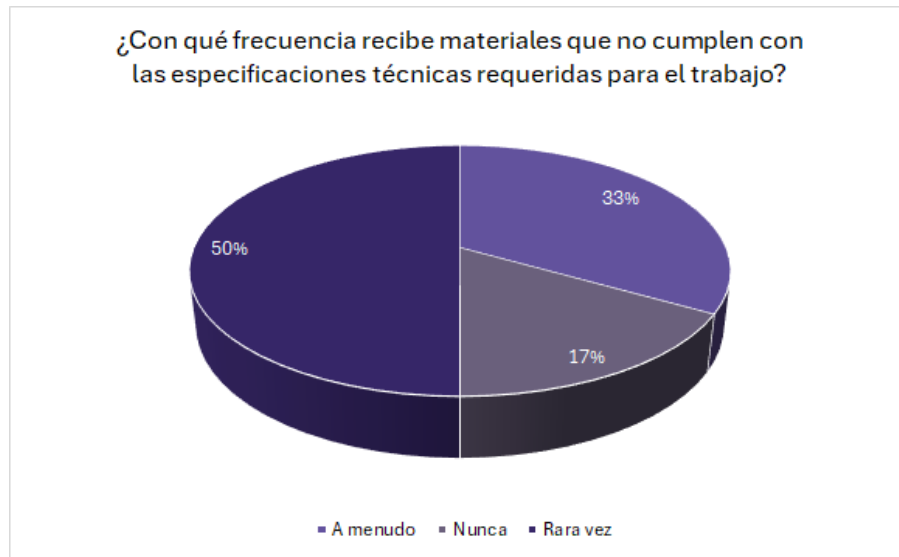
Figura 4.14: Pregunta 4



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 5. Frecuencia de la recepción de material defectuoso:** según los datos proporcionados por el total de los encuestados, el 50 % rara vez recibe material defectuoso, el 33 % de los colaboradores indican que a menudo y el 17 % contesta que nunca ha recibido material defectuoso.

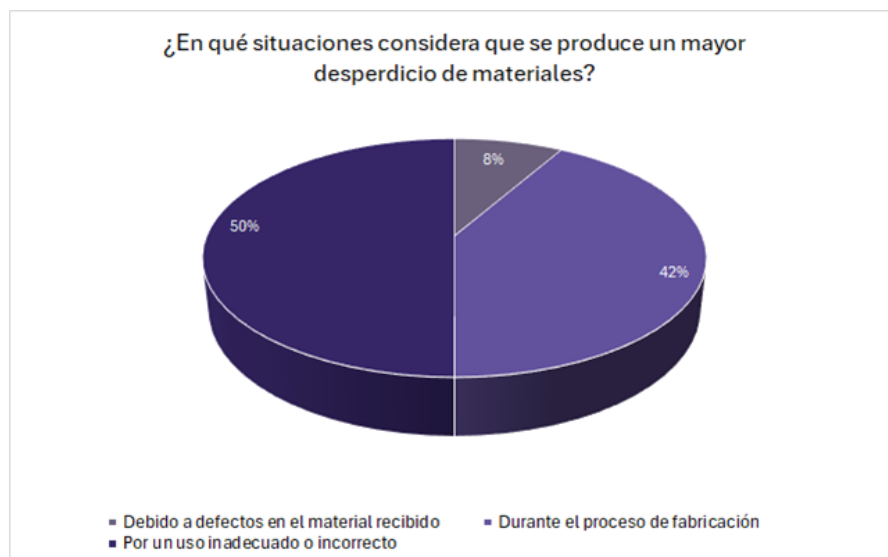
Figura 4.15: Pregunta 5



Fuente: Elaboración propia, 2025.

6. Situaciones de mayor desperdicio de materiales: tomando en cuenta la totalidad de la muestra, el 50 % indica que el uso inadecuado o incorrecto que se le da al material, el 42 % considera que durante el proceso de fabricación y el 8 % señala que son los defectos en el material recibido.

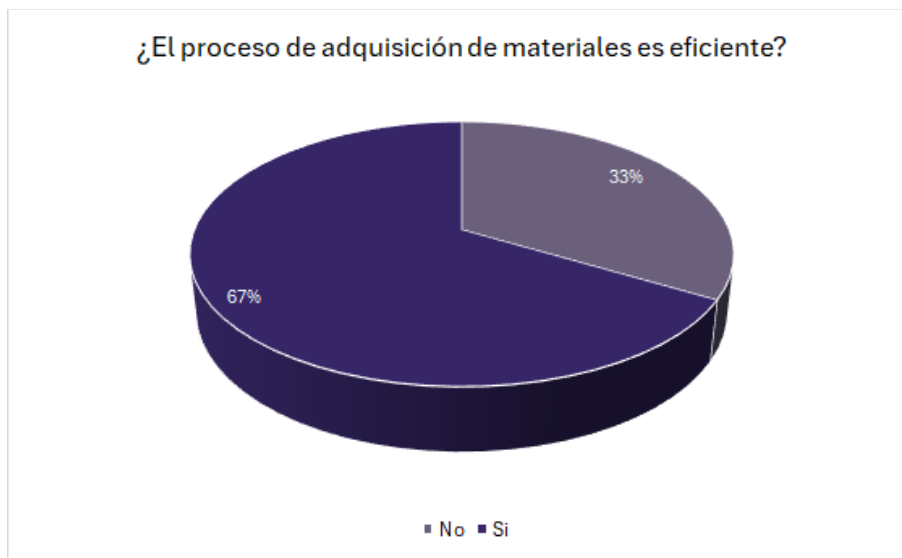
Figura 4.16: Pregunta 6



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 7. Eficiencia del proceso de adquisición de materiales:** la mayoría de los encuestados, con el 67 %, considera eficiente la adquisición de materiales, mientras que el 33 % indica lo contrario.

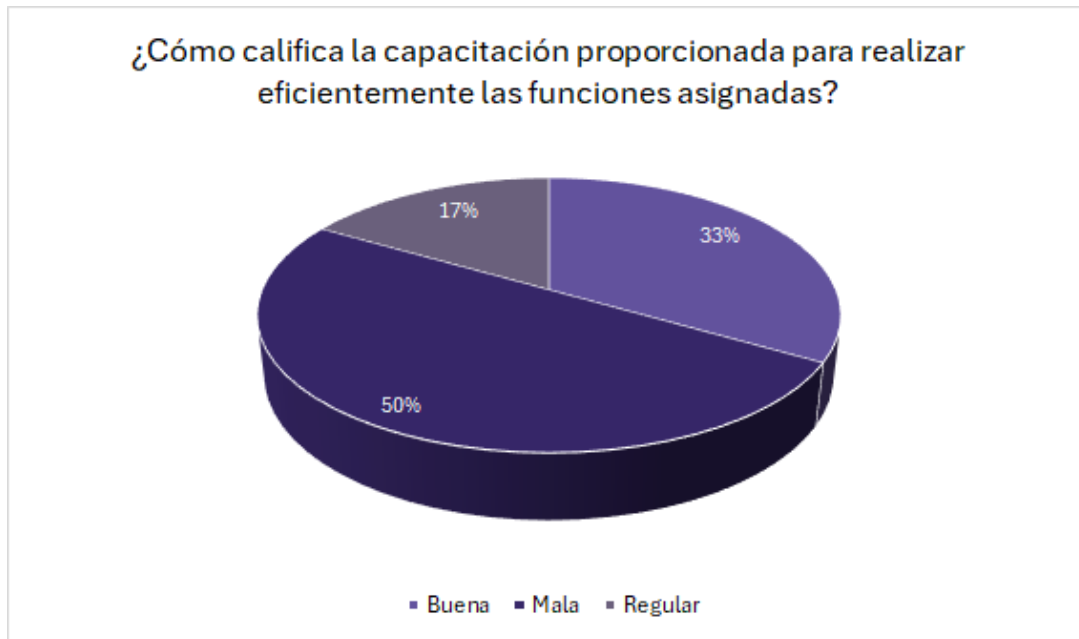
Figura 4.17: Pregunta 7



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 8. Calidad de la capacitación recibida:** el 50 % de los encuestados la percibe como “mala”, el 33 % de los colaboradores la considera “buena” y el 17 % señala que es “regular”.

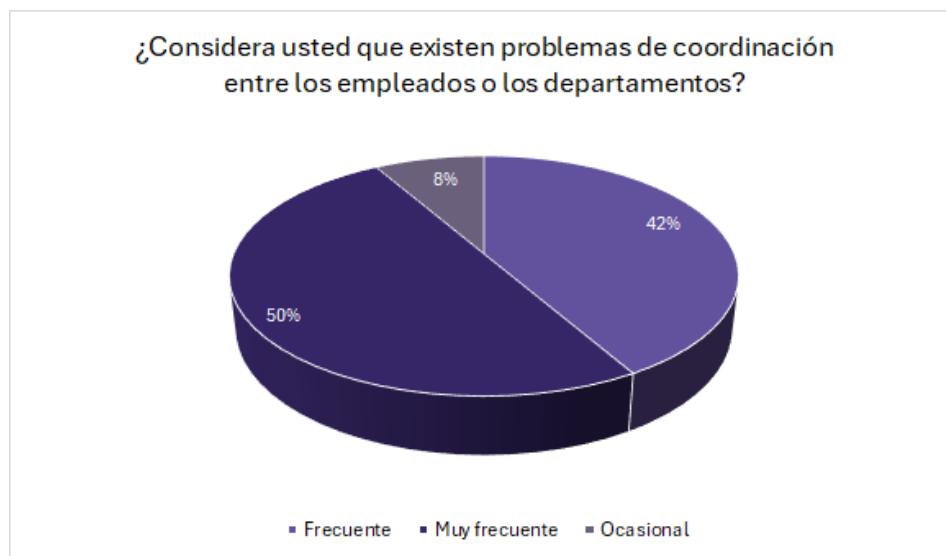
Figura 4.18: Pregunta 8



Fuente: Elaboración propia, 2025.

9. Coordinación entre los empleados/departamentos: de acuerdo con los colaboradores, existe un problema de coordinación porque el 50 % indica que es “muy frecuente”, el 42 % señala que es “frecuente” y el 8 % menciona que es “ocasional”.

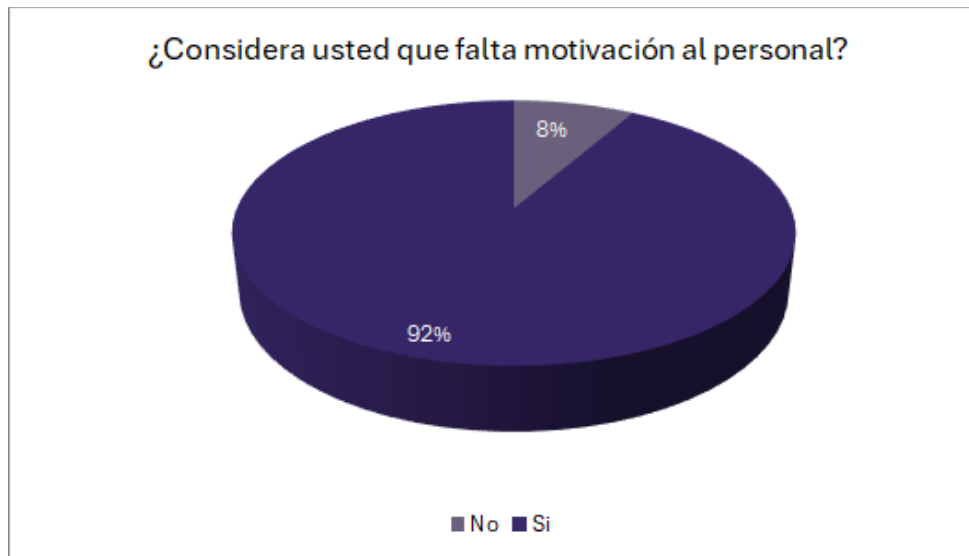
Figura 4.19: Pregunta 9



Fuente: Elaboración propia, 2025.

10.Falta de motivación del personal: del 100 % de los encuestados, el 92 % considera que sí hace falta motivación hacia el personal, mientras que el 8 % indica lo contrario.

Figura 4.20: Pregunta 10



Fuente: Elaboración propia, 2025.

11.Sugerencias del personal: para completar este análisis, se les consulta a los encuestados si tienen alguna recomendación, sugerencia o comentario. Las doce respuestas son las siguientes:

- “Implementar estaciones de trabajo más estandarizadas”.
- “Yo siento que si el proceso se podría hacer lineal, trabajar una lámpara, varias personas que pongan cada uno una cosa, se facilitaría más y el proceso daría más flujo”.
- “Mejor comunicación”.
- “Falta de ventilación en las estaciones de trabajo”.
- “Invertir en herramientas”.
- “Mejorar la ventilación, ya que los ventiladores que se encuentran están viejos”.
- “Los entrenamientos deberían de ser mejores”.
- “Las capacitaciones de ensamble de luminarias son insuficientes”.

- “Estandarizar las estaciones de trabajo, que cada una tenga las mismas herramientas y partes para realizar el ensamblaje”.
- “Mejorar la comunicación entre los empleados, para crear un ambiente más amigable para trabajar”.
- “Escuchar más a los empleados cuando tienen ideas para agilizar los procesos, comprar herramientas para cumplir con la producción”.
- “Los entrenamientos no son nada adecuados, no se tiene un acompañamiento, las herramientas están viejas o dañadas, los empleados en ocasiones no somos escuchados”.

4.2.4 Diagrama de recorrido

Como parte del análisis del proceso de ensamblaje de la luminaria modelo 705, se emplea la herramienta del diagrama de recorrido con el fin de visualizar y evaluar los desplazamientos físicos hechos por el operario durante la ejecución de sus tareas. Esta herramienta representa gráficamente cada movimiento dentro del área de trabajo, utilizando un plano del lugar, donde se indican las operaciones realizadas y el flujo seguido.

En el caso del modelo 705, cuya elaboración implica una secuencia extensa de pasos y una interacción constante con herramientas, componentes y estaciones, la herramienta se convierte en un insumo clave para reorganizar el flujo de trabajo, reducir movimientos innecesarios y proponer mejoras en la distribución física del Área de Producción.

Figura 4.21: Diagrama de recorrido



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A partir del siguiente diagrama elaborado para el proceso de ensamblaje de la luminaria modelo 705, se evidencia que ciertos componentes fundamentales del proceso, tales como el chasis, el soporte “Z”, el soporte del *driver*, el soporte de sujeción y el soporte del chasis, se encuentran físicamente alejados del área principal donde se efectúa el ensamble. Esta disposición implica desplazamientos constantes por parte del personal, lo cual puede incidir de modo negativo en los tiempos de operación y la eficiencia del proceso.

Para facilitar la comprensión del flujo operativo representado en el diagrama, a continuación se describe el significado de cada número asignado a las etapas del proceso:

1. Traslado del material.
2. Limpieza, un operario.
3. Chasis + soporte Z, un operario.
4. Chasis + barras ledes, un operario.
5. Soporte *driver* + *driver*, un operario.
6. Chasis + soporte *driver*, un operario.
7. Chasis + cuerpo, dos operarios.
8. Empaque, dos operarios.

El proceso inicia con el traslado de las piezas de Laminado a Ensamble. Luego, se procede con la limpieza de los chasis, actividad realizada por un operario asignado específicamente a esta tarea. Una vez finalizada esta etapa, otro operario continúa con la instalación de los soportes tipo Z al chasis. Después, se procede con la colocación de las barras ledes junto con sus respectivos cables. En paralelo, se ensambla el *driver* al soporte correspondiente, realizando también las conexiones eléctricas necesarias.

Una vez completado este subensamble, se efectúa la unión entre el chasis y el soporte del *driver*, conformando un subconjunto funcional. A continuación, sobre el cuerpo de la luminaria colocado en la estación de trabajo, se instala el conjunto anterior (chasis + soporte *driver*) y se finaliza con la conexión eléctrica completa del sistema.

Por último, dos operarios llevan a cabo el proceso de empaque, el cual consiste en colocar la luminaria terminada en su respectiva caja y luego sobre una tarima. De esta forma, se completa el ciclo del ensamblaje.

4.2.5 Estudio del trabajo

El estudio del trabajo es una herramienta esencial dentro de la ingeniería industrial que permite analizar de manera detallada el desempeño del trabajo humano en cualquier entorno productivo. Su propósito es examinar, evaluar y optimizar tanto los métodos como los tiempos empleados en la realización de tareas, con la intención de incrementar la eficiencia operativa.

De acuerdo con la teoría clásica, el estudio de métodos y tiempos debe desarrollarse siguiendo ocho etapas que guían el análisis desde la observación inicial hasta la implementación de mejoras. A continuación, se describen estas etapas como base para llevar a cabo un estudio efectivo del trabajo:

1. Selección del trabajo por estudiar: se identifica el proceso, tarea o actividad que presenta oportunidades de mejora o afecta directamente la eficiencia.
2. Registro de los hechos actuales: se recopila información detallada sobre cómo se efectúa actualmente el trabajo
3. Examen crítico del método actual: se cuestiona el modo en que se realiza el proceso y el método utilizado.
4. Establecer el método: para analizar objetivamente la ejecución del proceso, se emplea un cronómetro.
5. Evaluar opciones: a partir de los resultados obtenidos en la medición de tiempos y observación del proceso, se identifican áreas críticas y oportunidades de mejora.
6. Definición de las mejoras: se desarrolla una propuesta concreta de mejora basada en los hallazgos del estudio.
7. Implantar el método: programar el periodo y el plazo en que se ejecuta la propuesta.
8. Controlar la aplicación: se establecen mecanismos de seguimiento para asegurar que el nuevo método se aplique correctamente y de forma sostenida.

4.2.5.1 Estudio preliminar de ensamblaje

Con el objetivo de tener una base sólida para el análisis, se lleva a cabo un estudio de tiempos preliminar enfocado en el proceso de ensamble del modelo de luminaria 705. El

estudio permite obtener información clave sobre el estado actual del proceso productivo. Para ello, se consideran los siguientes aspectos fundamentales:

1. Definición del proceso por evaluar.
2. Selección de los colaboradores.
3. Registro detallado de los datos relevantes durante la operación.
4. Realización del estudio bajo condiciones representativas del entorno habitual de trabajo.
5. Toma de al menos 10 mediciones por cada operación.

Con base en los aspectos previamente definidos, se procede a desarrollar un estudio preliminar del proceso de ensamblaje de luminarias, en específico del modelo 705. Para garantizar resultados representativos, se seleccionan dos operarios con experiencia promedio en el Área de Ensamble. Esta elección se lleva a cabo en conjunto con el supervisor de producción y el líder del área, quienes designan al personal idóneo, asegurando que los colaboradores asignados conozcan bien el proceso y ejecuten sus actividades tal como lo hacen habitualmente.

El estudio se realiza bajo condiciones normales de operación, simulando el entorno diario del área de trabajo. A cada uno de los dos colaboradores se les toman cinco muestras de tiempo, así se obtiene un panorama más realista del comportamiento del proceso. Las mediciones se efectúan en diferentes momentos del día: mañana, mediodía y tarde, dentro del único turno disponible para esta línea de producción. Las tomas de tiempo se intercalan entre ambos operarios y se ejecutan utilizando un cronómetro mediante el método de “regreso a cero”, lo cual permite capturar con precisión la duración de cada operación individual observada.

Es importante señalar que los registros de tiempo correspondientes al proceso de ensamble se detallan en el apéndice 3 de este documento, lo que posibilita una trazabilidad clara y completa del estudio realizado.

Tabla 4.8: Resumen del estudio de tiempos para el proceso de ensamblaje

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La tabla anterior resume los tiempos medidos durante la ejecución de las tareas. Se decide tomar como referencia al operario que se encuentra por encima del tiempo promedio, pero quien además refleja un perfil promedio en su desempeño. Este trabajador mantiene una calidad aceptable en su labor, se comunica adecuadamente con sus compañeros, utiliza de forma correcta el equipo de protección personal y demuestra potencial para mejorar con el debido acompañamiento. Por estas razones, se selecciona al operario A como referencia.

4.2.5.2 Análisis de la muestra de ensamblaje

Con el objetivo de establecer la cantidad de observaciones necesarias para el estudio, se procede a calcular el tamaño de la muestra utilizando la fórmula de método estadístico. Así, se emplea un nivel de confianza del 95 % y un margen de error máximo de un 5 % para desarrollar la fórmula:

Figura 4.22: Fórmula de método estadístico

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Cuyos elementos son:

- n = tamaño de la muestra que se desea determinar
- n' = cantidad de observaciones del estudio preliminar.
- Σ = suma de los valores.
- X = valor de cada operación.
- 40 = constante para un nivel de confianza de 95.45%.

Luego, se realiza la fórmula estadística con la intención de conocer si el tamaño de la muestra seleccionada es adecuado para los fines del estudio en el proceso de ensamblaje. Para ello, los datos obtenidos en cada una de las observaciones se organizan en una tabla, incluyendo tanto los valores individuales como su sumatoria. Además, se incorpora una fila donde cada valor es elevado al cuadrado, permitiendo calcular la suma total de los cuadrados necesarios para aplicar correctamente la fórmula. Estos resultados se presentan a continuación:

Tabla 4.9: Resumen de los resultados para la verificación de la muestra de ensamblaje

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Finalmente, se sustituyen los valores para aplicar la fórmula:

Figura 4.23: Fórmula de método estadístico aplicada

$$\begin{aligned}n &= \left(\frac{40\sqrt{5(1184,05) - (76,75)^2}}{76,75} \right)^2 \\n &= \left(\frac{40\sqrt{29,69}}{76,75} \right)^2 \\n &= \left(\frac{217,95}{76,75} \right)^2 \\n &= (2,84)^2 \\n &= 8,06 \approx 8\end{aligned}$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Según los resultados obtenidos en la fórmula, el tamaño de la muestra requerido es de ocho observaciones para obtener un tiempo promedio representativo del proceso de ensamble. Asimismo, con anterioridad se realiza un total de cinco mediciones para cada uno de los operarios, pero se determina que se deben aumentar tres observaciones para cumplir con la cantidad requerida.

4.2.6 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se utiliza para analizar y medir el tiempo que se tarda en realizar una tarea, con el fin de identificar movimientos innecesarios y, de este modo, optimizar los procesos. Su objetivo principal es establecer tiempos estándar que sirvan de base para mejorar la productividad, aumentar la eficiencia operativa y minimizar los periodos de inactividad o tiempos improductivos.

Este análisis se lleva a cabo mediante la observación directa de las actividades en condiciones normales de trabajo, registrando los tiempos empleados y ajustándolos con base en factores como pausas por fatiga o atrasos inevitables.

Una vez recopilados y analizados los datos, es posible determinar oportunidades de mejora, implementar métodos más eficientes y tomar decisiones informadas para optimizar el flujo de trabajo.

4.2.6.1 Tiempo observado en el ensamblaje

El tiempo observado en un estudio de tiempos hace referencia al periodo registrado directamente durante la ejecución de una tarea específica, mediante el uso de instrumentos como cronómetros u otras herramientas de medición. Esta medición se realiza mientras el operario lleva a cabo la actividad bajo condiciones normales de trabajo, con el objetivo de obtener datos reales del desempeño operativo.

En el presente estudio, se efectúan ocho observaciones para el proceso de ensamblaje del modelo de luminaria 705. La información detallada sobre los tiempos registrados puede consultarse en el apéndice 4 de este documento.

Tabla 4.10: Resumen de los resultados para el ensamble

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.
--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los datos obtenidos en esta investigación, se concluye que el tiempo observado en el proceso de ensamble de la luminaria 705 es de minutos.

4.2.6.2 Estudio del tiempo normal en el ensamblaje

El estudio del tiempo normal es una técnica que permite establecer el tiempo que toma completar una tarea bajo condiciones habituales de trabajo. Para ello, se mide el tiempo real que un trabajador emplea en desarrollar una actividad y, posteriormente, se realiza un ajuste considerando diversos factores que pueden influir en su desempeño.

Uno de los métodos más utilizados para efectuar este ajuste es la tabla de calificación Westinghouse, la cual contempla cuatro aspectos fundamentales:

- Habilidad, se determina por el nivel de destreza y experiencia del operario.

- Esfuerzo, que evalúa la intensidad y dedicación con que se ejecuta la tarea.
- Condiciones, relacionadas con el ambiente físico donde se desarrolla el trabajo (como temperatura, ventilación y ruido).
- Consistencia, que valora la estabilidad del rendimiento a lo largo del tiempo.

Cada uno de estos factores se califica y se convierte en un porcentaje que ajusta el tiempo observado, generando así el llamado tiempo normal. Después, se incorporan márgenes por fatiga y posibles pausas, esto permite calcular el tiempo estándar. Este valor final es clave para la planificación de la producción, establecimiento de metas, estimación de costos y mejora de la eficiencia operativa.

Tabla 4.11: Tabla de Westinghouse

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0,15	A1	Extrema	+0,13	A1	Excesivo
+0,13	A2	Extrema	+0,12	A2	Excesivo
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente	+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Buena	+0,05	C1	Bueno
+0,03	C2	Buena	+0,02	C2	Bueno
0,00	D	Regular	0,00	D	Regular
-0,05	E1	Aceptable	-0,04	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable	-0,08	E2	Aceptable
-0,16	F1	Deficiente	-0,12	F1	Deficiente
-0,22	F2	Deficiente	-0,17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0,06	A	Ideales	+0,04	A	Perfecta
+0,04	B	Excelentes	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Buenas	+0,01	C	Buena
0,00	D	Regulares	0,00	D	Regular
-0,03	E	Aceptables	-0,02	E	Aceptable
-0,07	F	Deficientes	-0,04	F	Deficiente

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 4.24: Fórmula para obtener el tiempo normal

$$TN = (TO)(1 + \text{suma de valores de cada factor})$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Donde:

- TN = tiempo normal.
- TO = tiempo observado.

La siguiente tabla muestra los valores añadidos según la tabla Westinghouse para el proceso de ensamble de la luminaria:

Tabla 4.12: Valores añadidos según la tabla Westinghouse

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.
--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al sustituir los valores para el proceso de ensamblaje de la luminaria 705, la investigación arroja los siguientes resultados:

Figura 4.25: Fórmula para obtener el tiempo normal aplicado

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.
--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Respecto al proceso de ensamble de la luminaria, se obtiene como resultado minutos por unidad.

4.2.6.3 Tiempo estándar en el ensamblaje

Según los principios del estudio de tiempos, el tiempo estándar representa la cantidad total de tiempo que un operario calificado debe emplear para completar una tarea bajo condiciones normales, incluyendo las pausas necesarias para el descanso, así como posibles interrupciones inevitables durante la jornada laboral.

Este valor se calcula a partir del tiempo normal, al cual se le agregan porcentajes de tolerancia para contemplar factores como la fatiga, interrupciones momentáneas o necesidades personales.

El tiempo estándar es una herramienta esencial para una adecuada planificación de la producción, definición de incentivos, determinación de costos y mejora continua de la eficiencia.

Figura 4.26: Suplementos de descanso

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO EN PORCENTAJE DE LOS TIEMPOS BÁSICOS					
1. SUPLEMENTOS CONSTANTES	Hombres	Mujeres	SUPLEMENTO VARIABLES	Hombres	Mujeres
A. Necesidades personales	5	7	E. Calidad del aire		
B. Básico por fatiga	4	4	Buena ventilación o aire libre	0	0
2. SUPLEMENTO VARIABLES	Hombres	Mujeres	Mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas	5	5
A. Trabajar de pie			Proximidad de hornos, calderas, etc.	5 - 15	5 - 15
Trabajo se realiza sentado (a)	0	0	F. Tensión visual		
Trabajo se realiza de pie	2	4	Trabajos de cierta precisión	0	0
B. Postura anormal			Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Incómoda (inclinado)	2	3	G. Tensión auditiva		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Sonido continuo	0	0
C. Levantamiento de pesos y uso de fuerza (levantar, tirar o empujar)			Intermitente y fuerte	2	2
Peso levantado o fuerza ejercida (en kg):			Intermitente y muy fuerte	5	5
2,50	0	1	Estridente y fuerte	7	7
5,00	1	2	H. Tensión mental		
7,50	2	3	Proceso bastante complejo	1	1
10,00	3	4	Proceso complejo o atención muy dividida	4	4
12,50	4	6	Proceso muy complejo	8	8
15,00	5	8	I. Monotonía: mental		
17,50	7	10	Trabajo algo monótono	0	0
20,00	9	13	Trabajo bastante monótono	1	1
22,50	11	16	Trabajo muy monótono	4	4
25,00	13	20 (max)	J. Monotonía: física		
30,00	17	---	Trabajo algo aburrido	0	0
33,50	22	---	Trabajo aburrido	2	2
D. Intensidad de la luz	Hombres	Mujeres	Trabajo muy aburrido	5	5
Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En función de lo anterior, se seleccionan los tiempos suplementarios correspondientes para las tareas de ensamble de la luminaria, basándose en las observaciones realizadas durante el estudio y en las consultas efectuadas al personal involucrado en dichas actividades. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4.13: Tabla del cálculo de los suplementos para el proceso de ensamblaje

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.		
--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con base en los datos presentados en la tabla anterior, se determina que el total acumulado de los tiempos suplementarios alcanza un %. Por tanto, se procede a aplicar dicho porcentaje adicional al tiempo normal de cada proceso evaluado, siguiendo la fórmula correspondiente. El cálculo detallado se muestra seguidamente:

Figura 4.27: Fórmula para calcular el tiempo estándar

$$TE = (TN)(1 + \text{suma de suplementos en decimal})$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Donde:

- TE = tiempo estándar.
- TN = tiempo normal.
- Suplementos = dados en decimales.

Al sustituir los valores para el proceso de ensamble de la luminaria 705, la investigación arroja los siguientes resultados:

Figura 4.28: Fórmula para calcular el tiempo estándar aplicado

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Respecto al proceso de ensamble de la luminaria 705, se obtiene como resultado minutos por unidad, por lo que se pueden ensamblar luminarias por día.

4.2.6.4 Razón de producción en el ensamblaje

Este valor representa el inverso del tiempo estándar y se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

Figura 4.29: Fórmula para obtener la razón de producción

$$RP = \frac{1}{Tiempo\ Est\acute{a}ndar}$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al sustituir los valores para el proceso de ensamble de la luminaria 705, la investigación arroja los siguientes resultados:

Figura 4.30: Fórmula para obtener la razón de producción aplicada

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con relación al proceso de ensamble de la luminaria 705, se obtiene como resultado luminarias por minuto.

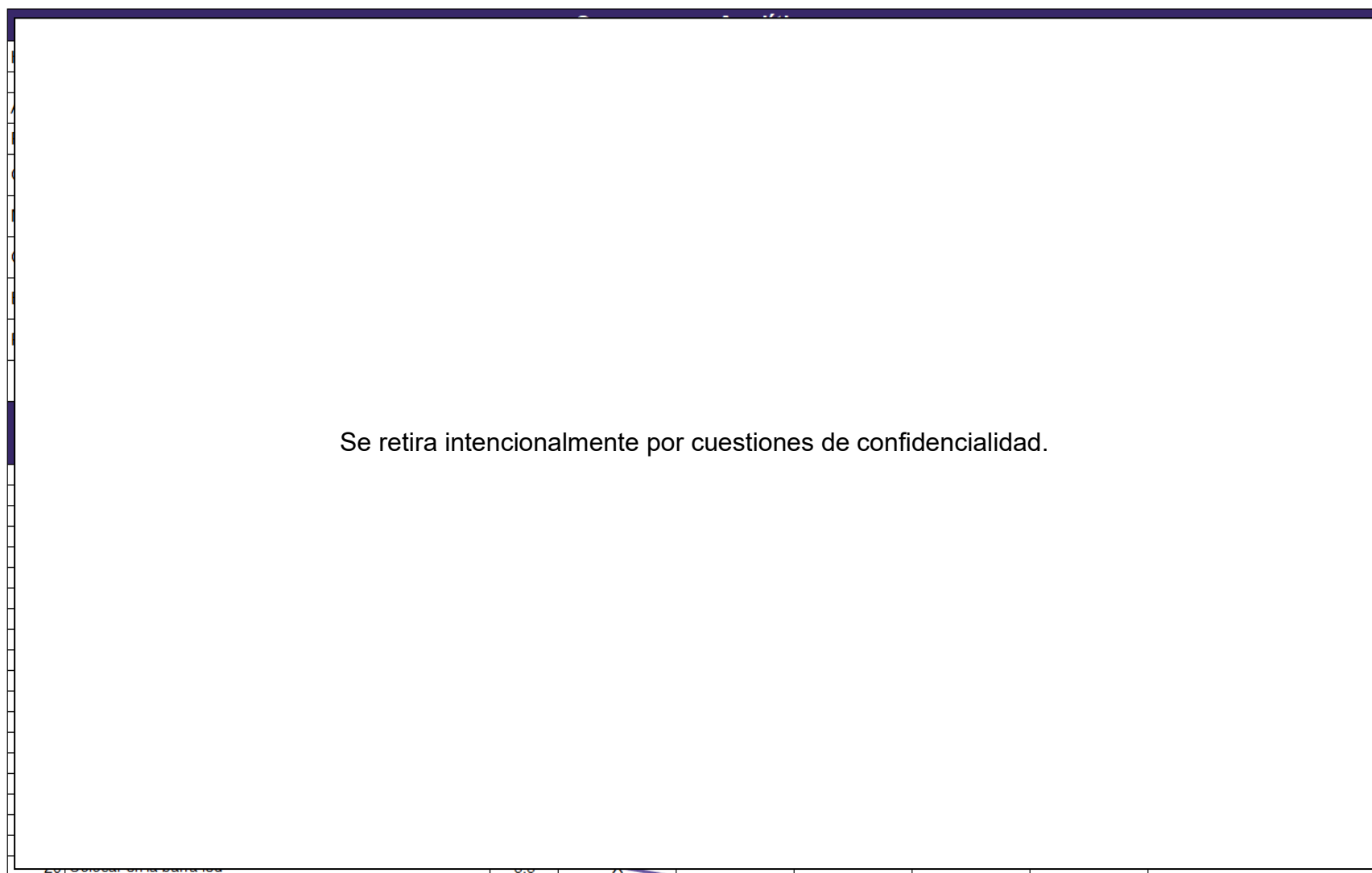
4.2.7 Estudio de métodos

A partir de lo anterior, se recurre al estudio de métodos, una herramienta técnica que permite examinar las tareas actuales, detectar ineficiencias y proponer soluciones viables. Esta metodología complementa el estudio de tiempos previamente realizado, y proporciona una base sólida para definir acciones que contribuyan al cumplimiento de los objetivos de producción, así como a su posible optimización.

4.2.7.1 Cursograma analítico de ensamblaje

Con el objetivo de representar de forma clara y ordenada las actividades que se ejecutan durante el proceso de ensamble del modelo de luminaria 705, se elabora un cursograma. Esta herramienta permite detallar paso a paso cada una de las operaciones involucradas, facilitando la comprensión del flujo del proceso.

Figura 4.31: Cursograma analítico, parte 1



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 4.32: Cursograma analítico, parte 2



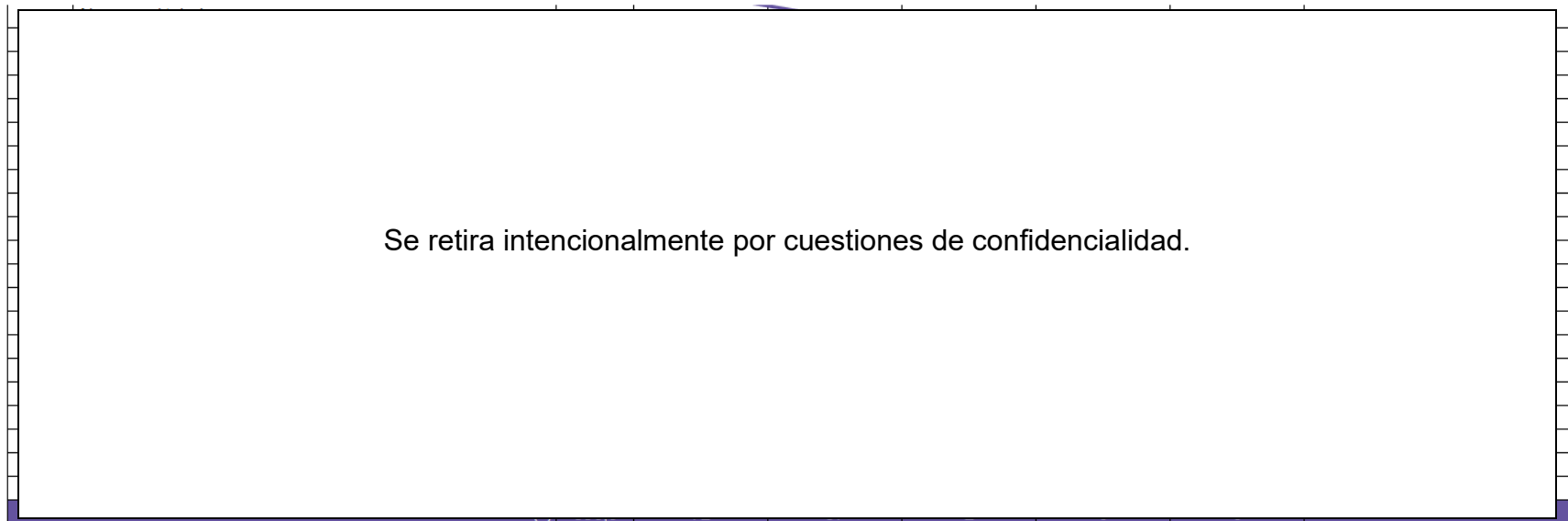
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 4.33: Cursograma analítico, parte 3



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 4.34: Cursograma analítico, parte 4



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Para analizar con detalle el proceso de ensamble del modelo de luminaria 705, se identifican y documentan todas las actividades involucradas, obteniendo un total de 131 acciones. De estas, 72 corresponden a operaciones, 57 a transportes y 2 a inspecciones. El tiempo promedio total requerido para completar este ciclo es de minutos. Para la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación de una de las colaboradoras previamente involucradas en el estudio preliminar, debido a su experiencia en el proceso. Cabe destacar que, durante el desarrollo del ciclo, no se presentaron tiempos de espera ni de almacenamiento, lo cual permite una evaluación más precisa y representativa de las condiciones normales de trabajo.

4.3 ANALIZAR

En la fase de analizar, se examina a profundidad toda la información recolectada durante las etapas de definir y medir, con el objetivo de identificar las causas raíz que generan el problema principal en el proceso de ensamble de la luminaria modelo 705. Este análisis permite enfocar los esfuerzos en los factores más críticos, aquellos que tienen mayor impacto negativo sobre el desempeño del proceso. A partir de este punto, se emplean herramientas específicas que facilitan la identificación y organización de dichas causas.

4.3.1 Lluvia de ideas

Para facilitar el seguimiento de la causa raíz de la ineficiencia de los recursos, se realiza una lluvia de ideas con las partes involucradas del Área de Ensamblaje. Asimismo, se consideran las ideas aportadas por los colaboradores mediante la encuesta, con la intención de complementar la lluvia de ideas y obtener una visión más clara del problema.

De esta manera, se lleva a cabo una reunión de aproximadamente 20 minutos, en una sala de capacitación, donde se convoca a un grupo de doce personas que se encargan de ejecutar las diferentes tareas en el departamento.

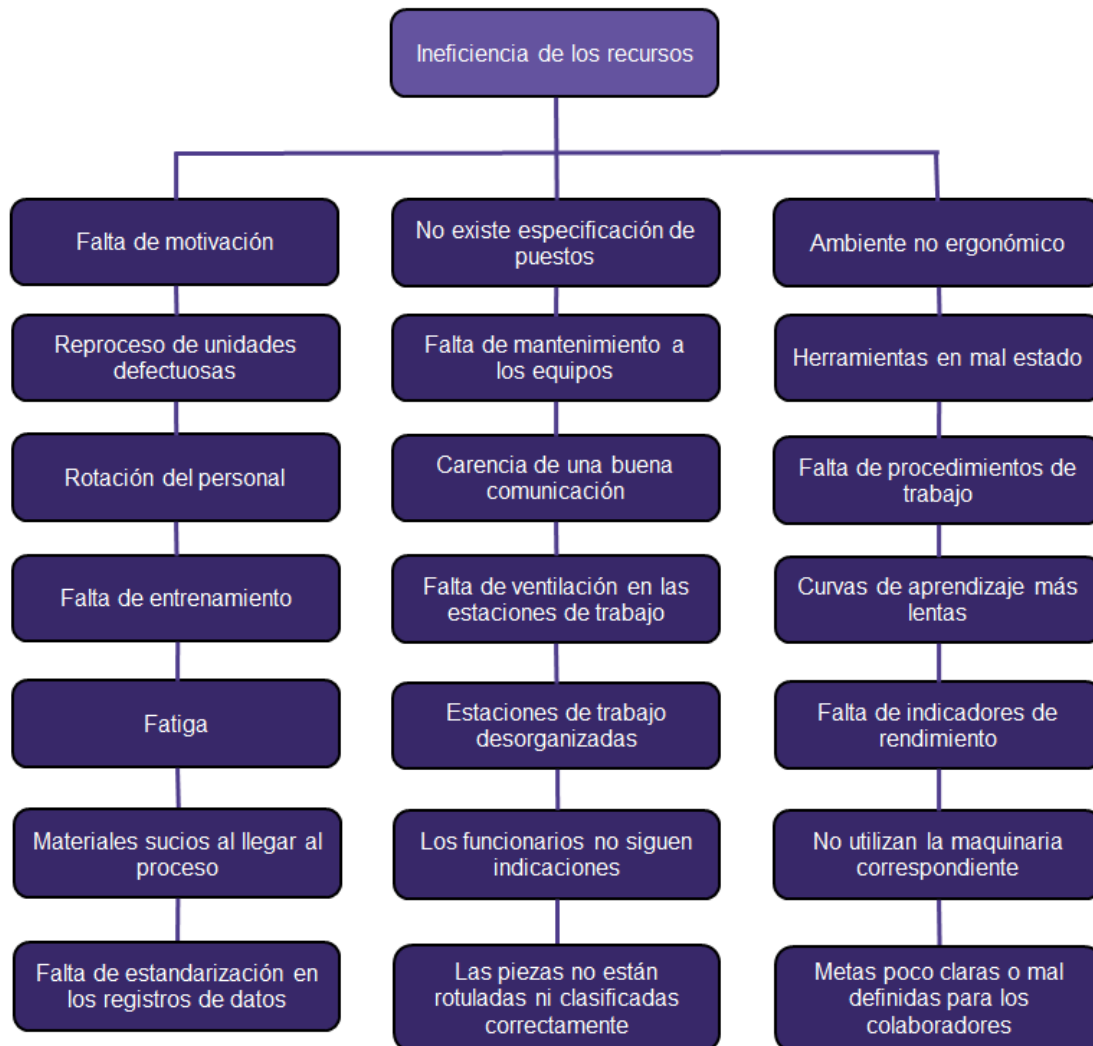
Las personas con las que se hace la lluvia de ideas son las siguientes:

-
-
-
-
-

Al personal participante se le presenta la problemática identificada en el área en estudio, para generar un espacio de diálogo abierto. A partir de esta introducción, cada colaborador tiene la oportunidad de expresar libremente su perspectiva y proponer posibles causas relacionadas con la ineficiencia en el uso de los recursos, aportando así valiosas ideas desde su experiencia directa en el proceso. Cada una de estas ideas se coloca en una pizarra, permitiendo su visualización colectiva y facilitando el análisis posterior.

En la siguiente figura se visualizan las ideas brindadas por cada una de las personas convocadas:

Figura 4.35: Lluvia de ideas

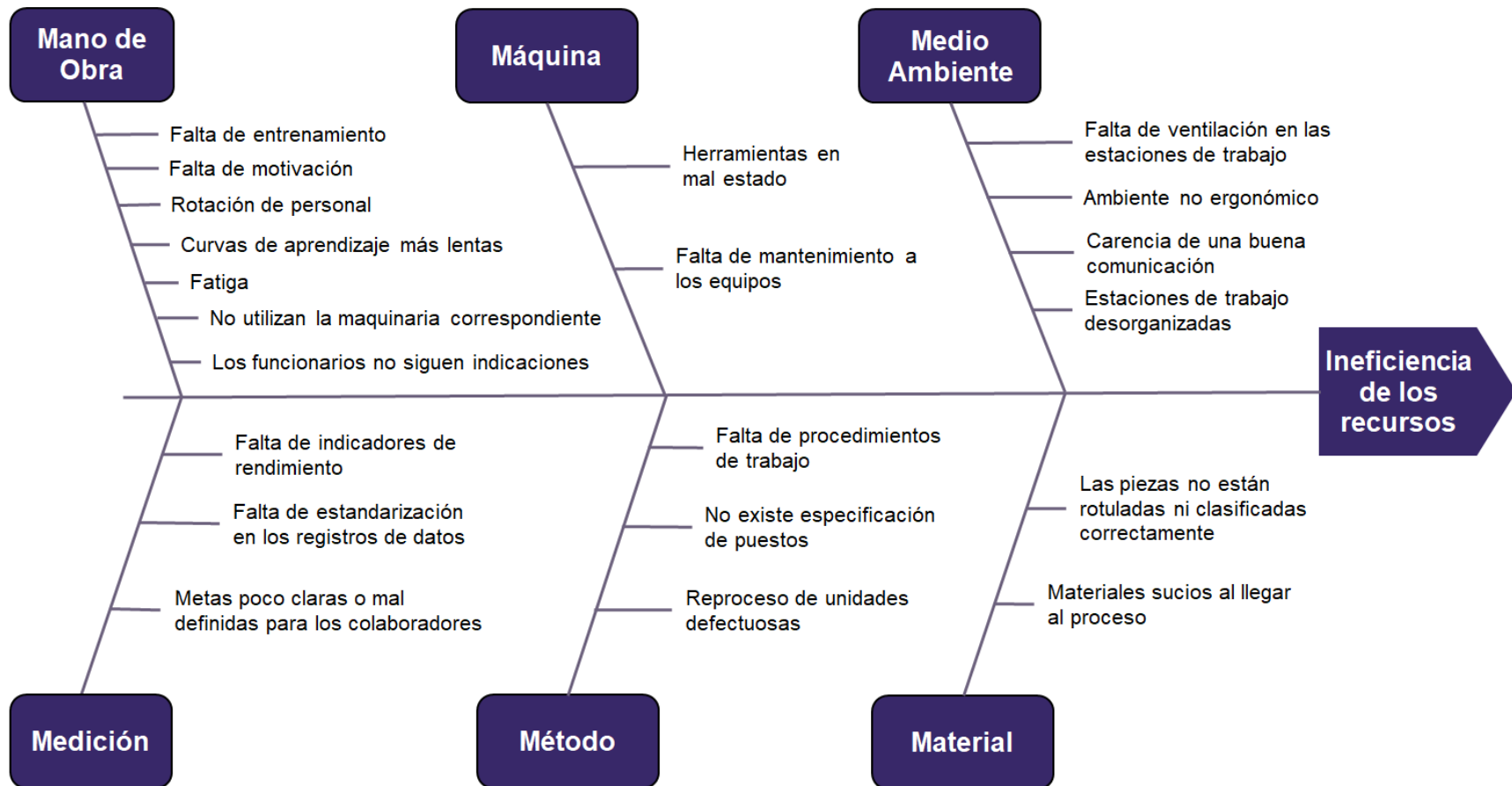


Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.3.2 Diagrama de Ishikawa

A partir de la lluvia de ideas realizada con el equipo de trabajo, se recopilan diversas opiniones y observaciones sobre los factores que pueden estar influyendo en la ineficiencia de los recursos. Estas causas se agrupan bajo las seis categorías clásicas del diagrama (método, mano de obra, maquinaria, materiales, medio ambiente y medición), facilitando así la identificación del origen del problema.

Figura 4.36: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se detalla cada categoría junto con las posibles causas correspondientes a cada una:

Mano de obra: la siguiente causa abarca a todo el personal involucrado en el ensamblaje de las luminarias.

- **Falta de entrenamiento:** actualmente no existe un departamento como tal que imparta los entrenamientos a los operarios, así que el colaborador con más tiempo realizando estas tareas es quien se encarga de brindar el conocimiento necesario para que las personas aprendan a ejecutar el montaje de los componentes.
- **Falta de motivación:** la baja motivación del personal puede reflejarse en la actitud con que trabaja, porque disminuye la productividad y aumenta la probabilidad de los defectos en el ensamblaje.
- **Rotación de personal:** la alta rotación genera pérdida de experiencia acumulada, discontinuidad en los equipos de trabajo y necesidad constante de entrenar nuevos colaboradores. Esto afecta directamente en los tiempos de producción y en la calidad del ensamble, pues el personal nuevo requiere adaptación y aprendizaje.
- **Curvas de aprendizaje más lentas:** los operarios tardan más tiempo en adquirir los conocimientos de las tareas, por ende, se afecta el rendimiento. Esto puede deberse a la falta de capacitación o poco acompañamiento durante el proceso de formación.
- **Fatiga:** la carga física o mental puede provocar agotamiento, reduciendo la concentración y aumentando los errores, esto impacta la calidad del producto y la seguridad del personal.
- **No utilizan la maquinaria correspondiente:** la planta de manufactura cuenta con maquinaria para mejorar la eficiencia en la producción, mas no se utiliza por desconocimiento o mal funcionamiento.
- **Los funcionarios no siguen indicaciones:** la falta de estandarización en el proceso genera que los colaboradores no cumplan con las instrucciones. Esto

provoca nuevos métodos de trabajo, reprocesos del producto y desperdicio de tiempo.

Máquina: se refiere a la disponibilidad y funcionamiento de los equipos y herramientas utilizados en el proceso.

- **Herramientas en mal estado:** actualmente, muchas de las herramientas usadas por los colaboradores se encuentran en condiciones obsoletas, desgastadas o dañadas. Esto produce retrasos en la producción de las luminarias, lesiones o problemas de seguridad.
- **Falta de mantenimiento a los equipos:** los equipos utilizados en el proceso de ensamble no reciben mantenimiento preventivo ni correctivo con la regularidad adecuada. Es común esperar que un equipo falle por completo para verificarlo, lo cual provoca paros inesperados en la línea y pérdidas de tiempo.

Medio ambiente: abarca las condiciones físicas y ambientales en las que se desarrolla el presente estudio.

- **Falta de ventilación en las estaciones de trabajo:** las estaciones de trabajo presentan deficiencias en cuanto a la ventilación adecuada, lo que genera ambientes calurosos y poco confortables para los operarios. Estas condiciones afectan el bienestar de los colaboradores, incrementan la fatiga y reducen la concentración.
- **Ambiente no ergonómico:** las condiciones físicas de las estaciones de trabajo no están adaptadas a las necesidades del personal. Las mesas de trabajo no se ajustan a la estatura de los colaboradores y no se utilizan tapetes antifatiga, lo cual genera incomodidad, dolores musculares y desgaste físico a lo largo de la jornada.
- **Carencia de una buena comunicación:** existe una falta de comunicación entre el Área de Ensamblaje y otros departamentos. Debido a la falta de intercambio de información, se duplican tareas, retrasos en la toma de decisiones o malentendidos.

- **Estaciones de trabajo desorganizadas:** en las estaciones se suele encontrar material correspondiente a modelos de luminarias que ya no están en producción, esto genera desorden o posibles confusiones de piezas durante el ensamble.

Medición: se refiere a la manera en que se recopilan y utilizan los datos o información que permita la toma de decisiones.

- **Falta de indicadores de rendimiento:** el proceso de ensamblaje no cuenta con indicadores claros ni consistentes que permitan monitorear el desempeño operativo, tales como la tasa de defectos, eficiencia por colaborador o nivel de retrabajo. Esta ausencia de métricas dificulta detectar cuellos de botella, evaluar avances y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia del proceso.
- **Falta de estandarización en los registros de datos:** actualmente no existe una metodología unificada para la captura de datos en el proceso productivo. La información puede ser recolectada de manera informal, incompleta o con criterios distintos según el responsable.
- **Metas poco claras o mal definidas para los colaboradores:** los objetivos de producción o calidad no son comunicados de forma clara al personal operativo, o bien, no existen metas específicas. Esto genera falta de enfoque y baja responsabilidad sobre los resultados.

Método: son los procedimientos que se deben llevar a cabo para realizar el ensamblaje de la luminaria correctamente.

- **Falta de procedimientos de trabajo:** en el Área de Ensamblaje no existen procedimientos documentados ni estandarizados que guíen de manera clara la ejecución de cada proceso. Esto provoca que cada operario trabaje según su criterio personal, generando diferencias en la calidad y errores frecuentes.
- **No existe especificación de puestos:** en la actualidad no se cuenta con una definición clara de las funciones y responsabilidades de cada puesto dentro del Área de Producción. Esto provoca confusión entre los colaboradores, duplicidad de esfuerzos y baja responsabilidad individual.

- **Reproceso de unidades defectuosas:** debido a errores en la realización del trabajo o a fallas en el control de calidad, se origina un número considerable de unidades defectuosas que requieren retrabajo.

Material: se refiere a todas las piezas o material necesarios para que el ensamblaje de la luminaria se realice.

- **Las piezas no están rotuladas ni clasificadas correctamente:** las piezas que llegan al Área de Ensamblaje necesitan de identificación visual como: rotulación, códigos o etiquetas, y no se encuentran organizadas por tipo, tamaño o modelo. Esto dificulta su rápida localización.
- **Materiales sucios al llegar al proceso:** algunos materiales llegan al Área de Ensamblaje en condiciones no óptimas, presentando suciedad, residuos o impurezas que deberían haberse eliminado en etapas previas. Esto se debe principalmente a que las máquinas de laminado liberan grasa durante el proceso, lo cual provoca que las piezas se ensucien. Esta condición no representa un aspecto crítico para el producto, porque el material utilizado es hierro prepintado; en caso de que presente decoloración o desprendimiento de pintura, las piezas se envían al Área de Pintura para su respectiva corrección antes de su montaje.

4.3.3 Multivoto

Esta herramienta se emplea para identificar las causas más relevantes que impactan negativamente en la eficiencia del proceso de ensamblaje. Al respecto, esta metodología permite captar la opinión de los colaboradores, promoviendo la toma de decisiones participativa y enfocada.

Para el empleo de esta herramienta, se utiliza la información recolectada de la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa; además, se lleva a cabo una reunión con los doce colaboradores que participan inicialmente. Cada uno de ellos recibe 100 puntos para distribuirlos libremente entre las causas que, a su criterio y experiencia, consideran más representativas del problema central: la ineficiencia de los recursos (mano de obra, tiempo y material). La dinámica de votación se desarrolla de la siguiente manera:

1. Se crea una matriz en Excel que incluye las 21 causas generadas anteriormente.

2. Se imprimen doce formularios individuales y se le entrega uno a cada colaborador. Luego, se les indica que cuentan con 100 puntos que deben distribuir, según su criterio, entre cada causa.
3. Se recoge cada uno de los papeles y se ingresan los datos en la matriz.
4. Se contabilizan los resultados obtenidos para cada causa.

Tabla 4.14: Multivoto con sus votaciones

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.3.4 Diagrama de Pareto

Con la información antes exhibida de la herramienta de multivoto, se crea un diagrama de Pareto, donde se indica el porcentaje acumulado de cada causa para poder enfocar las soluciones a lo más crítico.

1. Se organiza la lista de las causas según su puntuación, de las más altas a las más bajas.
2. Se calcula la frecuencia relativa de cada causa dividiendo su valor individual entre el total general de votos.
3. A partir de esos datos, se determina el porcentaje que representa cada causa respecto al total.

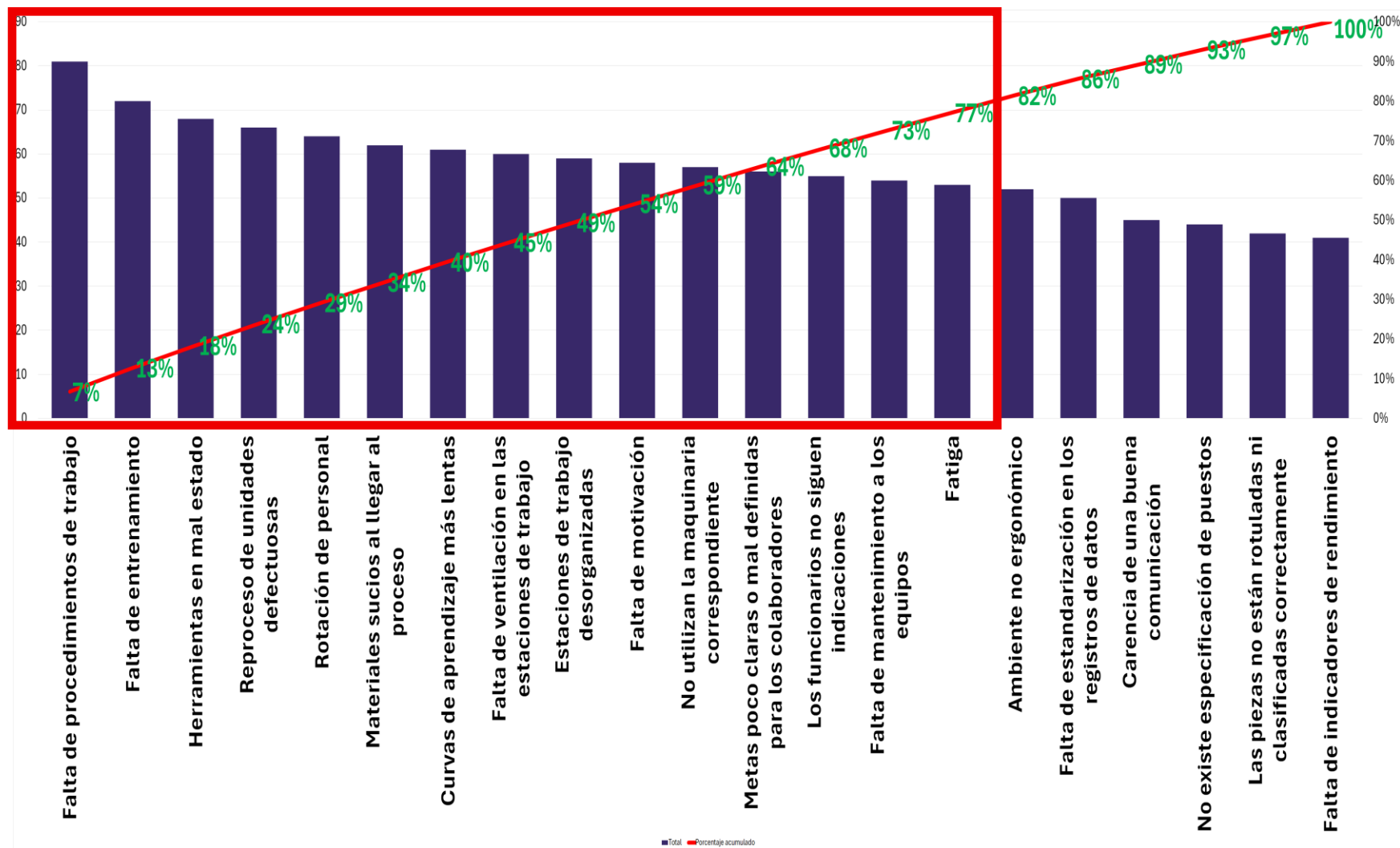
- 4. Luego, se obtiene la frecuencia acumulada, sumando progresivamente los porcentajes.
- 5. Por último, con toda la información procesada, se construye el gráfico correspondiente para visualizar los resultados.

Tabla 4.15: Porcentaje obtenido por causa

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	
--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 4.37: Pareto de las causas



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con base en la regla del 80-20, la cual indica que el 80 % del problema proviene del 20 % de las causas, se determina que el 77 % de la ineficiencia en uso de los recursos se concentra en 15 causas. Estas se priorizan de acuerdo con su porcentaje, lo que permite enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas que generan mayores pérdidas en mano de obra, tiempo y material.

- Falta de procedimientos de trabajo, tiene una votación de un 7 % del total de los votos.
- Falta de entrenamiento, herramientas en mal estado y reproceso de unidades defectuosas tienen una votación del 6 % del total de los votos.
- Rotación de personal, materiales sucios al llegar al proceso, curvas de aprendizaje más lentas, falta de ventilación en las estaciones de trabajo, estaciones de trabajo desorganizadas, falta de motivación, no utilizan la maquinaria correspondiente, metas poco claras o mal definidas para los colaboradores, los funcionarios no siguen indicaciones y falta de mantenimiento a los equipos tienen una votación del 5 % del total de los votos.
- Fatiga tiene una votación de un 4 % del total de los votos.

En conclusión, a partir del análisis del diagrama de Pareto, se observa que muchas de las causas identificadas presentan interrelación y coincidencias entre sí, esto dificulta tratarlas de forma individual. Por ello, se vuelve necesario aplicar una herramienta de calidad complementaria que permita profundizar en el análisis de las causas raíz que están generando la ineficiencia en el uso de los recursos (mano de obra, tiempo y material).

4.3.5 Diagrama de relaciones

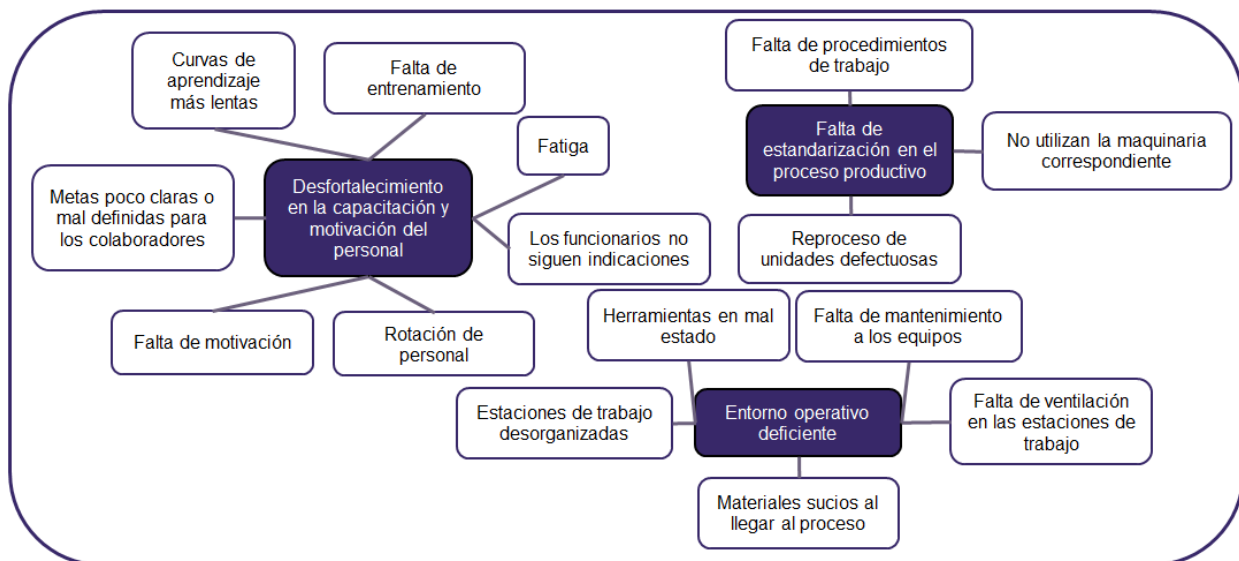
Para la implementación de esta herramienta, se utilizan como base las 15 causas principales identificadas en el diagrama de Pareto. El propósito de su aplicación es determinar, con base en el criterio de experto, cuáles de estas causas representan los orígenes más profundos y complejos de la ineficiencia en el uso de los recursos dentro de la empresa Sylvania. Esta evaluación permite enfocar los esfuerzos de mejora hacia los factores que generan mayor impacto negativo en el proceso.

A continuación, se explican los pasos seguidos para la creación del diagrama de relaciones:

1. Agrupación de ideas: se analizan de acuerdo con el criterio de un experto, considerando su conocimiento y experiencia y la viabilidad de cada propuesta frente al problema analizado.
2. Revisión de la agrupación de causas: las ideas agrupadas se ordenan según su afinidad o categoría clave, esto facilita una visualización más clara de las relaciones.
3. Diseño visual de la herramienta: una vez organizadas las ideas, se define el tipo de representación más adecuada para el diagrama. Así, se utiliza una disposición estándar que se adapta a situaciones donde el problema central tiene múltiples causas principales con un mismo nivel de relevancia.

Seguidamente, se aprecia la representación gráfica de las relaciones entre las causas identificadas:

Figura 4.38: Diagrama de relaciones del problema en estudio



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A partir del análisis realizado mediante el diagrama de relación, se identifican las causas que generan un mayor impacto negativo en la ineficiencia del uso de los recursos. Estas causas se clasifican en tres categorías principales:

1. Desfortalecimiento en la capacitación y motivación del personal.
2. Entorno operativo deficiente.
3. Falta de estandarización en el proceso productivo.

Una vez reconocidas estas causas, se brindan las propuestas de mejora, las cuales se desarrollan en el siguiente capítulo.

Concluyendo este capítulo, se resume el desarrollo del análisis hecho mediante la aplicación de las diferentes herramientas. En primer lugar, se representa el proceso por medio de un diagrama de flujo. Después, a partir del análisis FODA y la matriz FODA, se identifican los elementos que afectan a la organización, tanto interna como externamente, para luego proponer las estrategias que mejor se adaptan a dicha situación. A esto se suma un diagrama SIPOC, donde se visualizan los elementos clave del proceso. Además, se analiza el entorno organizacional mediante el análisis PESTEL y se concluye esta etapa con la elaboración de la matriz de *stakeholders*, la cual permite determinar el nivel de influencia y compromiso de las partes interesadas.

En la etapa de medición, se elabora un árbol de CTQ en el que se definen tres impulsores clave. Se analizan datos recolectados del proceso productivo comprendidos entre mayo de 2024 y abril del presente año. También, se implementan encuestas dirigidas a los operarios para recopilar información específica del Área de Ensamble. Se elabora un diagrama de recorrido para visualizar los desplazamientos del personal, un estudio de trabajo enfocado en el desempeño humano, un estudio de tiempos para medir la duración de las tareas y, finalmente, un estudio de métodos con el propósito de identificar oportunidades de mejora en la ejecución de las actividades.

Por último, en la etapa de análisis, se organiza una lluvia de ideas con el personal operativo, lo cual permite determinar causas potenciales del problema. Estas causas se representan en un diagrama de Ishikawa y se categorizan según su impacto mediante un diagrama de Pareto. A partir de los resultados, se profundiza en las causas más complejas y representativas utilizando un diagrama de relaciones.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

Para el desarrollo de este capítulo, se toman como referencia las causas identificadas mediante la herramienta del diagrama de relaciones presentado en el capítulo anterior. Estas causas se clasifican como las más críticas debido a su impacto directo en la ineficiencia en el uso de los recursos dentro del proceso productivo de la empresa. Con base en dicho análisis, a continuación se plantea una serie de propuestas enfocadas en las fases de mejora y control de la metodología DMAIC. Estas iniciativas buscan mitigar de manera efectiva las problemáticas detectadas, contribuyendo a optimizar el desempeño operativo en Sylvania y garantizar el cumplimiento de los objetivos definidos en esta investigación.

5.1 MEJORAR

En esta etapa se formulan cinco propuestas orientadas a abordar las causas determinadas en el capítulo anterior, con el objetivo de contribuir a la mejora de la problemática identificada por medio de soluciones viables y sostenibles que se alineen con las capacidades actuales de la organización.

Cabe señalar que las siguientes propuestas forman parte de un plan piloto de la incorporación de la banda transportadora, por consiguiente, su implementación inicial permite validar su efectividad en condiciones reales antes de su posible aplicación a mayor escala dentro de la empresa.

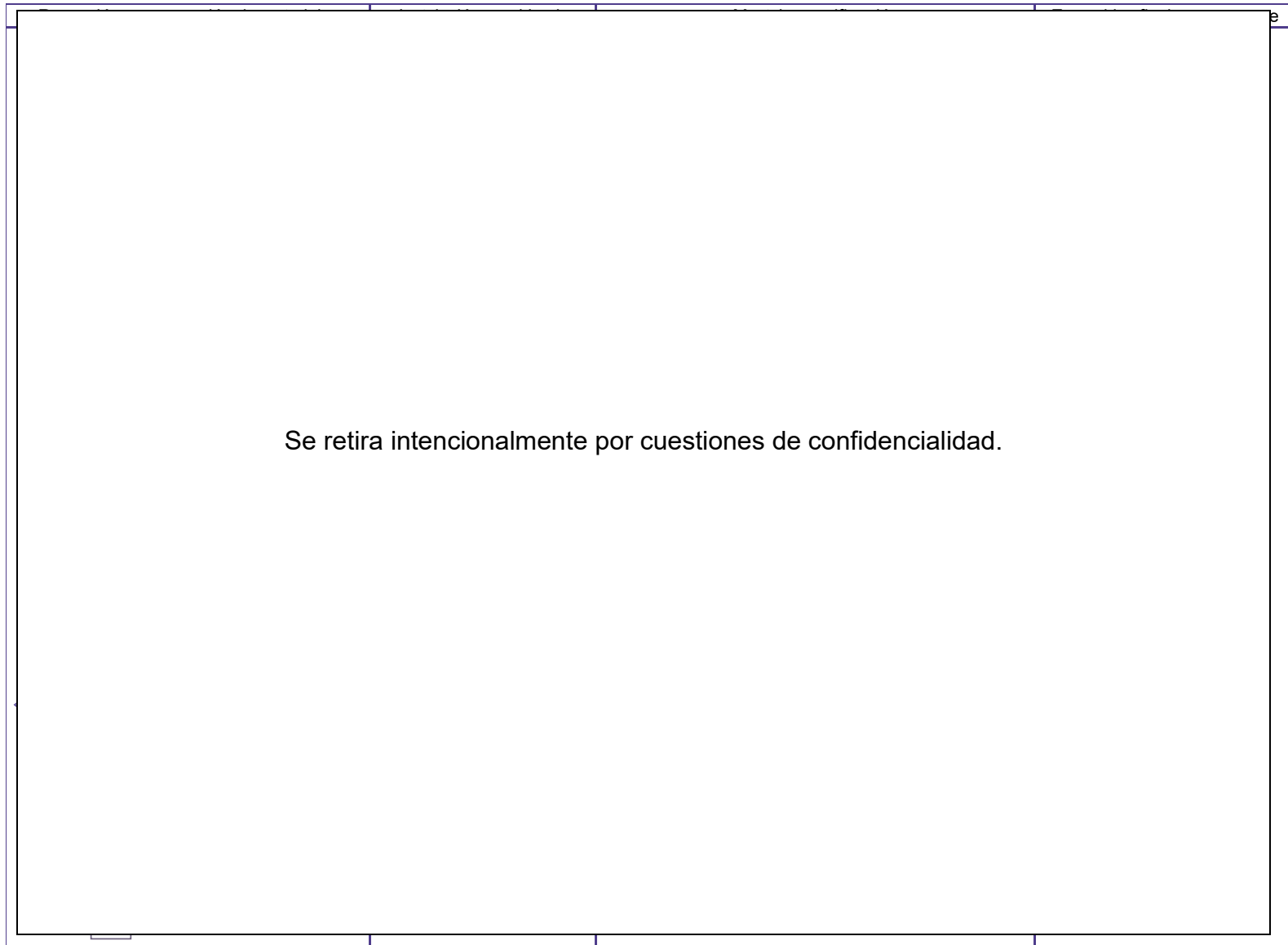
5.1.1 Rediseño del diagrama de flujo

La siguiente propuesta se aplica para la causa denominada "falta de estandarización en el proceso productivo". En cuanto a esta, se desarrolla un nuevo diagrama de flujo que facilita visualizar el procedimiento actualizado debido a la implementación de la banda transportadora. Este diagrama se elabora por la investigadora del proyecto, quien se encarga de documentar de forma clara y estructurada cada una de las etapas del ensamblaje, considerando los cambios implementados. La aplicación práctica de este instrumento está a cargo de los operarios responsables del ensamblaje de la luminaria 705, quienes, mediante su uso, pueden seguir una secuencia definida de tareas, minimizando la variabilidad en la ejecución y promoviendo una mayor eficiencia en la línea de producción.

La representación gráfica evidencia el nuevo diseño del proceso, donde se reducen desplazamientos innecesarios, se distribuyen con mayor precisión las tareas entre los operarios y se maximiza el aprovechamiento de los recursos disponibles. Este nuevo flujo operativo incorpora una secuencia optimizada que busca reducir los tiempos, mejorar la coordinación entre estaciones de trabajo y elevar la productividad general del Área de Ensamblaje.

Además, al contar con una herramienta visual como esta, se favorece la comunicación interna y la capacitación del personal, ya que los trabajadores pueden identificar claramente cada paso por seguir y comprender mejor cómo interactúan las distintas etapas del proceso. Esto contribuye a minimizar errores, facilitar auditorías internas y asegurar que las mejoras propuestas sean aplicadas correctamente.

Figura 5.1: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el diagrama de flujo anterior, se aprecia con mayor claridad el proceso completo de ensamblaje de la luminaria modelo 705. Esta representación facilita la comprensión de las etapas que componen el flujo operativo dentro de la planta, desde la gestión de materiales hasta el empaque final del producto. A continuación, se describe de manera secuencial cada una de las actividades involucradas:

1. Solicitud de materiales: se inicia el proceso mediante el envío de un correo electrónico a los encargados de bodega, en el que se solicita la liberación de la materia prima necesaria para el ensamblaje de la luminaria.
2. Entrega de materiales: el personal de bodega procede con la entrega del material solicitado, el cual se traslada al área correspondiente.
3. Traslado de componentes (soporte Z): desde el Departamento de Laminado, se trasladan los soportes “Z” al Área de Ensamble, junto con los tornillos y tuercas correspondientes.
4. Traslado de chasis: los chasis de luminarias también se envían desde Laminado y, al llegar, se inicia el proceso de limpieza para garantizar que estén en condiciones óptimas.
5. Revisión del estado del chasis: en caso de que se detecten defectos como el desprendimiento de pintura o decoloración, los chasis se envían al Área de Pintura para su reacondicionamiento.
6. Unión del soporte Z con el chasis: se fijan los soportes “Z” al chasis utilizando dos remaches, uno en cada lateral, lo que asegura la estabilidad de la estructura.
7. Instalación de las barras ledes: las barras ledes se colocan sobre el chasis, se ajustan con un desatornillador plano y tornillos, y se instalan los cables correspondientes.
8. Montaje del *driver*: se coloca el *driver* sobre su soporte, fijándolo con tornillos, arandelas y tuercas, para lo cual se sigue el orden y las especificaciones técnicas.
9. Conexión eléctrica: se conectan los cables al *driver*, incluyendo el cable de tierra, y se colocan las etiquetas de identificación en cada conexión para facilitar futuras inspecciones.

10. Unión del chasis y el soporte del *driver*: esta unión se lleva a cabo sobre el soporte “Z”, para asegurar la correcta alineación de los componentes eléctricos.
11. Conexión del sistema de iluminación: se conecta el sistema de cables de las barras ledes con los del *driver*, completando así el circuito de iluminación.
12. Prueba funcional: se realiza una prueba para verificar el correcto funcionamiento de las barras ledes. Si alguna no enciende, se revisa la conexión; si la prueba es satisfactoria, la unidad se traslada a una mesa de trabajo vacía.
13. Preparación del empaque: se arma la caja de la luminaria y se apila sobre una tarima, lista para recibir el producto ensamblado.
14. Montaje de componentes en el cuerpo: dentro del cuerpo de la luminaria, se colocan los soportes de chasis, cables de acero con sus respectivas tuercas ajustadas con taladro, kit de instalación, etiquetas y soportes de sujeción.
15. Uso de la banda transportadora: con el resto de las piezas preparadas, se pone en marcha la banda transportadora. Para ello, se asignan cuatro colaboradores: uno al inicio de la banda, dos a los lados y uno al final encargado del empaque.
16. Inicio del ensamble final: el primer colaborador coloca el chasis sobre la banda transportadora y fija dos tornillos con sus respectivas tuercas.
17. Unión del chasis con el cuerpo: el segundo colaborador une y ensambla el chasis dentro del cuerpo de la luminaria por los cables de acero, girándolo para su correcta integración.
18. Fijación y etiquetado: el tercer colaborador coloca cuatro tornillos adicionales sobre el chasis y fija la etiqueta UL como parte de los requisitos de calidad y cumplimiento normativo.
19. Empaque final: finalmente, el cuarto colaborador se encarga de realizar el empaque completo de la luminaria ensamblada y colocarla sobre la tarima correspondiente para su almacenamiento.

En resumen, la utilización del diagrama de flujo en esta etapa del proyecto permite consolidar los cambios planteados desde un enfoque visual, sistemático y alineado con los objetivos de mejora continua establecidos en el marco del estudio.

5.1.2 Propuesta 2: Manual de Procedimientos para el Ensamble de la Luminaria 705

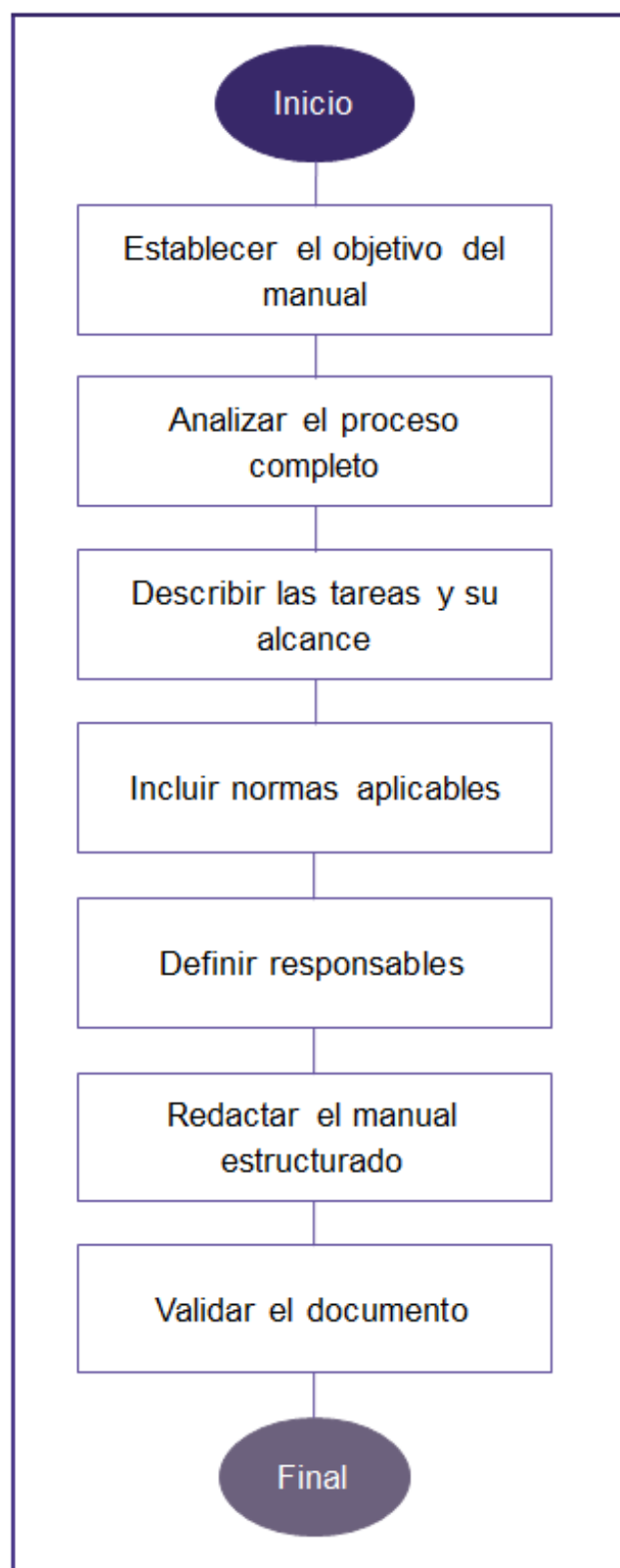
Esta propuesta se formula con el objetivo de atender la causa identificada como "falta de estandarización en el proceso productivo", la cual se evidencia mediante el análisis realizado con herramientas como el diagrama de Ishikawa, donde se atribuye un 7 % de incidencia a la ausencia de procedimientos de trabajo. Esta deficiencia repercute directamente en la variabilidad operativa y la pérdida de eficiencia en el Área de Ensamble.

De acuerdo con Coll (2020), el concepto de estandarización se define como “el proceso mediante el que una serie de procesos se ajustan o se adecúan a un estándar. En este sentido, adaptar los procesos a un modelo que se considera de referencia”. Con base en lo anterior, se concluye que una estandarización adecuada permite consolidar prácticas uniformes que optimicen el desempeño de los recursos y minimicen los errores operativos.

Por ello, se propone la elaboración del Manual de Procedimientos para el Ensamble de la Luminaria 705, con el fin de establecer un documento técnico que sirva como una guía estandarizada para todos los operarios en este nuevo proceso con la implementación de la banda transportadora. Dicho manual se desarrolla por el Departamento de Mejora Continua, en colaboración con las áreas técnicas que aportan su experiencia, y con el apoyo de los líderes de producción que supervisan y validan la ejecución de las actividades. Por su parte, el personal al cual se dirige este manual corresponde a los operarios responsables del ensamble, tanto aquellos de reciente incorporación como quienes ya cuentan con experiencia. Su implementación asegura que las actividades se ejecuten de manera correcta, segura y eficiente. El manual elaborado se presenta en el apéndice 5 de este documento.

En el siguiente diagrama se visualizan las etapas para realizar el manual de procedimientos:

Figura 5.2: Etapas de la creación del manual de procedimientos



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se describen los pasos de este proceso:

1. Establecimiento del objetivo: el manual tiene como finalidad responder a la necesidad del proceso de ensamblaje de la luminaria 705 de contar con funciones, responsabilidades y tareas claramente definidas, que permitan mejorar el flujo de trabajo y la eficiencia operativa. Su creación busca estandarizar las actividades desde las etapas iniciales, incluyendo consideraciones previas y asignación de responsabilidades, con el propósito de garantizar la continuidad y calidad en la ejecución de las operaciones. La definición de estos objetivos está a cargo del Área de Mejora Continua, como parte de su compromiso con la optimización de procesos y la capacitación del personal.
2. Considerar el proceso de forma integral antes de definir tareas específicas: en esta etapa, es fundamental analizar el proceso en su totalidad antes de proceder a la delimitación de tareas individuales. Esta responsabilidad recae sobre el ingeniero encargado de la elaboración del manual, quien debe colaborar estrechamente con los operarios del área, dado que son ellos quienes poseen el conocimiento práctico y pueden aportar información valiosa, así como proponer mejoras viables.

Como primer paso, es necesario identificar a los actores involucrados en la ejecución de las tareas descritas en el manual. En este caso particular, los responsables son los operarios de producción asignados al Área de Ensamble. Luego, se deben considerar los recursos y condiciones actuales del entorno laboral. Durante el análisis, se identifican ciertas limitaciones que enfrentan los operarios, esto conduce a la inclusión de un nuevo método de trabajo mediante la utilización de una banda transportadora. Esta mejora, sustentada en los hallazgos del estudio de métodos y tiempos, permite un flujo de trabajo más eficiente y continuo. Cabe resaltar que la ausencia de un estándar en las tareas previas ha dado lugar a múltiples formas de ejecución y, por ende, genera inconsistencias que impactan negativamente en la eficiencia del proceso de ensamblaje de la luminaria 705.

3. Describir los procesos y su alcance: una vez comprendido el panorama general, se deben documentar detalladamente las operaciones que conforman el proceso. Para lograr una descripción precisa, es esencial realizar consultas directas con el líder del área, así como con el personal operativo, quienes poseen experiencia directa y conocimiento profundo del flujo de trabajo.
4. Incluir normas aplicables al proceso: dado que el procedimiento implica actividades operativas con riesgo moderado como el uso de montacargas, carretillas hidráulicas y la manipulación de piezas de hierro, se establece como norma principal la utilización obligatoria del equipo de protección personal (EPP). Esta medida busca garantizar la seguridad de los colaboradores en todo momento, conforme con las disposiciones de salud ocupacional.
5. Definir los responsables de la ejecución: el manual debe indicar explícitamente quiénes son los encargados de ejecutar cada paso del procedimiento. En este caso, los operarios de producción del Área de Ensamblaje son los principales responsables de cumplir con las tareas asignadas. Asimismo, lo son el supervisor y el líder de verificar que el proceso se lleve a cabo bajo los parámetros establecidos, desde el inicio hasta la finalización de las actividades.
6. Redactar el documento de manera estructurada: por último, se procede a la redacción formal del manual siguiendo todas las pautas previamente establecidas. La elaboración del documento debe estar a cargo del Departamento de Mejora Continua, asegurando que el contenido sea claro, completo y alineado con los objetivos del área.

5.1.2.1 Metodología AIDA

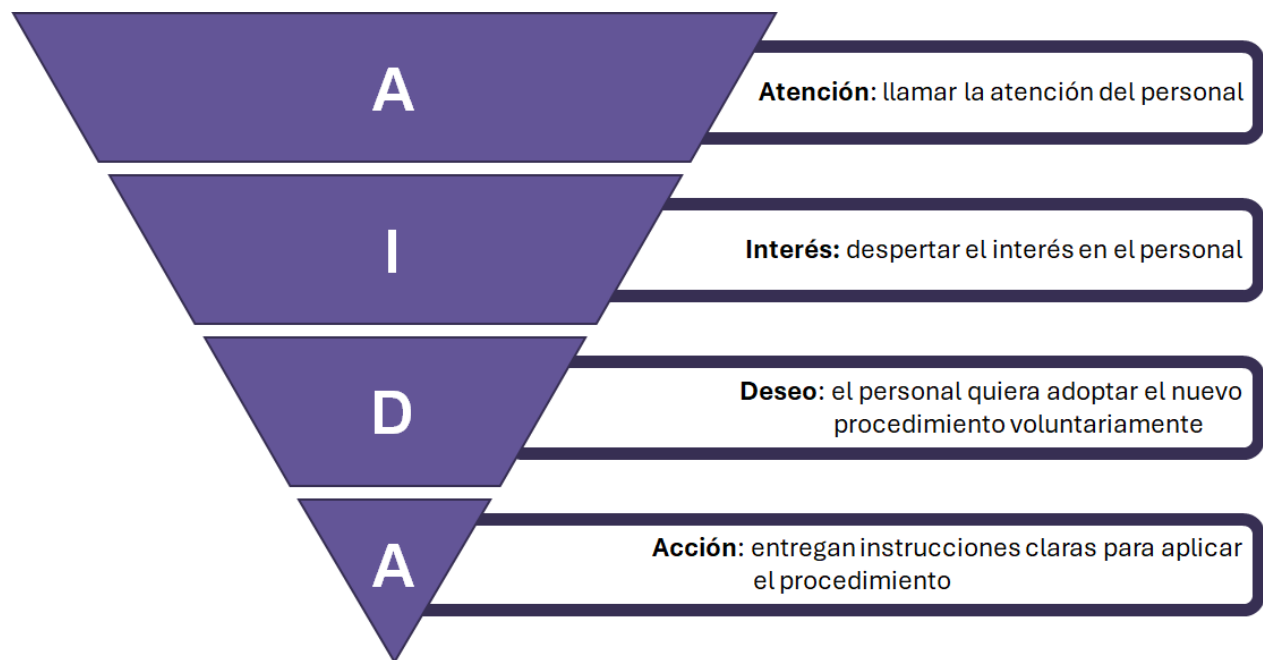
Con el objetivo de comunicarles de forma efectiva a los colaboradores el nuevo procedimiento relacionado con el uso de la banda transportadora, se selecciona la metodología AIDA como herramienta estratégica de comunicación interna. Esta herramienta permite organizar el mensaje en etapas que facilitan la comprensión, el involucramiento del personal y la adopción del cambio de manera progresiva.

La metodología AIDA se estructura en cuatro fases: atención, interés, deseo y acción. Cada una de ellas se enfoca en captar la atención del personal operativo, generar

comprensión sobre el beneficio del nuevo proceso, despertar el deseo de aplicarlo correctamente y motivar una acción concreta y sostenible.

A continuación, se presentan las cuatro etapas clave para implementar la metodología AIDA:

Figura 5.3: Etapas de la metodología AIDA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 1. Atención:** se plantea efectuar una reunión informativa por parte del Departamento de Mejora Continua con el personal del Área de Ensamblaje, en la cual participen el supervisor y el líder del área. Durante esta sesión, se utiliza un proyector para presentar de forma visual el contenido del nuevo procedimiento relacionado con el uso de la banda transportadora, explicando de manera general los objetivos del cambio y las implicaciones operativas para el equipo. Esta estrategia busca captar la atención inmediata de los colaboradores mediante el uso de recursos visuales, la presencia de figuras de autoridad y un espacio formal destinado exclusivamente a comunicar el inicio de la implementación.
- 2. Interés:** se busca despertar el interés del personal operativo por medio de la presentación clara del problema que se resuelve y los beneficios que conlleva la

implementación del nuevo procedimiento. En este caso, se le comunica al equipo que en la actualidad existe una “falta de estandarización en el proceso productivo”, específicamente en el ensamblaje de la luminaria 705, lo cual genera variabilidad, errores y dependencia de instrucciones verbales. Ante esta situación, se introduce la implementación de una banda transportadora junto con la creación de un procedimiento estandarizado que aporte estructura al proceso.

Los beneficios de esta propuesta son:

- Estandarización del proceso de ensamblaje: la creación del manual permite establecer una secuencia clara y uniforme para todas las actividades del ensamblaje. Esto reduce la variabilidad en la ejecución por parte de los operarios y asegura que las tareas se realicen de manera consistente, sin importar el colaborador que las ejecute.
- Reducción de errores y retrabajos: al contar con una guía estructurada y detallada, los operarios disminuyen la probabilidad de cometer errores o realizar pasos incorrectos. Esto se traduce en una reducción de productos defectuosos o procesos repetidos, lo cual impacta de forma positiva en la eficiencia operativa.
- Facilita la capacitación del nuevo personal: el manual actúa como una herramienta de formación clara y accesible para operarios nuevos o con poca experiencia, permitiendo un proceso de inducción más ágil, estandarizado y efectivo, sin depender exclusivamente del acompañamiento constante del líder.
- Mejora del flujo de trabajo y aprovechamiento de recursos: con la inclusión del uso de la banda transportadora y la revisión integral de las tareas, se optimiza el espacio y el tiempo de operación. Esta reorganización del proceso facilita un flujo continuo de trabajo, reduce desplazamientos innecesarios y mejora el rendimiento general del área.
- Refuerzo en la cultura de seguridad y cumplimiento: al establecer como norma el uso obligatorio del EPP y otras medidas operativas, se promueve una cultura organizacional orientada al cumplimiento de estándares de

seguridad, minimizando riesgos laborales y fomentando buenas prácticas en el Área de Producción.

3. **Deseo:** lograr que los colaboradores quieran adoptar el nuevo procedimiento de forma voluntaria y motivada. En este caso, se resalta cómo la mejora implementada facilita el trabajo del personal al minimizar los desplazamientos innecesarios para buscar piezas, gracias a la reorganización del área y la cercanía entre departamentos. Además, se destaca el ahorro de movimientos, pues al colocar las piezas sobre la banda transportadora, estas se trasladan automáticamente a la siguiente etapa del proceso, lo cual reduce el esfuerzo físico y mejora la fluidez de la operación. Para fomentar el involucramiento activo, se establece que toda persona que proponga una mejora sobre el procedimiento será reconocida si su sugerencia es adoptada, esto refuerza un ambiente participativo
4. **Acción:** durante la implementación de la mejora, se le entrega al personal el procedimiento impreso para que lo tengan a su alcance y puedan familiarizarse de manera directa con los cambios en el ensamblaje de la luminaria 705. Esta acción facilita que los colaboradores consulten el contenido en tiempo real durante sus labores, promoviendo la correcta aplicación del proceso estandarizado. Contar con una guía tangible contribuye a reducir dudas, minimizar errores por desconocimiento y reforzar la memorización de las etapas. Asimismo, la entrega física del procedimiento genera un compromiso explícito con la mejora, al simbolizar la formalización del cambio.

5.1.3 Rediseño del diagrama de recorrido y distribución de la planta

Se desarrolla un nuevo diagrama de recorrido con el fin de abordar directamente la causa identificada como "falta de estandarización en el proceso productivo". Este diagrama lo elabora la investigadora del proyecto, quien analiza con detalle el flujo de actividades en el Área de Ensamblaje de la luminaria modelo 705, considerando los ajustes implementados, como la incorporación de la banda transportadora. Su aplicación está a cargo de los operarios responsables del ensamblaje, quienes utilizan esta herramienta como guía visual para seguir un flujo de trabajo estandarizado, lo cual

permite reducir la variabilidad, mejorar la eficiencia operativa y asegurar la correcta disposición de materiales y recursos en planta.

Previo a esta intervención, se identifica mediante el diagrama de recorrido original que los operarios debían hacer numerosos desplazamientos innecesarios entre las estaciones de trabajo, lo que representaba una pérdida considerable de tiempo y un desgaste físico innecesario. Estos movimientos se debían, en gran medida, a la disposición lejana de ciertos componentes clave, como el chasis, los soportes “Z”, el soporte *driver* y el soporte de sujeción con respecto al área donde se realiza el ensamble.

Con la incorporación de la banda transportadora, se genera un cambio significativo en la disposición del área destinada al ensamblaje, dado que esta nueva herramienta se ubica estratégicamente en dicha zona, posibilitando que las piezas necesarias se encuentren mucho más cerca del punto de operación. Este cambio va acompañado de la implementación de una distribución en forma de “U”, la cual, según Operations Insider (2024), “permite que los operarios trabajen dentro de la ‘U’ y, con el suministro adecuado de componentes o la asignación de material desde el exterior, el movimiento se reduzca al mínimo”. Esta configuración facilita una mayor eficiencia operativa, ya que el flujo del proceso ahora se ve optimizado mediante el traslado automatizado o asistido de materiales, lo que disminuye de modo significativo los desplazamientos del personal y mejora la continuidad en las actividades de ensamblaje.

A continuación, se presenta un nuevo diagrama de recorrido que evidencia los cambios logrados tras la implementación de esta mejora. En este nuevo esquema se observa una reducción en la distancia recorrida, una mayor linealidad en el proceso y una disminución de tiempos improductivos. Lo anterior respalda la efectividad de esta acción dentro del plan de mejora continua.

Figura 5.4: Diagrama de recorrido

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En el diagrama de recorrido anterior, se visualiza la nueva distribución implementada en el Área de Producción, específicamente para el proceso de ensamble de la luminaria modelo 705. Esta reconfiguración responde a la incorporación de una banda transportadora, ubicada estratégicamente en el Área de Manufactura, y a la cercanía del almacenamiento de los componentes, que ahora se encuentran más próximos al punto de ensamble. Estos cambios se orientan a optimizar el flujo de trabajo, reducir desplazamientos innecesarios y mejorar la eficiencia operativa.

A continuación, se detallan los puntos numerados en el diagrama y las tareas asignadas a cada estación de trabajo, así como la distribución del personal involucrado en cada fase del proceso:

1. Traslado de material (1 operario): el personal asignado para la siguiente actividad debe mover las piezas necesarias desde el Departamento de Laminado al Departamento de Ensamble.
2. Limpieza (1 operario): el operario realiza la limpieza inicial de los chasis utilizando los insumos asignados, con el propósito de que las piezas estén listas para el ensamble.
3. Chasis + soporte Z (1 operario): se efectúa la colocación del soporte “Z” sobre el chasis, asegurando su correcta alineación.
4. Chasis + barras ledes (1 operario): en esta estación, el colaborador instala las barras ledes y los cables correspondientes sobre el chasis ya preparado.
5. Soporte *driver* + *driver* (1 operario): el operario fija el *driver* al soporte y realiza el conexionado correspondiente según las especificaciones del modelo.
6. Chasis + soporte *driver* (1 operario): se ejecuta la unión entre el chasis y el soporte del *driver*, consolidando los subensambles previos.
7. Chasis + cuerpo + empaque (4 operarios): esta sección se encuentra distribuida a lo largo de la banda transportadora y está compuesta por cuatro operarios que cumplen las siguientes funciones:
 - El primer operario coloca el chasis sobre la banda junto con los tornillos y tuercas requeridos.
 - El segundo colaborador toma el cuerpo y lo posiciona adecuadamente sobre la banda, para luego ensamblar el chasis dentro del cuerpo.

- El tercer operario fija los tornillos correspondientes al chasis dentro del cuerpo y coloca la etiqueta de certificación UL.
- Finalmente, el cuarto operario realiza el proceso de empaque, añadiendo los cartones protectores y el acrílico, además asegurando la unidad para su colocación final sobre la tarima.

Esta nueva distribución permite no solo una mayor fluidez en el proceso, sino también una reducción significativa en los tiempos de traslado de los materiales y un mayor control sobre las secuencias del ensamble.

5.1.3.1 Comparación de tiempos

Antes de la implementación de las mejoras en el proceso de ensamblaje, la producción se realizaba sin el uso de una banda transportadora y con una capacidad operativa reducida de personal. En ese contexto, dos operarios eran responsables de llevar a cabo la unión del chasis al cuerpo de la luminaria y el proceso de empaque. Esta operación se ejecutaba en una jornada laboral de 8 horas y 45 minutos (525 minutos).

Producción previa:

- Unidades producidas por día: luminarias.
- Equivalente en tarimas (unidades por tarima): tarimas.

Mejora implementada

Con la incorporación de una banda transportadora, la preparación anticipada de las piezas y la asignación de dos personas adicionales a la actividad de ensamblaje, se optimiza significativamente el rendimiento del proceso.

Producción posterior:

- Unidades producidas por hora: luminarias.
- Jornada laboral: 8.75 horas (525 minutos).
- Unidades producidas por día: luminarias.
- Equivalente en tarimas: tarimas.

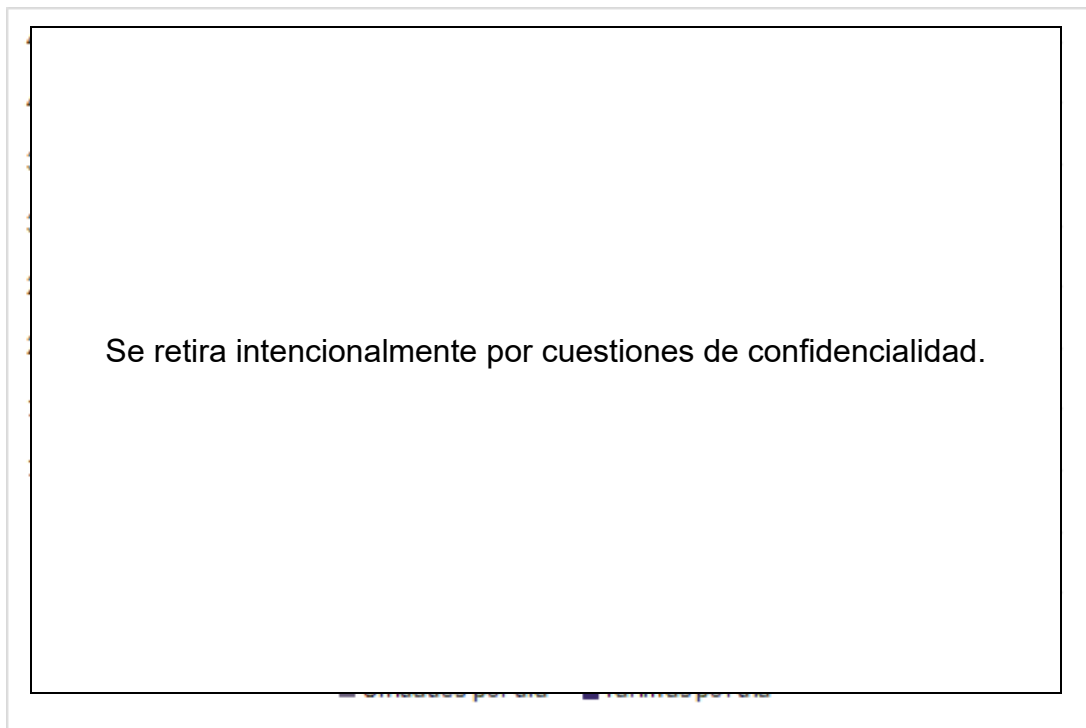
Tabla 5.1: Comparaciones

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	
--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El siguiente gráfico evidencia que la mejora implementada tiene un impacto significativo en comparación con las condiciones operativas previas.

Figura 5.5: Comparación de la producción antes y después de la mejora



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con los datos anteriores, es posible determinar el tiempo requerido para llevar a cabo el proceso antes de implementar la banda transportadora, así como el tiempo empleado después de su incorporación.

Para ello, se considera la jornada laboral y la cantidad de unidades producidas a diario. Al dividir el tiempo total de la jornada entre el número de unidades ensambladas, se obtiene el tiempo promedio dedicado a la producción de cada unidad, tanto en el escenario previo como en el posterior al uso de la banda transportadora.

Estas medidas dan como resultado una reducción significativa en el tiempo promedio requerido para ensamblar una luminaria, pasando de minutos por unidad a minutos por unidad.

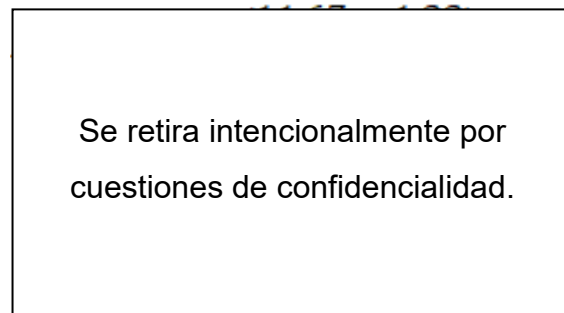
Figura 5.6: Fórmula de reducción del tiempo

$$Reducción = \left(\frac{Tiempo\ promedio\ anterior - Tiempo\ promedio\ actual}{Tiempo\ promedio\ anterior} \right) * 100$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al sustituir los valores para la reducción del tiempo de la luminaria 705, la investigación arroja los siguientes resultados:

Figura 5.7: Fórmula aplicada de reducción del tiempo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Respecto al proceso de ensamble de la luminaria 705, se obtiene como resultado una mejora del 88,6 % respecto a la condición inicial.

5.1.3.2 Estudio de métodos

Debido a las mejoras implementadas, el proceso de ensamblaje de la luminaria 705 experimenta un cambio significativo. Por ello, se recurre de nuevo al estudio de métodos para analizar las nuevas tareas, identificar posibles problemas y proponer

soluciones. Esta metodología complementa la comparación de tiempos realizada previamente y sirve como base para definir acciones que mejoren el cumplimiento y la optimización de los objetivos de producción.

5.1.3.2.1 Cursograma analítico de ensamble

Con el propósito de representar de manera estructurada, detallada y comprensible las actividades correspondientes al proceso de ensamble de la luminaria modelo 705, se elabora un nuevo cursograma analítico que incorpora las mejoras implementadas, tales como el uso de la banda transportadora y el aumento en la cantidad de personal asignado a tareas específicas.

Esta herramienta posibilita desglosar de forma secuencial cada una de las operaciones ejecutadas durante el proceso productivo, brindando una visualización clara del flujo de trabajo. La implementación de la banda transportadora permite no solo una mejor distribución del trabajo entre los colaboradores, sino también una notable reducción en los tiempos de traslado y manipulación del producto, mejorando así la eficiencia del proceso.

El cursograma elaborado detalla cada operación, transporte, inspección, espera y almacenamiento que ocurre en el nuevo proceso, lo cual facilita el análisis crítico de las actividades y permite identificar oportunidades adicionales de mejora. Mediante esta representación, se busca optimizar la asignación de recursos, estandarizar las tareas y asegurar la continuidad del flujo operativo, reduciendo tiempos improductivos y minimizando errores en el ensamble.

Figura 5.8: Cursograma analítico del operario 1



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5.9: Cursograma analítico del operario 2



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5.10: Cursograma analítico del operario 3



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 5.11: Cursograma analítico del operario 4



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con el objetivo de realizar un análisis exhaustivo del proceso de ensamble del modelo de luminaria 705, se lleva a cabo una identificación y documentación precisa de cada una de las actividades involucradas en la secuencia de trabajo, considerando la reciente incorporación de la banda transportadora como parte de las mejoras propuestas.

Como resultado del estudio, se registra un total de 116 actividades distribuidas de la siguiente manera: 64 corresponden a operaciones, 50 a transportes y 2 a inspecciones. El tiempo promedio total requerido para completar un ciclo completo de ensamble es de minutos. Esta medición se ejecuta con la participación de cuatro colaboradores, dos de los cuales de igual modo participan en el estudio preliminar por su experiencia en el proceso, mientras que los otros dos se incorporan específicamente para asegurar la correcta operación y aprovechamiento de la banda transportadora. Dicho cursograma puede consultarse en el apéndice 6 de este documento.

Es importante destacar que, durante el desarrollo del ciclo observado, no se presentan tiempos de espera ni almacenamiento, esto asegura que las condiciones bajo las cuales se efectúa el estudio representan de forma fiel la dinámica normal del proceso en su estado mejorado.

A partir de la actividad número 92 hasta la 116, se implementa el uso de la banda transportadora, con la intención de mantener un flujo continuo y ordenado del material a lo largo de las etapas finales del ensamble. Esta medida se orienta a garantizar que los operarios permanezcan en constante ejecución de tareas, evitando la acumulación innecesaria de componentes sobre la banda y reduciendo al mismo tiempo el riesgo de caídas o daños en las piezas. El diseño del flujo permite un equilibrio en la carga de trabajo y mejora la eficiencia operativa, esto contribuye a la sostenibilidad de la mejora implementada.

5.1.4 Metodología 5S

Esta propuesta responde a la necesidad de corregir la causa conocida como “entorno operativo deficiente”, que afecta el rendimiento y la calidad del producto final. Esta situación exige una intervención estructurada para mejorar las condiciones físicas del área de trabajo y optimizar el desempeño de los procesos.

Para abordar esta problemática, se propone la implementación de la metodología 5S, la cual, según Eurofins (2025), “es un concepto que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua y consigue mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas”. Las cinco fases que componen esta metodología, a saber, clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener, promueven la disciplina operativa y generan un entorno visualmente organizado, seguro y eficiente.

Esta iniciativa la lidera el Departamento de Mejora Continua, en conjunto con Salud Ocupacional, que son los responsables de diseñar y formular la propuesta de mejora, así como de comunicarle continuamente al personal, por medio del grupo de mensajería de la empresa, sobre la implementación de la metodología, considerando las condiciones reales del área y los riesgos asociados. La ejecución de las actividades recae sobre los operarios de producción, quienes deben aplicar los principios de las 5S en su espacio de trabajo. Por su parte, el líder del área y el supervisor son los responsables de garantizar que se cumplan las acciones establecidas y de dar seguimiento a la metodología.

De este modo, se implementa la metodología de 5S con las siguientes fases por seguir:

Figura 5.12: Fases de la metodología 5S



Fuente: Elaboración propia, 2025.

1. *Seiri* (clasificar): en la primera etapa, se verifica el estado de las herramientas utilizadas por los operarios. Durante este proceso, se identifican aquellas que han cumplido su vida útil de funcionamiento, las mismas se trasladan al Departamento de Mantenimiento, encargado de su correcta disposición. En caso de disponibilidad, dicho departamento entrega herramientas nuevas o reutilizables que aún conservan una vida útil adecuada para su uso operativo. Además, se realiza una inspección en las mesas de trabajo para eliminar objetos innecesarios o que no se utilizan en las tareas diarias.
2. *Seito* (ordenar): en esta etapa se establece un lugar específico para el resguardo de las herramientas cuando no se encuentren en uso, con el objetivo de mantener el orden y facilitar su localización. Asimismo, se define un área destinada exclusivamente para colocar el material que se encuentra en espera de ser ensamblado, con la intención de evitar su dispersión en el área de trabajo y reducir el riesgo de pérdida o daño. Adicional, se indican rutas de tránsito claramente delimitadas, que permiten el desplazamiento seguro del personal sin interferencias ni obstrucciones, esto minimiza la posibilidad de accidentes o eventualidades dentro del entorno operativo.
3. *Seiso* (limpiar): en esta fase se brinda una explicación detallada a los operarios sobre el funcionamiento de la metodología 5S, con el fin de que se familiaricen con las tareas que les corresponden dentro del proceso. Para facilitar esta adaptación, se implementa un plan de limpieza, en el cual se asignan responsabilidades específicas a cada operario. Además, se designa a un encargado con la función de verificar el cumplimiento de las actividades establecidas, asegurando de esta forma la correcta ejecución y el sostenimiento de los estándares definidos.
4. *Seiketsu* (estandarizar): como parte de esta etapa, se procede a la demarcación de las estaciones de trabajo, así como de los espacios designados para ubicar las herramientas y el material en proceso. Esta delimitación visual permite establecer un orden claro dentro del área operativa, facilitando que cada elemento se encuentre en su lugar correspondiente. De esta manera, se agiliza

la localización de las herramientas y materiales necesarios, reduciendo tiempos improductivos y mejorando la eficiencia en el desarrollo de las tareas diarias.

5. *Shitsuke* (mantener): finalmente, para desarrollar el hábito de mantener las estaciones de trabajo limpias y ordenadas, se implementan acciones de comunicación continua, como charlas informativas y la difusión de boletines. Estos mensajes están disponibles en las pantallas distribuidas por la planta y en las pizarras informativas ubicadas en puntos estratégicos. También, se realizan auditorías mensuales para verificar la correcta aplicación de la metodología 5S en las áreas operativas y reforzar el compromiso con el orden y la limpieza.

5.1.5 Metodología train-motivate-evalue

Esta propuesta se formula en respuesta a la causa identificada como “desfortalecimiento en la capacitación y motivación del personal”. Según la Editorial Etecé (2025a), “la capacitación es el conjunto de actividades didácticas o de enseñanza y mejoramiento de las capacidades de trabajo que se ofrecen a los trabajadores de una organización o empresa. Tienen como objetivo expandir sus conocimientos, habilidades o aptitudes”. Partiendo de esta definición, una adecuada capacitación de los colaboradores incrementa sus competencias técnicas al momento de ejecutar el ensamble de luminarias, lo que se traduce en una mejora tanto en la calidad del producto como en la eficiencia del proceso.

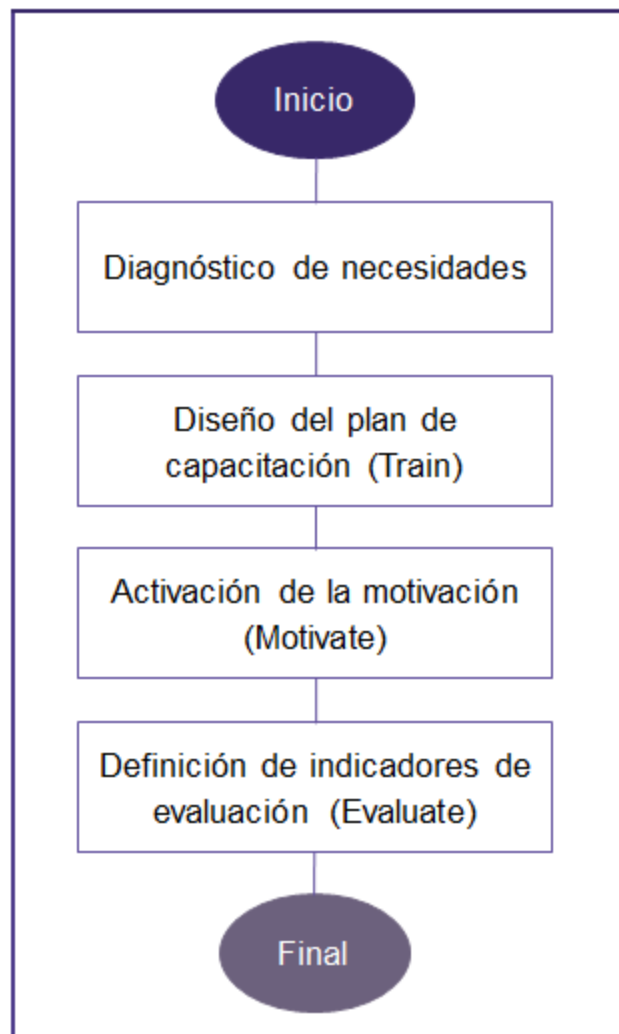
Por otro lado, Qualtrics (2025) define la motivación laboral como “la posibilidad que tiene una empresa de motivar a sus empleados a mantener, mejorar, desarrollar o cambiar su rendimiento o su comportamiento a través de incentivos”. A partir de este concepto, se puede afirmar que mantener a los colaboradores satisfechos con su entorno laboral no solo influye en su estado de ánimo, sino que también eleva su compromiso y productividad. Sentirse valorados por la organización impulsa a los trabajadores a desempeñarse mejor, al comprender que su esfuerzo contribuye directamente al logro de los objetivos empresariales.

En conjunto, la capacitación y la motivación representan dos pilares complementarios para fortalecer el desempeño del personal. Mientras la capacitación les brinda a los colaboradores los conocimientos y habilidades necesarios, la motivación actúa como el

motor que impulsa la aplicación efectiva de dichas capacidades en el entorno de trabajo.

Con base en lo anterior, se propone aplicar la metodología *train–motivate–evaluate* mediante las siguientes etapas:

Figura 5.13: Etapas de la metodología train–motivate–evaluate



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 1. Diagnóstico de necesidades:** en esta primera etapa, el líder del Departamento de Ensamble se encarga de recopilar y proporcionar la información necesaria, dado que mantiene contacto directo con los operarios. Esta información se comparte con el Departamento de Mejora Continua, el asistente de recursos

humanos y el supervisor de línea, con el objetivo de tener una visión del entorno laboral.

Se propone identificar el estado actual del Área de Ensamble, donde se plantea la mejora, considerando los siguientes aspectos clave:

- Percepción de los operarios respecto a su lugar de trabajo.
- Condiciones y disponibilidad de las herramientas utilizadas para las tareas diarias.
- Frecuencia del ausentismo laboral.
- Nivel de rotación del personal hacia otras áreas para brindar soporte.

Esta información permite establecer una base de referencia para proponer estrategias que fortalezcan la capacitación y la motivación del personal, alineadas a las necesidades reales detectadas.

2. Diseño del plan de capacitación (*train*): con base en el modelo 70:20:10.

Según De Chazal (2025):

[...] es un marco para el aprendizaje corporativo que divide las experiencias de aprendizaje en tres categorías: 70 % aprendizaje experiencial: experiencias prácticas y tareas en el trabajo. 20 % aprendizaje social: colaboración, retroalimentación e interacciones entre pares. 10 % de aprendizaje formal: cursos estructurados, talleres y materiales de capacitación.

Este modelo sostiene que las personas aprenden en mayor medida al ejecutar tareas reales; en segundo lugar, al recibir retroalimentación o compartir experiencias con otros y, en menor proporción, mediante actividades formales como charlas o lecturas.

Con base en lo anterior, se propone estructurar el plan de capacitación bajo las siguientes acciones:

- Capacitación práctica (70 %): está a cargo de un operario de producción y el líder del área. Un operario con mayor experiencia se encarga de guiar a un nuevo colaborador mediante un proceso de observación directa y acompañamiento práctico. El líder del área supervisa el avance del colaborador durante el período de adaptación. Esta etapa busca que el

trabajador se familiarice con el rol operativo por medio de la ejecución directa de las tareas.

- Aprendizaje colaborativo (20 %): esta actividad es un trabajo en conjunto con el supervisor del área y personal de mejora continua. Se propone llevar a cabo reuniones semanales con el equipo operativo para discutir problemas comunes, compartir buenas prácticas y sugerir soluciones colectivas. Además, se recomienda implementar rotación de tareas entre operarios para favorecer la comprensión del proceso completo.
- Formación formal (10 %): esta actividad es un trabajo en conjunto con los departamentos de Salud Ocupacional y Mejora Continua y el asistente de recursos humanos. Se brindan charlas técnicas y talleres breves enfocados en temas como seguridad ocupacional, calidad del producto, ergonomía, uso adecuado de EPP y prevención de riesgos laborales. Este espacio formativo se estructura y programa mensualmente.

3. Activación de la motivación (*motivate*): en esta etapa se busca fortalecer la motivación del personal mediante acciones que promuevan tanto el bienestar físico como el reconocimiento del desempeño. Entre estas medidas, se implementa una pausa activa diaria de 10 minutos a media mañana, con el objetivo de prevenir la fatiga laboral y mejorar la concentración. El Departamento de Salud Ocupacional es el encargado de supervisar que todos los colaboradores participen en esta actividad. Adicional, durante las reuniones semanales, el líder del área reconoce el esfuerzo colectivo del equipo y destaca de forma verbal al colaborador con mejor desempeño, considerando aspectos como la calidad del trabajo, el cumplimiento de metas y la actitud mostrada en el Área de Producción. De manera complementaria, el Departamento de Mejora Continua lleva a cabo una campaña interna para incentivar a los operarios a proponer mejoras en el proceso de producción. Si alguna de estas ideas resulta viable y se implementa, se reconoce públicamente al autor mediante menciones durante reuniones o con pequeños incentivos simbólicos, fomentando así la participación activa y el sentido de pertenencia dentro del equipo.

- 4. Definición de indicadores de evaluación (*evaluate*):** en esta etapa se propone establecer mecanismos de evaluación que permitan medir el impacto de las acciones implementadas o sugeridas en relación con la capacitación y motivación del personal. Para ello, se recomienda definir indicadores clave como el porcentaje de cumplimiento del plan de capacitación. Estos datos pueden recopilarse mediante hojas de seguimiento, registros internos y encuestas breves aplicadas al personal. Asimismo, se plantea hacer reuniones de retroalimentación con los líderes de área y supervisores, quienes pueden brindar una valoración cualitativa sobre los cambios percibidos en el ambiente laboral, el compromiso del equipo y la calidad del trabajo. La evaluación periódica ayuda a identificar si las acciones propuestas han contribuido efectivamente a fortalecer las competencias del personal y su nivel de involucramiento, así como a detectar nuevas oportunidades de mejora para ser consideradas a futuro.

5.2 CONTROLAR

A continuación, se detallan las herramientas aplicadas para lograr y mantener las propuestas.

5.2.1 Implementación de KPI

Los KPI son métricas fundamentales que permiten medir y evaluar el desempeño de los procesos dentro de una organización. Por medio de estos indicadores, es posible determinar en qué medida se están cumpliendo los objetivos, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos reales. Su aplicación contribuye al monitoreo constante y al control efectivo de las actividades, lo cual es esencial para asegurar la eficiencia operativa. Ahora bien, el encargado de recopilar y comunicar esta información es el líder del área, quien envía un correo informando a todos los interesados.

En este caso, al ser un proceso nuevo, la implementación de indicadores clave cobra aún más relevancia. Indicadores como la tasa de rendimiento (*yield rate*) y la productividad son especialmente útiles para evaluar la eficiencia del proceso.

- Tasa de rendimiento (*yield rate*): este indicador mide el porcentaje de unidades que cumplen con los estándares de calidad sin necesidad de retrabajo, en

relación con el total de unidades producidas. La fórmula utilizada para calcularlo es la siguiente:

Figura 5.14: Fórmula para obtener el yield de producción

$$\textit{Tasa de Rendimiento} = \left(\frac{\textit{Cantidad de Unidades Buenas}}{\textit{Cantidad Total de Unidades Produccidas}} \right) * 100$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Es recomendable ejecutar la fórmula de manera regular y dar seguimiento a los resultados de forma diaria, semanal y mensual. Esto permite identificar desviaciones oportunamente y tomar acciones correctivas en caso de que el indicador se encuentre por debajo de la meta establecida, a saber, del 85 %.

- **Productividad:** este indicador mide la cantidad de unidades producidas en una línea en relación con el tiempo trabajado (expresado en horas o días). La fórmula utilizada para calcularlo se presenta a continuación:

Figura 5.15: Fórmula para obtener la productividad

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Unidades Producidas}}{\textit{Tiempo (horas o días)}}$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Se recomienda utilizar este indicador como herramienta de seguimiento continuo, llevando registros diarios que posibiliten evaluar el comportamiento de la productividad. Esto facilita la toma de decisiones, ya sea para ajustar los métodos de trabajo, implementar mejoras en la línea o modificar las metas de producción en función del desempeño real observado.

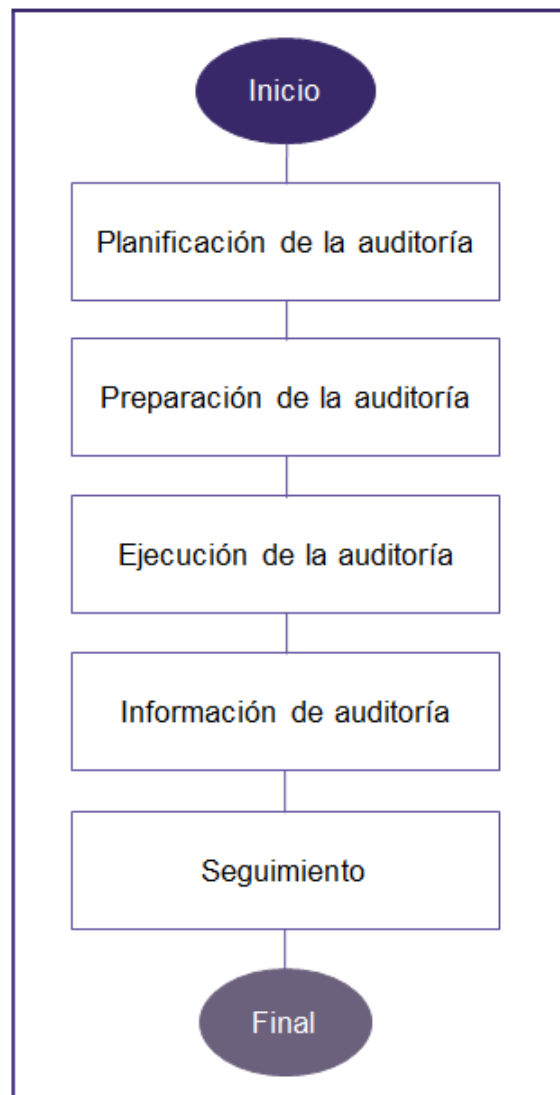
5.2.2 Auditoría del proceso

Este tipo de control se establece para la propuesta 2 debido a que permite evaluar directamente las operaciones ejecutadas por los colaboradores, asegurando que se desarrollen conforme a lo indicado en el manual de procedimientos. Esta herramienta garantiza el cumplimiento de las instrucciones establecidas y contribuye a la mejora

continúa del proceso. El *checklist* para realizar la auditoría se puede consultar en el apéndice 7 del presente documento.

En cuanto a las etapas para efectuar la auditoría, son las siguientes:

Figura 5.16: Etapas de la auditoría



Fuente: Elaboración propia, 2025.

1. Planificación de la auditoría: se define que el área por evaluar es Ensamble. La responsabilidad de llevar a cabo la auditoría recae en los departamentos de Mejora Continua o Salud Ocupacional. Además, se programan fechas específicas para su ejecución, asegurando la participación del líder o supervisor

del área, quien acompaña al auditor durante el proceso. Esta interacción permite brindar retroalimentación en tiempo real y, en caso de detectarse desviaciones, implementar acciones correctivas de forma inmediata.

2. Preparación de la auditoría: la persona encargada debe revisar previamente el manual de procedimientos correspondiente, con el fin de conocer a detalle los estándares establecidos para el proceso. Con base en esta revisión, y apoyándose en un *checklist*, se evalúa en el área de trabajo si las actividades se están ejecutando conforme a lo estipulado en dicho manual, garantizando así un proceso de auditoría más objetivo y enfocado.
3. Ejecución de la auditoría: el auditor realiza una observación directa del proceso para evaluar cada una de las actividades en función de lo establecido en el manual previamente revisado. Asimismo, se llevan a cabo entrevistas breves con el personal auditado para validar su conocimiento sobre el contenido del procedimiento. En caso de identificar desviaciones o puntos de mejora, el auditor debe documentarlos mediante fotografías, para contar con evidencia objetiva que respalde los hallazgos observados.
4. Informe de auditoría: se envía un correo electrónico al líder del área con copia al supervisor, con el propósito de comunicar los resultados obtenidos durante la auditoría. Por este medio, se informa si el personal ha comprendido adecuadamente el contenido del manual de procedimientos y se detallan los hallazgos encontrados, así como las posibles recomendaciones proporcionadas por el auditor. Esta comunicación permite dar seguimiento oportuno a las observaciones realizadas y tomar las acciones correctivas necesarias.
5. Seguimiento: tanto el líder del área como el supervisor tienen la responsabilidad de comunicar a los operarios las observaciones identificadas durante la auditoría. Esta retroalimentación posibilita que el personal tome conciencia de las áreas por mejorar y, en caso de que se hayan detectado inconsistencias, se implementen las correcciones necesarias antes de la siguiente auditoría, promoviendo de este modo el cumplimiento continuo de los procedimientos establecidos.

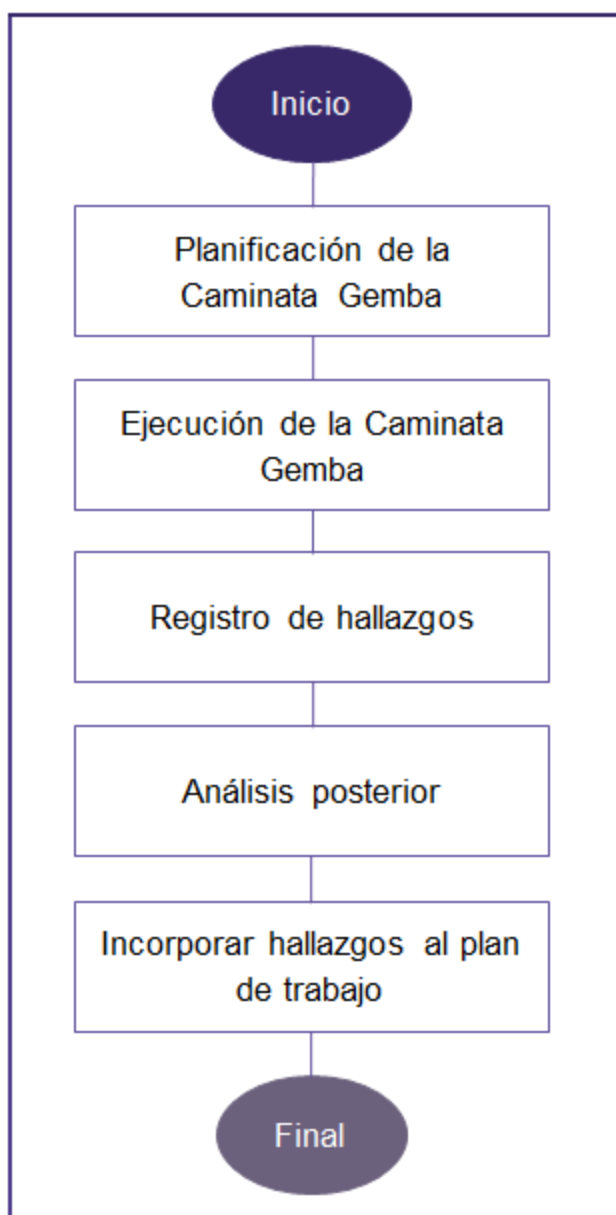
5.2.3 Gemba walk

Se implementa la caminata *gemba* para verificar la sostenibilidad de las mejoras realizadas en el proceso. Esta herramienta se basa en la observación directa del lugar donde se implementan los cambios, permitiendo al auditor verificar el cumplimiento de las actividades por parte de los colaboradores y efectuar consultas sobre sus tareas asignadas. Su aplicación asegura que el nuevo recorrido y la distribución de planta se ejecuten correctamente durante la operación diaria.

Para facilitar la recolección de información durante la caminata, se recomienda el uso de una lista de verificación elaborada por la investigadora del proyecto y que se encuentra disponible en el apéndice 8 de este documento.

Una vez finalizada la caminata *gemba*, tanto las respuestas obtenidas como las preguntas formuladas pueden analizarse y debatirse con el equipo, logrando una reflexión más profunda sobre el proceso observado. Se recomienda que estas caminatas se integren dentro del plan de trabajo quincenal o mensual del líder del área, ya que esto favorece una comunicación continua con los técnicos y facilita el monitoreo constante del proceso productivo.

Figura 5.17: Proceso de la caminata gemba



Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.2.4 Auditorías de 5S

Para controlar la propuesta número 4 y asegurar una correcta implementación de la metodología 5S, se establece un programa de auditorías periódicas. Estas se ejecutan por representantes de los departamentos de Mejora Continua, Salud Ocupacional y Recursos Humanos, quienes tienen la responsabilidad conjunta de evaluar el cumplimiento y brindar retroalimentación al personal.

Antes de iniciar las auditorías, se lleva a cabo una capacitación dirigida a todos los miembros del Departamento de Ensamble. Esta capacitación tiene como objetivo explicar los fundamentos de la metodología 5S, su aplicación práctica en cada estación de trabajo y la correcta disposición de materiales, herramientas o piezas innecesarias. La lista de verificación utilizada para las auditorías es elaborada por la investigadora del proyecto y se detalla en el apéndice 9 del presente documento. Esta lista incluye ítems asociados a cada una de las “S” y se evalúa mediante una escala de colores, definida de la siguiente manera:

Tabla 5.2: Escalas de la auditoría

Escala	Nivel de cumplimiento
Rojo (50% - 75%)	Incumplimientos significativos
Amarillo (76% - 85%)	Parcial cumplimiento
Verde (86% - 100%)	Cumplimiento satisfactorio

Fuente: Elaboración propia, 2025.

- Rojo (50 %-75 %): se identifican incumplimientos significativos o hallazgos negativos. Es necesario realizar acciones correctivas inmediatas.
- Amarillo (76 %-85 %): se evidencia una implementación parcial. El equipo requiere más acompañamiento o herramientas para alcanzar un nivel óptimo.
- Verde (86 %-100 %): el área cumple con los requisitos establecidos. Se reconoce el compromiso del personal con la metodología 5S.

Cada resultado de auditoría se discute con el equipo evaluado y se elaboran planes de mejora cuando el cumplimiento no supere el rango verde. Además, se recomienda repetir la capacitación en áreas con puntajes deficientes para reforzar los principios de orden, limpieza y disciplina.

La implementación de auditorías 5S como una herramienta de control representa un paso fundamental para garantizar la sostenibilidad de la metodología dentro del Área de Ensamble. Al establecer un equipo responsable de las evaluaciones y acompañar este proceso con capacitaciones efectivas, se fortalece la cultura organizacional basada en

el orden, la limpieza y la mejora. La aplicación de una escala visual facilita la interpretación de resultados y promueve la mejora continua. Este enfoque no solo permite identificar desviaciones a tiempo, sino también reconocer el compromiso del personal, generando un entorno de trabajo más seguro, eficiente y motivado.

Con base en la planificación de auditorías 5S, se establece un diagrama de Gantt como herramienta visual de control para que todos los involucrados conozcan la secuencia de actividades, los tiempos estimados y el progreso esperado en la implementación de la metodología. Esta planificación posibilita visualizar los cambios a lo largo del tiempo y dar seguimiento periódico a los avances obtenidos.

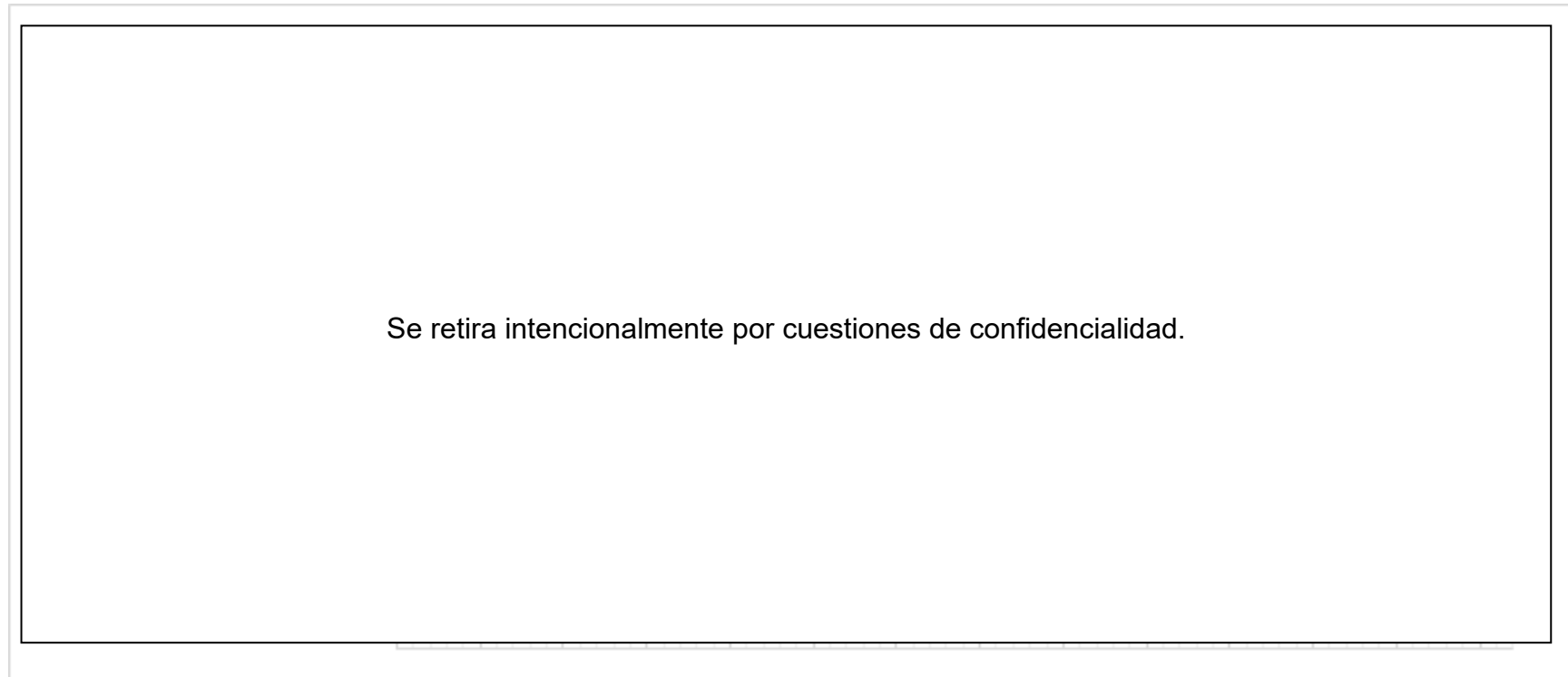
El proyecto consta de 10 fases, descritas a continuación:

1. Diagnóstico (1 semana): se realiza una auditoría inicial del área para identificar las condiciones actuales, puntos críticos, oportunidades de mejora y desperdicios presentes.
2. Sensibilización (1 semana): se lleva a cabo una jornada de información y concientización dirigida a todo el personal involucrado, sobre los fundamentos y beneficios de las 5S.
3. *Seiri y seiton* (2 semanas): en esta fase se clasifican los materiales, se eliminan elementos innecesarios, se organiza físicamente el área de trabajo y se etiquetan herramientas o componentes que carezcan de identificación.
4. *Seiso y seiketsu* (2 semanas): se efectúa una limpieza profunda de las estaciones de trabajo y se crean estándares visuales para mantener la limpieza y el orden, definiendo qué herramientas o elementos deben permanecer en cada puesto.
5. Capacitación previa (1 semana): formación dirigida a todo el personal del Área de Ensamble sobre la correcta aplicación de la metodología 5S en sus estaciones de trabajo.
6. Elaboración del *checklist* (1 semana): desarrollo de la lista de verificación que se utiliza durante las auditorías. Esta incluye ítems relacionados con cada una de las 5S y criterios de evaluación.

7. Auditoría 5S inicial (1 semana): primera auditoría formal al Área de Ensamble utilizando la escala de colores (rojo, amarillo y verde), con el fin de medir el grado de cumplimiento de las 5S implementadas.
8. Retroalimentación (1 semana): se comunican los resultados de la auditoría al equipo evaluado, se reconocen los logros alcanzados y se diseñan planes de acción para corregir los hallazgos detectados.
9. Auditorías periódicas (mensuales): se establecen auditorías mensuales con el objetivo de realizar un seguimiento continuo y asegurar la sostenibilidad de la metodología.
10. Capacitación puntual (según necesidad): esta etapa se activa únicamente si los resultados de las auditorías periódicas identifican áreas con calificación en rojo o amarillo. Se refuerza la formación del personal en las estaciones específicas donde se detecten desviaciones.

Está segmentado en semanas y define cada una de las tareas para las partes implicadas con una fecha de inicio y finalización.

Figura 5.18: Diagrama de Gantt de las auditorías de 5S



Fuente: Elaboración propia, 2025.

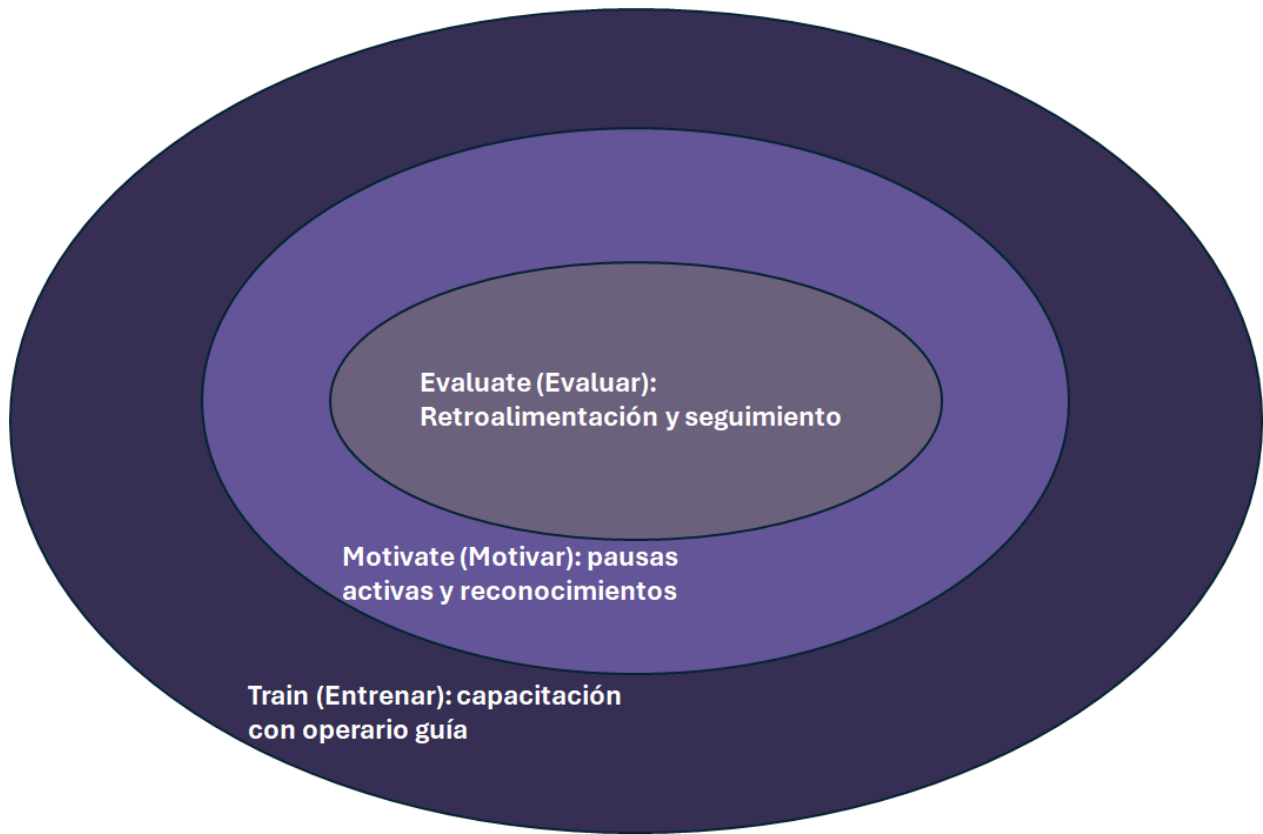
Dado que el proceso de implementación sugiere un lapso de 9 semanas, se recomienda iniciar en el último cuatrimestre del presente año, para empezar a ver los resultados.

5.2.5 Estrategia de control y sostenibilidad de la metodología train-motivate-evaluate

Para garantizar el sostenimiento y la efectividad de la propuesta metodológica, se define una estrategia de control estructurada en cinco etapas operativas que permiten el monitoreo constante de las acciones implementadas.

1. Supervisión directa: el control está a cargo del líder del área y el supervisor de producción, quienes son los responsables de verificar que todas las actividades asociadas a la capacitación, la motivación y la evaluación del desempeño se ejecuten correctamente por parte del equipo de trabajo.
2. Acompañamiento práctico: se asigna un operario con mayor antigüedad para que acompañe y capacite a los nuevos ingresos. Esta acción garantiza un proceso de aprendizaje contextualizado, basado en la experiencia operativa y adaptado al entorno real de trabajo
3. Verificación de pausas activas: se establece un control sobre la participación de los colaboradores en las pausas activas programadas a media mañana. Este horario se elige estratégicamente para coincidir con el cierre temporal de los servicios sanitarios por limpieza, optimizando así el tiempo disponible sin afectar la operación.
4. Seguimiento visual: como herramienta de apoyo al control, se coloca una pizarra informativa en el área de trabajo. En ella se registra el estado de capacitación de cada operario, las ideas de mejora propuestas por el personal y los reconocimientos otorgados, facilitando la visualización de los avances y reforzando la motivación colectiva.
5. Reuniones breves de control: se efectúan reuniones semanales de 5 a 10 minutos lideradas por el líder del área. En estas sesiones se informa sobre el avance de la metodología, se reconoce públicamente a los colaboradores destacados y se brinda retroalimentación sobre las oportunidades de mejora, como la constancia en las pausas activas o la participación en las iniciativas de mejora.

Figura 5.19: Ciclo de control train–motivate-evaluate



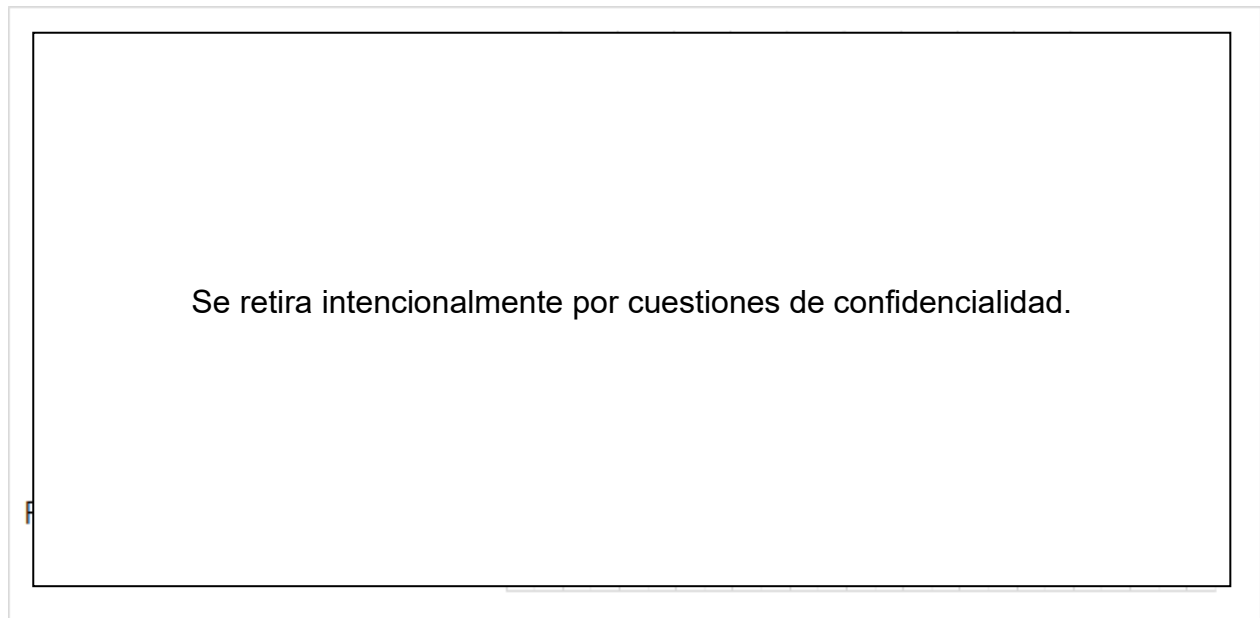
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Estas etapas permiten un control integral, refuerzan el compromiso del personal y garantizan la sostenibilidad de la metodología en el tiempo, alineándose con los principios de mejora continua y eficiencia operativa.

5.2.6 Diagrama de Gantt

Mediante un diagrama de Gantt, se expone la planificación y seguimiento del plan piloto implementado, con el objetivo de evaluar el comportamiento del personal frente a la incorporación de la banda transportadora, así como su adaptación al traslado hacia una nueva área de trabajo. Este plan permite observar de manera ordenada y temporal el desarrollo de cada actividad, facilitando la verificación del impacto en los tiempos de operación y la identificación de posibles mejoras en el proceso. El uso del Gantt resulta clave para visualizar la duración, secuencia y responsables de cada acción durante el periodo de prueba.

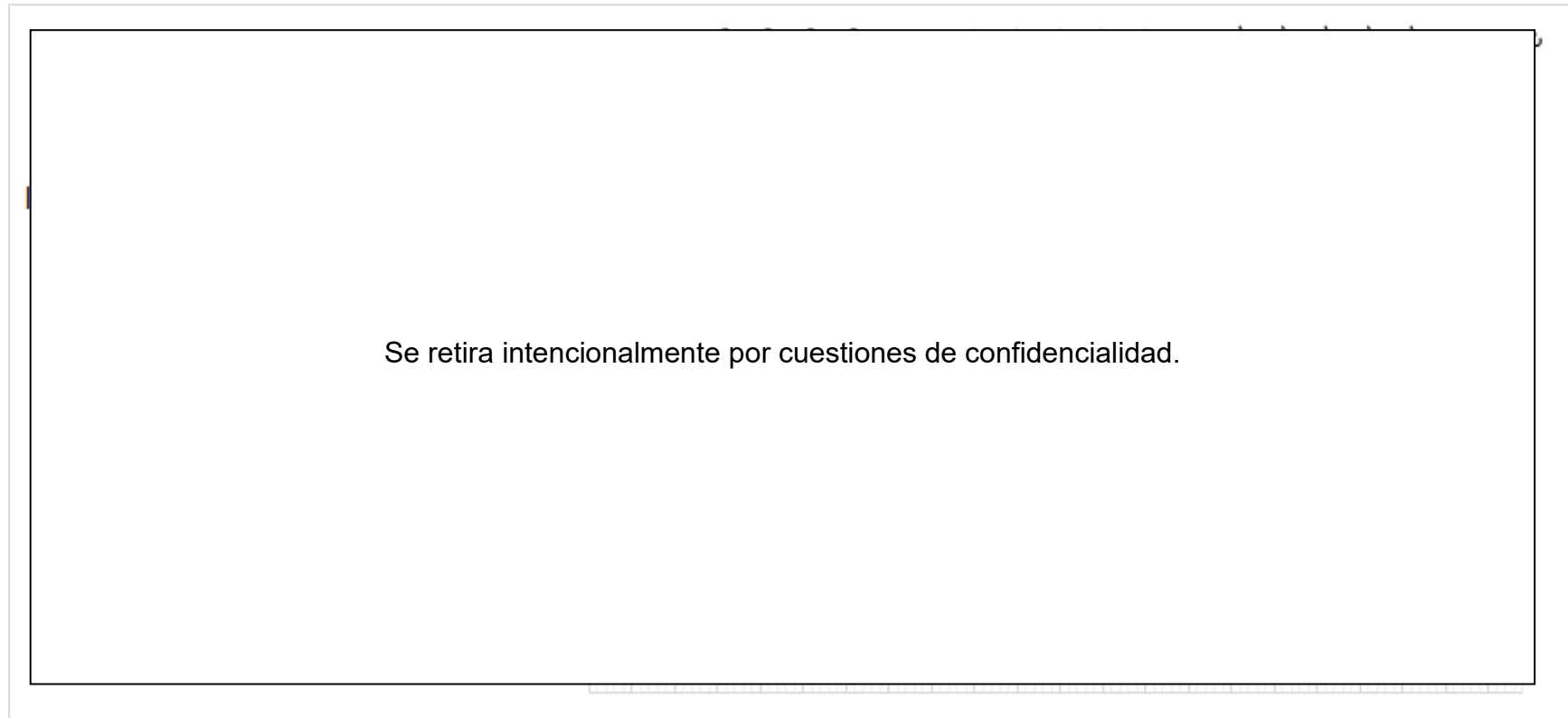
Figura 5.20: Gantt del plan piloto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se aprecia el diagrama de Gantt general del proyecto, el cual detalla la planificación y duración de cada una de las propuestas definidas para su implementación durante el último cuatrimestre del presente año. Esta herramienta ayuda a visualizar de forma clara la secuencia de actividades, los tiempos asignados y la coordinación entre las diferentes acciones propuestas, facilitando así una gestión eficiente del cronograma y el cumplimiento de los objetivos establecidos dentro del periodo previsto.

Figura 5.21: Gantt general



Fuente: Elaboración propia, 2025.

5.2.7 ROI

Dado que las propuestas de mejora se orientan a reducir la ineficiencia en el uso de recursos, en este caso el análisis del ROI no se enfoca únicamente en un ahorro monetario directo, al no ser sencillo determinar con precisión el monto en colones. En su lugar, el ROI se calcula con base en el tiempo ahorrado como resultado de la optimización de los recursos (tiempo, mano de obra y materiales), lo cual representa un beneficio significativo para la organización en términos de productividad y eficiencia operativa.

Para el análisis de este cálculo, se emplea la siguiente fórmula:

Figura 5.22: Fórmula para obtener el ROI

$$ROI = \frac{\text{Costo de implementación}}{\text{Ahorros obtenidos}}$$

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En este caso, la fórmula del ROI se interpreta de la siguiente manera: los costos de implementación corresponden al valor económico de las propuestas relacionadas con la capacitación y ejecución en horas o días funcionario, representados en colones y el ahorro se basa en supuestos definidos por criterio experto, considerando causas como reprocesos, falta de implementación y uso incorrecto del procedimiento. Ese supuesto se asigna a un año como mínimo de atraso en el correcto uso de los recursos.

Para concretar la fórmula anterior, se realizan los siguientes pasos:

1. Se calcula la cantidad de horas dedicadas por cada funcionario, según el departamento correspondiente, desde el inicio hasta la finalización de la implementación.
2. Se convierten esas horas en días laborales, tomando en cuenta el total de horas por persona según su departamento.
3. Se define el salario de cada funcionario, utilizando como referencia el salario base debido a razones de confidencialidad.
4. Se calcula el valor del salario base por día u hora, según como se requiera presentar la información.

- 5. Se calcula el costo total del tiempo invertido por cada persona involucrada.
- 6. Se suman los valores obtenidos en el paso anterior.
- 7. Se repite este proceso para cada una de las etapas planteadas.
- 8. Se suman los totales.
- 9. Finalmente, se integran estos datos en la fórmula del ROI.

Los pasos antes mencionados se representan numéricamente en la siguiente tabla:

Tabla 5.3: Cálculo de los costos de inversión de las propuestas

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Seguidamente, se aplica la fórmula para el cálculo del ROI de las soluciones propuestas:

Figura 5.23: Cálculo del ROI

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	
--	--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con la figura 5.23, se calcula que el ROI para las propuestas de solución es de 12 meses de ahorro en la implementación.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Conclusiones

- El diagrama de flujo permitió representar de forma clara y ordenada todas las etapas involucradas en el ensamblaje de la luminaria 705, facilitando la comprensión del proceso desde la solicitud de materiales hasta el empaque final del producto.
- En cuanto al análisis FODA y la matriz de estrategias aplicada, la estrategia que mejor se adaptó para el desarrollo de esta investigación corresponde a: reducir debilidades para evitar amenazas, al centrarse en corregir deficiencias internas como la falta de procedimientos documentados y la limitada experiencia en supervisión.
- Mediante el análisis SIPOC, se identificaron los proveedores encargados de suministrar los materiales, las entradas correspondientes a las piezas listas para ensamblar, los procesos divididos en ocho etapas generales, las salidas representadas por la luminaria completamente ensamblada y, por último, los clientes, clasificados como nacionales e internacionales.
- Por medio del análisis PESTEL, se dedujo que la implementación de este proyecto afectaría en un tiempo medio y su impacto es mayormente positivo.
- En el árbol de CTQ realizado, se definieron tres impulsores: tiempo de producción, uso inadecuado del material y recurso humano.
- El análisis de los datos asociados con los rechazos en el proceso de ensamblaje de luminarias evidenció que los defectos más recurrentes, a saber, componente incorrecto, cables incorrectos y parte mal colocada, están directamente relacionados con errores humanos derivados de la ausencia de un documento de referencia estandarizado.
- La aplicación de la encuesta al personal del proceso de ensamble de luminarias arrojó información valiosa y directamente vinculada con el uso del tiempo, material y mano de obra.

- El uso del diagrama de recorrido en el análisis del proceso de ensamblaje de la luminaria modelo 705 permitió identificar de manera clara los desplazamientos hechos por los operarios y su impacto en la eficiencia operativa.
- Se realizó un estudio del trabajo que incluyó un estudio de tiempos y un estudio de métodos, con el fin de conocer cómo se encuentra actualmente el proceso de ensamblaje. Al respecto, se concluyó que el tiempo estándar para el proceso del ensamble de luminarias es de minutos por unidad, por lo tanto, una sola persona puede ensamblar luminarias por día.
- A partir de la aplicación de una lluvia de ideas enfocada en el problema de ineficiencia en el uso de los recursos (tiempo, material y mano de obra), se generaron 21 propuestas que sirvieron como base para la elaboración del diagrama de Ishikawa. Por medio de esta herramienta, se clasificó y analizaron las posibles causas raíz del problema.
- Mediante la herramienta de multivoto, se priorizaron las causas más críticas identificadas previamente, permitiendo construir un diagrama de Pareto para aplicar el principio 80/20. Sin embargo, el análisis mostró que muchas de las causas seleccionadas eran redundantes y no contribuían de forma efectiva a la generación de soluciones concretas. Por ello, se aplicó el diagrama de relaciones en donde se determinaron las causas raíz del problema de estudio, las cuales son desfortalecimiento en la capacitación y motivación del personal, entorno operativo deficiente, y falta de estandarización en el proceso productivo. Estas causas se utilizaron para brindar las cinco propuestas a la investigación.
- La implementación del nuevo diagrama de flujo para el proceso de ensamblaje de la luminaria 705 respondió a la causa identificada como “falta de estandarización en el proceso productivo”. Este instrumento visual, desarrollado con base en las modificaciones recientes, facilita la comprensión y seguimiento de cada etapa por parte de los operarios, reduciendo la variabilidad en la ejecución y optimizando la distribución de tareas. Al minimizar desplazamientos innecesarios y mejorar la coordinación entre estaciones, el flujo actualizado contribuye a aumentar la eficiencia y productividad del Área de Ensamble.

- La elaboración del Manual de Procedimientos para el Ensamble de la Luminaria 705 atiende la causa raíz identificada como “falta de estandarización en el proceso productivo”. Esta herramienta busca reducir la variabilidad en la ejecución, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la capacitación del personal.
- El rediseño del diagrama de recorrido y la redistribución de la planta para el Área de Ensamblaje de la luminaria modelo 705 permitieron abordar la causa raíz de “falta de estandarización en el proceso productivo”. La incorporación de la banda transportadora y la adopción de una disposición en forma de “U” optimizan la ubicación de los componentes y minimizan los desplazamientos innecesarios de los operarios, lo que se traduce en una mejora significativa en la eficiencia operativa y la reducción del desgaste físico.
- La comparación de tiempos antes y después de la implementación de mejoras en el proceso de ensamblaje de la luminaria 705 evidenció un avance significativo en la productividad. La incorporación de la banda transportadora, la preparación anticipada de piezas y el incremento del personal en el Área de Ensamblaje redujeron el tiempo promedio por unidad de a minutos, lo que representa una mejora del 88.6 %. Esta optimización se traduce en un aumento notable en la producción diaria, pasando de a casi luminarias, lo cual incrementa la eficiencia y capacidad operativa del proceso.
- La implementación de la metodología 5S responde efectivamente a la causa denominada “entorno operativo deficiente”, que impacta de modo negativo en el rendimiento y la calidad del proceso productivo. Al aplicar sistemáticamente las fases de clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener, se logra un entorno de trabajo más ordenado, seguro y eficiente, esto facilita la ejecución de tareas y reduce tiempos improductivos.
- La aplicación de la metodología *train-motivate-evaluate* permite abordar de forma estructurada la causa raíz identificada como “desfortalecimiento en la capacitación y motivación del personal”. Al integrar un plan de formación basado en el modelo 70:20:10, acciones motivacionales enfocadas en el reconocimiento y bienestar del colaborador, y mecanismos de evaluación del desempeño, esta

propuesta promueve el desarrollo de competencias técnicas, mejora el clima laboral y fortalece el compromiso del equipo operativo.

- La implementación de KPI en el proceso de ensamblaje representa una herramienta fundamental para garantizar el monitoreo y control eficiente de las operaciones. En un entorno donde se introducen nuevos métodos y mejoras, como en este caso, establecer métricas como la tasa de rendimiento y la productividad permite evaluar objetivamente los resultados obtenidos, identificar desviaciones y tomar decisiones informadas basadas en datos reales.
- La implementación de auditorías de proceso como mecanismo de control en la propuesta 2, permite asegurar que las actividades del Área de Ensamblaje se ejecuten conforme al manual de procedimientos establecido. Este tipo de auditoría, estructurada en etapas que incluyen planificación, observación directa, evaluación mediante *checklist*, y seguimiento correctivo, garantiza la estandarización operativa, refuerza el cumplimiento de los estándares y contribuye al desarrollo de una cultura de mejora continua.
- La implementación de la caminata *gemba* como herramienta de verificación directa permite asegurar la sostenibilidad de las mejoras aplicadas en el proceso productivo. Al observar el área operativa en tiempo real y consultarle directamente al personal involucrado, se valida que el nuevo recorrido y la redistribución de planta se ejecuten de forma correcta durante la jornada laboral.
- La implementación de auditorías de 5S representa una estrategia clave para asegurar la correcta aplicación y sostenibilidad de esta metodología en el Área de Ensamble. Por medio de un enfoque estructurado, que incluye capacitaciones previas, listas de verificación específicas y una escala de evaluación visual, se facilita la identificación de oportunidades de mejora y el reconocimiento del compromiso del personal.
- La estrategia de control implementada asegura el sostenimiento de la metodología mediante un enfoque práctico y participativo. Las cinco etapas propuestas fortalecen la supervisión, el aprendizaje, la motivación y el seguimiento continuo, garantizando así la mejora sostenida del desempeño y la eficiencia operativa.

- Con el cálculo del ROI, se obtuvo que este es de 12 meses de ahorro en la implementación.
- Por lo tanto, se concluye que los resultados obtenidos en este proyecto dan respuesta a la pregunta de investigación planteada, es decir: ¿Cómo se puede mejorar en al menos un 5 % el tiempo y la variabilidad en el proceso de ensamblaje de la luminaria 705?, pues en este caso la implementación de la banda transportadora permitió una mejora del 88.6 % en el tiempo de ensamblaje y una reducción en la variabilidad del proceso.

Recomendaciones

- Dar seguimiento a los KPI, como el *yield* (tasa de rendimiento) y la productividad, con el objetivo de evaluar la eficiencia del proceso y detectar oportunidades de mejora, iniciando en noviembre de 2025.
- Realizar un estudio ergonómico para analizar las posturas, movimientos repetitivos y condiciones físicas del puesto de trabajo durante el proceso de ensamblaje, con el propósito de prevenir lesiones y mejorar el bienestar laboral.
- Ejecutar un nuevo estudio de trabajo (métodos y tiempos) una vez transcurridos 3 meses desde la implementación de las mejoras, con el fin de validar su sostenibilidad y cuantificar su impacto.
- Aplicar un análisis de modo y efecto de falla (AMEF de proceso) para identificar los posibles modos de fallo en cada etapa del ensamblaje, evaluar sus efectos y definir acciones preventivas que aseguren la calidad y confiabilidad del producto.
- Establecer un sistema de mejora continua basado en la filosofía *kaizen*, que promueva la participación activa del personal operativo mediante buzones de sugerencias, grupos de mejora y seguimiento estructurado de las acciones implementadas. La aplicación y supervisión de este sistema puede estar a cargo del Departamento de Mejora Continua o del supervisor del área.
- Realizar el cálculo del ROI utilizando el monto real del salario de cada colaborador involucrado, una vez presentado el proyecto a la organización y obtenida la autorización correspondiente.

REFERENCIAS

Proyectos de investigación

Arias, V. (2024). *Propuesta de plan de mejora operativa y para la eficiencia térmica y energética del horno de fundición de la empresa de arte Casa Fage* [Proyecto final para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/15722>

Artavia, J. y Ulate, K. (2023). *Aumento de productividad en las vejigas del Departamento de Curado en la empresa Aleka S. A.* [Trabajo final para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Procesos y Calidad, Universidad Técnica Nacional]. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/beae1e2e-9d60-44a2-a731-fcb3e1d62b0e/content>

Chavarría, V. (2021). *Implementación de un sistema fotovoltaico para el mejoramiento de la eficiencia de un secador solar pasivo* [Trabajo final para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/15117/TFSC1664_BIB312427_TFG_ELEC_Chavarr%c3%ada-Arroyo%2c%20V%c3%adctor%20Javier_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Escobar, D. (2017). *Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina y propuesta para mejorar su eficiencia* [Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería de Minas y Metalurgia, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000764611/3/0764611.pdf>

Herrera, M. (2017). *Propuesta de un modelo de optimización de recursos para mejorar la eficiencia en el proceso de transformación del plástico* [Tesis para obtener el título en Ingeniería Industrial, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/72ba55f5-c27a-419b-9148-19024ee29882/content>

Huitrón, M. (2019). *Desplazamiento de gel in-situ en roca carbonatada para mejorar la eficiencia de barrido en procesos de recuperación mejorada por inyección de químicos* [Tesis para obtener el título de Ingeniera Petrolera, Universidad Nacional Autónoma de México].
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000790567/3/0790567.pdf>

Noguera, V. (2004). *Diseño de indicadores para el seguimiento de las plataformas de servicio del Banco Nacional en cuanto a calidad, productividad, eficiencia, eficacia y rentabilidad* [Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Latinoamericana de Ciencias y Tecnología].
<https://repositorio.ulacit.ac.cr/bitstream/handle/20.500.14230/5330/027808.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salas, A. (2022). *Diseño de propuestas de solución para el aumento de la eficiencia en la producción y la reducción de desperdicios del estator 1213-1-095-05* [Proyecto final para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/14484/TFSC1633_BIB310896_TFG_PI_Salas-Murillo%20Andr%c3%a9sJosu%c3%a9_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vásquez, L. (2017). *Propuesta de mejoramiento de procesos en el Área de Producción de la empresa panificadora PANARTE a través del estudio de tiempos y movimientos* [Tesis para optar al grado de Maestría en Ingeniería Industrial y Productividad, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17268/1/CD-7773.pdf>

Villacreses, G. (2018). *Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de Guayusa Ecocampo* [Tesis para obtener el título de Ingeniera Comercial, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f5670309-e613-4e5c-bdf4-efbddf8d0d89/content>

Fuentes de Internet

Aiteco Consultores. (2011). *El diagrama de relaciones y las interacciones complejas*.
<https://www.aiteco.com/diagrama-de-relaciones/>

Aiteco Consultores. (2019). *Multivotación: instrumento para seleccionar las mejores ideas*. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>

Alteryx. (s.f.). *Análisis de datos*. <https://www.alteryx.com/es/glossary/data-analytics>

Arjona, M. (s.f.). *Análisis CAME, su aplicación y ejemplo*.
<https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-empresarial/analisis-came-su-aplicacion-y-ejemplos-de-estrategias/#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20CAME%20es%20una,real%20del%20modelo%20de%20negocio>

BBVA Spark. (2023). *¿Qué es un sistema ERP y para qué sirve? Ejemplos y ventajas*.
<https://www.bbvaspark.com/contenido/es/noticias/sistema-erp-ejemplos-ventajas/>

Betancourt. D. (2016). *El cursograma: herramienta del ingeniero industrial*.
<https://www.ingenioempresa.com/cursograma/>

Cárdenas, D. (2020). *Cómo hacer una base de datos en Excel*.
<https://eltiotech.com/base-de-datos-en-excel/>

Carter, M. (2024a). *7 ejemplos reales de análisis FODA aplicado en empresas exitosas*.
<https://boardmix.com/es/articles/business-swot-analysis-examples/>

Carter, M. (2024b). *Lluvia de ideas: tipos y ejemplos para impulsar su creatividad*.
<https://boardmix.com/es/examples/brainstorming-types-and-examples/>

Coll, F. (2020). *Estandarización*.
<https://economipedia.com/definiciones/estandarizacion.html>

Consulting Theme. (2025). *¿Qué es el project charter de un proyecto?*
<https://gestiondeproyectos.net/gestion-de-proyectos/project-charter/>

Consuunt. (2025). *Cómo hacer un árbol de calidad*. <https://www.consuunt.es/arbol-de-calidad/>

Corral, V. (2023). *Metodología DMAIC*. <https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/>

De Chazal, E. (2025). *Creación de una cultura de aprendizaje en el lugar de trabajo con el modelo 70-20-10*. <https://www.skillcast.com/blog/70-20-10-model-learning-culture#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20modelo%20de,desafiante%20y%20las%20relaciones%20profesionales>

Editorial Etecé. (2022). *Lluvia de ideas*. <https://concepto.de/lluvia-de-ideas/>

Editorial Etecé. (2024a). *Diagrama de flujo*. <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>

Editorial Etecé. (2024b). *Diagrama de Gantt*. <https://concepto.de/diagrama-de-gantt/>

Editorial Etecé. (2024c). *Diagrama de Ishikawa*. <https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/>

Editorial Etecé. (2024d). *Manual de procedimientos*. <https://concepto.de/manual-de-procedimientos/>

Editorial Etecé. (2025a). *Capacitación*. <https://concepto.de/capacitacion-2/>

Editorial Etecé. (2025b). *Investigación cualitativa y cuantitativa*. <https://concepto.de/investigacion-cualitativa-y-cuantitativa/>

EmpreForm. (2025). *Encuesta de satisfacción al cliente*. <https://empreform.com/encuesta-de-satisfaccion-al-cliente/>

ESERP. (2022). *Análisis PESTEL de una empresa: qué es y cómo hacerlo*. <https://es.eserp.com/articulos/que-es-analisis-pestel/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20PESTEL%20es%20una,t%C3%A9rminos%20econ%C3%B3micos%20como%20de%20reputaci%C3%B3n>

Eurofins. (2025). *¿En qué consiste el método de las 5s?* <https://www.eurofins-environment.es/es/en-que-consiste-el-metodo-de-las-5/>

Euroinnova Business School (2025). *que es el estudio de métodos*. <https://www.euroinnova.com/blog/que-es-el-estudio-de-metodos>

Feilo Sylvania Company. (2025). *Sobre nosotros. Sylvania Group*. <https://www.sylvania-group.com/es-ES/pagina-de-inicio-consumidor/empresa-2/sobre-nosotros-2/>

Global Trust Association. (2019). *El árbol CTQ (critical to quality)*. <https://globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>

HostingTG. (2025). *Guía completa del ROI: fórmula, ejemplos y estrategias para maximizar el retorno de inversión*. <https://www.hostingtg.com/blog/guia-roi/>

I4is. (2025). *¿Qué es gemba walk? Toolbox*. <https://i4is.blackberrycross.com/que-es-gemba-walk-toolbox/>

Instituto Nacional de Aprendizaje [INA]. (s.f.). *Diagrama de recorrido*. https://www.inapide.ac.cr/pluginfile.php/10794/mod_resource/content/1/GPIM%20R1/recorrido.html

Jaspersoft. (2025). *¿Qué es un gráfico circular?* <https://www.jaspersoft.com/es/articles/what-is-a-pie-chart>

JMP Statistical Discovery LLC. (2025a). *Diagrama de barras*. <https://www.jmp.com/es/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/bar-chart#content>

JMP Statistical Discovery LLC. (2025b). *Diagrama de Pareto*. <https://www.jmp.com/es/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart>

JMP Statistical Discovery LLC. (2025c). *Gráfico circular*. <https://www.jmp.com/es/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pie-chart#content>

López, C. (2020). *El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características*. <https://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>

MacNeil, C. (2025). *¿Qué es un diagrama SIPOC? 7 pasos para trazar y comprender los procesos de negocios*. <https://asana.com/es/resources/sipoc-diagram>

Mendoza, V. (2025). *Qué son los stakeholders y métodos para su análisis*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. <https://www.uaeh.edu.mx/divulgacion-ciencia/stakeholders-metodos/>

Miro. (2025a). *Gráfico de barras*. <https://miro.com/es/graficos/que-es-grafico-barras/#qu%C3%A9-es-un-gr%C3%A1fico-de-barras>

Miro. (2025b). *Indicador clave de rendimiento (KPI)*. <https://miro.com/es/planificacion-estrategica/que-es-kpi/>

Moreno, J. (2025). *La guía definitiva para la auditoría de procesos: beneficios y mejores prácticas*. <https://flokzu.com/es/bpm-es/auditoria-procesos/#:~:text=Una%20auditor%C3%ADa%20de%20procesos%20es,la%20productividad%20y%20la%20calidad>

Ochoa, N. (2013a). *Diagramas para el estudio del trabajo*. <https://ingenieriayeducacion.wordpress.com/2013/05/29/diagramas-para-el-estudio-del-trabajo/>

Ochoa, N. (2013b). *Estudio de métodos*. <https://ingenieriayeducacion.wordpress.com/2013/05/29/estudio-de-metodos/>

Operations Insider. (2024). *Disposición en forma de U*. <https://operationsinsider.com/the-language-of-lean/u-shape-layout?utm>

Procem Consultores. (2025). *¿Cómo implementar la metodología 5s?* <https://procemconsultores.com/metodologia-5s/>

Procrame. (s.f). *Productividad y estudio del trabajo*. <https://www.procrame.una.ac.cr/index.php/unidades-didacticas>

Project Management Business Centre. (2025). *Stakeholder analysis: qué es y cómo hacerlo*. <https://pmbc.es/stakeholder-analysis-que-es-y-como-hacerlo/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20Stakeholder%20Analysiss,que%20es%20la%20programaci%C3%B3n%20extrema>

Qualtrics. (2025). *Motivación laboral*. <https://www.qualtrics.com/es/gestion-de-la-experiencia/empleados/motivacion-laboral/>

QuestionPro. (2025a). *Diagrama SIPOC: Qué es y cómo crearlo*. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-sipoc/>

QuestionPro. (2025b). *¿Qué es una encuesta?* https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html#que_es_encuesta

Raeburn, A. (2025). *Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)*. <https://asana.com/es/resources/swot-analysis>

Raisin. (2025). *Qué es el ROI y cómo calcularlo*. <https://www.raisin.es/educacion-financiera/el-retorno-de-la-inversion-de-los-productos-de-ahorro/>

Retos en Supply Chain. (2023). *¿Qué es un project charter?* <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/que-es-un-project-charter/>

Riquelme, M. (2024). *9 ejemplos de diagrama de flujo*. <https://www.webyempresas.com/ejemplos-de-diagrama-de-flujo/>

Rodríguez, M. (2016). *Gráfica de Gantt, cómo hacer el diagrama y ejemplos*. <https://tugimnasiacerebral.com/herramientas-de-estudio/que-es-un-diagrama-o-grafica-de-gantt>

SafetyCulture. (2024a). *Cómo el método DMAIC puede ayudar a su empresa a mejorar su rendimiento*. <https://safetyculture.com/es/temas/dmaic/>

SafetyCulture. (2024b). *Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Pez: Una guía*. <https://safetyculture.com/es/temas/diagrama-ishikawa/>

Salazar, B. (2019a). *Diagrama del proceso del recorrido*.
<https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-del-recorrido/>

Salazar, B. (2019b). *Diagrama de recorrido*.
<https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-de-recorrido/>

Santos, J (2020). *Cómo analizar tu negocio en tiempo de crisis: DAFO y CAME*.
<https://mentoringnegocios.com/como-analizar-tu-negocio-crisis-dafo-came/>

Soporte de Minitab. (2025). *Ejemplo de un diagrama de Pareto*.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/pareto-chart/before-you-start/example-of-a-pareto-chart/>

SPC Consulting Group. (2024). *Estudios de tiempos y movimientos*.
<https://spcgroup.com.mx/producto/estudios-tiempos-movimientos/>

SYDLE. (2023). *KPIs: ¿Qué son, cuál es su importancia y cómo utilizarlos? Ve ejemplos*. <https://www.sydle.com/es/blog/kpi-615de90225ce5d3ef29a5570>

Torrecilla, J. (2014). *Introducción al estudio del trabajo*.
<https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13316/INTRODUCCION%20AL%20ESTUDIO%20DEL%20TRABAJO.pdf>

Uliana, F. (2020). *Gemba safety walk-cómo abrir una "ventana" en la cultura preventiva de tu organización*. <https://www.linkedin.com/pulse/gemba-safety-walk-como-abrir-una-ventana-en-la-cultura-uliana/>

Universidad Internacional de La Rioja [UNIR]. (2025). *Qué es el análisis PESTEL de una empresa y para qué sirve*. <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/analisis-pestel/>

Vicencio, D. (2025). *Maestría en sistemas modernos de manufactura herramientas de análisis*. <https://slideplayer.es/slide/158000/>

APÉNDICES

APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

Chasis: Estructura de hierro sobre la cual se instalan las barras ledes.

Cuerpo: Componente principal de fibra de vidrio que sirve como soporte estructural para integrar todas las partes que conforman la luminaria.

APÉNDICE 2: ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE EN LA PRODUCCIÓN DE LUMINARIAS

Evaluación del Proceso de Ensamblaje en la producción de Luminarias

El objetivo de este cuestionario es recopilar información valiosa por parte del personal de ensamble de luminarias, con el fin de identificar oportunidades de mejora en los tiempos de producción, uso de materiales y mano de obra. Las respuestas serán tratadas de forma confidencial. Le tomara 5 minutos aproximadamente de completarla.

* Obligatoria

1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la empresa? *

- ☐ Menos de 1 año
- ☐ 1 a 3 años
- ☐ 4 a 6 años
- ☐ Más de 6 años

2. ¿Cuánto tiempo, en promedio, se tarda en ensamblar una luminaria? *

- ☐ Menos de 1 hora
- ☐ 1-2 horas
- ☐ 3-4 horas
- ☐ Más de 4 horas

3. ¿Cómo califica el tiempo disponible para completar sus tareas laborales diarias? *

- ☐ Muy bueno
- ☐ Bueno
- ☐ Regular
- ☐ Malo

4. ¿Cuáles considera que son las principales causas que impiden un uso óptimo del tiempo durante la jornada laboral? (Seleccione todas las que correspondan) *

- ☐ Falta de planificación
- ☐ Retrasos ocasionados por otros departamentos
- ☐ Espera por recursos o materiales
- ☐ Problemas en la comunicación interna
- ☐ Otras

5. ¿Con qué frecuencia recibe materiales que no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para el trabajo? *

- ☐ Siempre
- ☐ A menudo
- ☐ Rara vez
- ☐ Nunca

6. ¿En qué situaciones considera que se produce un mayor desperdicio de materiales? *

- ☐ Por exceso de producción
- ☐ Durante el proceso de fabricación
- ☐ Debido a defectos en el material recibido
- ☐ Por un uso inadecuado o incorrecto
- ☐ Otras

7. ¿El proceso de adquisición de materiales es eficiente? *

- ☐ Sí
- ☐ No

8. ¿Cómo califica la capacitación proporcionada para realizar eficientemente las funciones asignadas? *

- ☐ Muy buena
- ☐ Buena
- ☐ Regular
- ☐ Mala

9. ¿Considera usted que existen problemas de coordinación entre los empleados o los departamentos? *

- ☐ Muy frecuente
- ☐ Frecuente
- ☐ Ocasional
- ☐ Nunca

10. ¿Considera usted que falta motivación al personal? *

- ☐ Sí
- ☐ No

11. ¿Qué sugerencia tiene para mejorar el proceso de ensamble o su ambiente de trabajo? *

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.



APÉNDICE 3: ESTUDIO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE ENSAMBLE

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

APÉNDICE 4: TIEMPOS ADICIONALES DE ENSAMBLE

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

APÉNDICE 5: PROCEDIMIENTOS PARA EL ENSAMBLE DE LA LUMINARIA 705



Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

APÉNDICE 6: CURSOGRAMA ANALÍTICO CON BANDA TRANSPORTADORA

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

APÉNDICE 7: CHECKLIST DE LA AUDITORÍA DE PROCESO

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	
--	--

APÉNDICE 8: CHECKLIST DE LA CAMINATA GEMBA

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

APÉNDICE 9: CHECKLIST DE 5S

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.