

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial
Propuesta de distribución de planta en el Taller de Iluminación y
Alumbrado de la Compañía Eléctrica

AUTOR

Keduin Emilio Esquivel Chinchilla

TUTOR

Ing. Alejandro Leiva González

Lector

Ing. Wendy Paola Vega Artavia

San José, abril 2024

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto fue realizado en la Empresa Eléctrica, específicamente en el taller de alumbrado, esta empresa se dedica a diversas actividades relacionadas al entorno energético. El taller en cuestión se relaciona con la parte de iluminación o alumbrado, en este se realizan principalmente reparaciones, marcado de unidades, ensambles, desecho de todo tipo de equipo de alumbrado.

El presente proyecto tiene como objetivo encontrar las deficiencias actuales de la planta por medio de un estudio de la capacidad de esta, esto con el fin de diseñar una distribución que confronte las deficiencias detectadas y permita un aumento en la productividad del taller.

En el desarrollo de la investigación se hace uso de diversas herramientas de carácter ingenieril que pretenden identificar las deficiencias de la distribución actual, con el fin de atacar las causas desde su raíz para diseñar una distribución que reduzca los recorridos, el tiempo de producción y permita el aprovechamiento del espacio.

Mediante un diagrama de Ishikawa se detectaron las principales deficiencias, aunado a esto se realizó un estudio de tiempos y un diagrama de recorridos para conocer las rutas de entrada y salida de materiales, así como el tiempo que estos tardan en recorrerlas, esto con el fin de realizar un análisis de capacidad para lograr determinar la capacidad de producción de los procesos.

Se diseña una distribución por proceso, esto para mitigar el impacto de los traslados excesivos dentro de la planta, con el traslado y ampliación de la zona de lavado, la incorporación de nuevas áreas y el aumento de capacidad de almacenaje se pretende evitar los largos recorridos de materiales, así como así la acumulación de materiales en zonas no deseadas.

Con la distribución propuesta con las modificaciones antes mencionadas, se realiza un análisis de capacidad para lograr determinar si logra aumentar la productividad, teniendo un aumento de la productividad del 101% y de 33% en los procesos de reparación y desecho respectivamente.

CONTENIDO

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TUTOR	3
CARTA REVISIÓN FILOLÓGICA	4
CARTA DE INCORPORACIÓN DE MODIFICACIONES AL TFG.....	5
DECLARACIÓN JURADA	6
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR.....	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
CONTENIDO.....	9
TABLAS.....	13
FIGURAS.....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	18
Generalidades de la Empresa	19
Historia	19
Misión.....	20
Visión	20
Valores.....	20
Planteamiento del Problema.....	20
Objetivos	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos.....	21
Justificación.....	21
Antecedentes	22

	10
Tesis.....	22
Artículos Científicos	24
Proyecciones.....	26
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	27
Conceptos Generales	27
Definiciones relacionadas al tema.....	27
Conceptos relacionados con la industria	33
Conceptos de estadística.....	33
Herramientas para describir el problema	34
Diagrama de flujo.....	34
5 ¿Por qué?	36
Herramientas para medir las consecuencias.....	37
Estudio de tiempos	37
Espacios necesarios y disponibles.....	40
Método de Guerchet	42
Costos asociados a los inventarios	43
Herramienta para analizar las causas	44
Diagrama de recorridos	44
Diagrama de Ishikawa.....	45
Diagrama de Pareto	46
Herramientas para la Propuesta.....	47
Cursograma analítico.....	47
Simbología del cursograma analítico	48
Matriz de priorización	49

	11
Herramientas para el control de la implementación de la propuesta.....	50
Indicadores – KPI.....	50
Dashboard.....	52
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	54
Enfoque	54
Cuantitativo	54
Cualitativo	54
Mixto	55
Alcance.....	55
Exploratorio.....	55
Descriptivo	55
Correlacional	55
Explicativo	56
Diseño.....	56
Experimental	56
No experimental	56
Variables	57
Muestra.....	58
Instrumentos	59
Recolección de datos	60
Método de Análisis.....	62
Cronograma.....	64
Estructura de descomposición del trabajo (WBS).....	65
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	67

	12
Descripción del Problema	67
Diagrama de flujo.....	67
Distribución actual de planta.....	70
5 ¿Por qué?	73
Medición de las consecuencias	76
Estudio de tiempos	76
Espacios necesarios y disponibles.....	80
Costos de almacenamiento	85
Productividad actual.....	87
Análisis de las Causas	89
Diagrama de Pareto	89
Cursograma analítico.....	89
Diagrama de recorridos	91
Diagrama de Ishikawa.....	94
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
Conclusiones	97
Recomendaciones.....	98
CAPÍTULO VI PROPUESTA	99
Propuesta A	99
Propuesta B	102
Propuesta C	106
Análisis de la propuesta.....	108
Análisis Económico.....	116
Beneficios económicos esperados.....	120

Plan de Implementación	121
APÉNDICES	1
REFERENCIAS	3

TABLAS

Tabla 1 Criterios de evaluación de operarios	39
Tabla 2 Variables	57
Tabla 3 Muestra.....	59
Tabla 4 Instrumentos	59
Tabla 5 Recolección de datos.....	60
Tabla 6 Método de análisis	62
Tabla 7 Dimensiones.....	71
Tabla 8 Áreas de uso común.....	72
Tabla 9 Estudio de tiempos proceso de reparación	77
Tabla 10 Estudio de tiempos proceso de marcado.....	78
Tabla 11 Estudio de tiempos proceso de desecho.....	79
Tabla 12 Resumen de los datos.....	80
Tabla 13 Código de producto.....	81
Tabla 14 Datos sobre las luminarias	81
Tabla 15 Necesidades de la producción	82
Tabla 16 Espacio disponible de almacenamiento de luminarias de desecho y reparación	83
Tabla 17 Espacios necesarios de almacenamiento	84
Tabla 18 Determinación de espacios por método Guerchet	84
Tabla 19 Salarios taller de alumbrado 2023.....	85

Tabla 20 Dimensiones de las bodegas	86
Tabla 21 Capacidad de proceso reparación	88
Tabla 22 Capacidad de proceso desecho	88
Tabla 23 recorrido de materiales propuesto	109
Tabla 24 Incremento de espacio	109
Tabla 25 Costo de inversión de las propuestas	109
Tabla 26 Matriz de priorización.....	110
Tabla 27 Análisis de capacidad proceso de reparación propuesto	115
Tabla 28 Análisis de capacidad proceso de desecho propuesto	116
Tabla 29 Desglose patronal.....	117
Tabla 30 Salario Coordinador técnico.....	117
Tabla 31 Salario operario 1	117
Tabla 32 Salario operario 2	118
Tabla 33 Salario operario 3	118
Tabla 34 Salario operario 4	118
Tabla 35 Costo de la inversión.....	119
Tabla 36 Análisis costo-beneficio.....	119
Tabla 37 peso por tipo de metal.....	121

FIGURAS

Figura 1 Fórmula productividad	27
Figura 2 Número de máquinas requeridas	30
Figura 3 Simbología diagrama de flujo.....	35
Figura 4 Ejemplo del método 5 ¿Por qué?.....	36

Figura 5 Formula tiempo básico	39
Figura 6 Número de máquinas necesarias	41
Figura 7 Ejemplo de determinación de espacios por método del cálculo	41
Figura 8 Método Guerchet	42
Figura 9 Superficie de evolución	43
Figura 10 Costo unidad/período/espacio.....	44
Figura 11 Ejemplo diagrama de recorridos	45
Figura 12 Ejemplo de un diagrama de Ishikawa	46
Figura 13 Ejemplo de un diagrama de Pareto.....	47
Figura 14 simbología cursograma analítico.....	48
Figura 15 Ejemplo cursograma analítico.....	49
Figura 16 Elaboración de matriz de priorización	50
Figura 17 Diagrama de Gantt	65
Figura 18 Estructura de descomposición de trabajo	66
Figura 19 Diagrama de flujo proceso de desecho.....	68
Figura 20 Diagrama de flujo proceso de reparación.....	69
Figura 21 Layout del taller de alumbrado	70
Figura 22 5 ¿Por qué?	73
Figura 23 Luminarias en desecho	74
Figura 24 Taller de alumbrado	75
Figura 25 Pasillo común	75
Figura 26 Tamaño de muestra proceso de reparación	76
Figura 27 Gráfico necesidades de la producción.....	82
Figura 28 Diagrama de Pareto tipo de luminarias.....	83

Figura 29 Costos de almacenamiento	86
Figura 30 Cálculo costo implícito de zonas no contempladas	87
Figura 31 Costo de almacenamiento actualizado	87
Figura 32 Productividad actual Taller de Alumbrado	88
Figura 33 Diagrama de Pareto tiempos estándar	89
Figura 34 Cursograma analítico proceso de reparación	90
Figura 35 Cursograma analítico proceso de desecho	91
Figura 36 Diagrama de recorrido proceso de desecho	91
Figura 37 Diagrama de recorridos proceso de reparación	93
Figura 38 Diagrama de Ishikawa	94
Figura 39 Propuesta A	99
Figura 40 Diagrama de recorridos proceso reparación	101
Figura 41 Diagrama de recorridos proceso de desecho	102
Figura 42 Propuesta B	103
Figura 43 Diagrama de recorridos proceso de reparación	104
Figura 44 Diagrama de recorridos proceso de desecho	105
Figura 45 Propuesta C	106
Figura 46 Diagrama de recorrido proceso reparación	107
Figura 47 Diagrama de recorridos proceso de desecho	108
Figura 48 Diagrama de recorrido proceso de reparación propuesta A	111
Figura 49 Diagrama de recorridos proceso de desecho propuesta A	113
Figura 50 Cursograma analítico proceso de reparación propuesta A	114
Figura 51 Cursograma analítico proceso de desecho propuesta A	115
Figura 52 Productividad propuesta	116

Figura 53 Dashboard Gestión de proyecto.....121

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es desarrollado en el Taller de Alumbrado de la Compañía Eléctrica. Esta área está enfocada en la reparación, almacenamiento, mantenimiento, pintura, ensamble, pruebas de funcionamiento, marcado y trabajos de metalmecánica, y demás procesos aplicados a todo tipo de luminarias. Dichas actividades se rigen en un entorno competitivo, condicionado por un mercado cada día más exigente. Actualmente, con el creciente uso de la iluminación LED, aunado al cambio de las antiguas luminarias de vapor de sodio de alta presión y la reparación de luminarias ornamentales y convencionales en el área de la GAM, se genera una incógnita en la empresa sobre cómo competir en un mercado tan estrecho, de una manera eficiente.

Una adecuada distribución de planta genera beneficios enfocados en la eficiencia y eficacia. La buena disposición de los medios productivos provoca no solo ganancias en el aspecto económico y de flujo de trabajo, sino, contempla el bienestar del factor humano y sus condiciones laborales, entre otros. La investigación tiene como fin determinar las necesidades de la empresa, además de desarrollar un estudio detallado del impacto a nivel económico y productivo, que genera una nueva distribución de planta en el Taller de Alumbrado.

El punto de la línea de investigación del proyecto se basa en un diseño, desarrollo o mejoramiento del espacio físico que impacte a nivel productivo, permita un mejor aprovechamiento del espacio en bodega y un mejor flujo de trabajo; esto, debido a que el espacio en bodega para el almacenamiento de luminarias LED y luminarias en reparación o desecho, es insuficiente y obstruye el flujo continuo de trabajo.

En el primer capítulo de introducción se desarrolla un breve resumen del contexto de la empresa y se presentan generalidades de esta, tales como la historia, valores, misión y visión. De igual manera, se plantea la problemática, asimismo, se abordan los objetivos que constituyen la guía para desarrollar la investigación y la justificación. Por otro lado, se desarrollan los antecedentes, los cuales constituyen una síntesis conceptual de proyectos que apoyan o refutan la presente investigación y por último, las proyecciones, las cuales se refieren a los resultados previstos del proyecto de investigación.

En el segundo capítulo se encuentra el marco teórico, el cual consiste en definir y explicar conceptos y herramientas de carácter ingenieril sobre localización y distribución en planta, igualmente, de instrumentos que permitan determinar la situación actual en la planta del Taller de

Alumbrado de la Empresa Eléctrica, así como precisar temas de interés como salud ocupacional, mejora continua, indicadores de desempeño, entre otros.

Dentro del tercer capítulo está el marco metodológico, en el cual se detalla en profundidad el conjunto de procedimientos, pasos, técnicas y metodologías basadas en su funcionamiento. Estas se emplean con base en un análisis detallado de las problemáticas en cuestión, con el fin de formular una hipótesis y resolver problemas.

En el cuarto capítulo se determina la situación actual de la empresa, se evidencia el estado a nivel productivo y de aprovechamiento de espacio e insumos de la empresa, por medio de las bases teóricas planteadas en el segundo capítulo. Se refiere a describir, de manera tabular y gráfica, la información obtenida, con la finalidad de encontrar posibles problemáticas derivadas de una inadecuada distribución en planta dentro del Taller de Alumbrado de la Empresa Eléctrica.

En el quinto capítulo se llevan a cabo las conclusiones de la investigación, las cuales buscan dar respuesta los objetivos planteados en el primer capítulo. También, se realizan recomendaciones sobre las posibles soluciones a la empresa, en torno a las problemáticas encontradas y evidenciadas en el cuarto capítulo.

Por último, se encuentra el sexto capítulo, el cual expone los resultados obtenidos de la investigación. Este capítulo pretende dar respuesta a las problemáticas encontradas en torno a la distribución en planta del Taller de Alumbrado, en este se presenta una serie de propuestas enfocadas a una distribución que se acople a las necesidades del taller, además de desarrollar un análisis económico, de aumento de productividad y de aprovechamiento físico del espacio.

Generalidades de la Empresa

A continuación, se presenta información brindada por la Empresa Eléctrica sobre sus generalidades.

Historia

Fundada en 1941, la Empresa Eléctrica nace de la fusión de dos compañías y está inscrita en el Registro de la Propiedad como una sociedad anónima. Es el fruto de esta unión y del esfuerzo por brindar todo tipo de servicios eléctricos, para garantizar la mejor calidad a sus clientes.

Con una gran área de cobertura, esta empresa ha generado una cartera de clientes en el área de la GAM, donde desarrolla sus servicios. Es definida geográficamente como la principal zona de

cobertura, dado que se encuentra la mayor concentración de población, principales actividades comerciales y productivas del país.

Misión

Brindar soluciones integrales de servicios eléctricos para el desarrollo sostenible de forma eficiente, eficaz y sustentable, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas.

Visión

Ser una empresa líder en el sector de servicios eléctricos a nivel de Costa Rica, eficiente y moderna, con solvencia técnica y financiera que garantice la excelencia en la calidad de servicio.

Valores

- Compromiso.
- Integridad.
- Eficiencia.
- Excelencia.
- Innovación.

Planteamiento del Problema

Una eficiente disposición de los insumos de trabajo y capital permite una mejor circulación del trabajo. Es importante reducir las distancias por recorrer, los cuellos de botella, los malestares en el trabajo, accidentes laborales, acumulación excesiva de materiales, entre un sinnúmero de oportunidades de mejora que trae consigo una buena distribución en planta.

La Empresa Eléctrica en este momento se encuentra con una gran carga de trabajo en el Taller de Alumbrado, esto debido al aumento en la demanda de luminarias LED, las cuales se ensamblan y se procesan allí. El reclamo en garantía de luminarias, aunado al recambio de luminarias antiguas y reparación de luminarias, tanto ornamentales como convencionales, genera un exceso de material en la zona de almacenaje y en la planta, lo cual genera una congestión en el flujo de trabajo e impacta directamente a la productividad del taller.

La ausencia de espacio suficiente para el almacenaje de las luminarias causa un retraso en las operaciones diarias del taller, por ejemplo, se retrasan pedidos de luminarias, se congestiona el flujo de trabajo. El flujo continuo de entrada y salida de materiales se ve condicionado por la actual

distribución. Además de las problemáticas antes descritas, la infraestructura del taller es antigua y poco operativa; es necesario incorporar al taller áreas de secado, un laboratorio para realizar pruebas de calidad, entre otras estructuras necesarias para favorecer la productividad de la empresa.

Lo mencionado supone plantear la posterior pregunta: ¿Cómo desarrollar una propuesta de distribución en planta que mejore la productividad en el área del Taller de Alumbrado de la Empresa Eléctrica?

Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos en los cuales se basa el proyecto.

Objetivo general

Proponer una distribución de planta que mejore la productividad del Taller de Alumbrado de la Empresa Eléctrica.

Objetivos específicos

- Definir la situación actual de la empresa en torno a su productividad y capacidad de almacenamiento.
- Medir el impacto económico que genera el faltante de espacio en el taller de alumbrado.
- Analizar la causa raíz de la problemática planteada por medio de herramientas de carácter ingenieril.
- Determinar la propuesta de distribución en planta y las mejoras que aumenten la productividad del Taller de Alumbrado de la Empresa Eléctrica, mediante el análisis desarrollado previamente.
- Establecer indicadores de desempeño para el desarrollo de un *dashboard* que permita monitorear la propuesta.

Justificación

La Empresa Eléctrica tiene cobertura de sus servicios en el área de la GAM. Esta, al ser tan extensa, genera una carga de trabajo bastante pesada para la empresa. El presente proyecto está enfocado en el Taller de Alumbrado, el cual, en los últimos años ha experimentado un volumen de trabajo excesivo. Dada la gran demanda de luminarias que existe y dado el gran espacio que estas

necesitan, es oportuno hacer un buen aprovechamiento del espacio físico dentro de las zonas de almacenaje del taller, así como establecer un flujo continuo de trabajo para evitar congestión de materiales dentro del taller de reparación.

Una distribución de planta conlleva beneficios directos para el taller, por ejemplo, establecer un flujo continuo de entrada y salida de materiales trae consigo un ahorro significativo de tiempo y combustible para el montacargas, del mismo modo, sugiere evitar posibles accidentes laborales. El oportuno aprovechamiento de la zona de almacenaje de luminarias trae consigo la posibilidad de ingresar más materiales necesarios en los procesos, sobre todo las luminarias LED, las cuales se han visto afectadas por ocupar un gran espacio en bodega. Es decir, se logra un aumento en la producción, así como una disminución de gastos operativos del Taller de Alumbrado.

Antecedentes

A continuación, se presentan los antecedentes del proyecto.

Tesis

Ospina (2016) plantea en su tesis *Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmecánica en ATE Lima*, implementar una mejora en la actual distribución, con el fin de aumentar la producción diaria y la seguridad de los colaboradores.

Para el diagnóstico inicial se utilizó instrumentos como gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa, diagrama de proceso, diagrama de recorrido, matriz de consistencia, toma de tiempos y encuestas al personal.

Campos (2020) en su tesis llamada *Propuesta de Optimización de la distribución en planta mediante la aplicación de la metodología Planificación Sistemática de Diseño (SLP) en la Empresa Tostachul* sugiere realizar una distribución en planta basada en la metodología SLP para aumentar la productividad en la empresa.

Se realizó un diagnóstico del flujo productivo de la empresa, se hizo uso de herramientas como diagrama multiproducto y un diagrama origen destino para establecer la secuencia de los procesos y definir, por medio de este, el peso de las relaciones en el diagrama relacional de actividades. Se desarrolló un análisis de necesidad de espacios, además se realizó un análisis de costos y una valoración tomando en cuenta costos operativos y la valoración de expertos, siguiendo tres propuestas de distribución posibles. Se concluye el diseño por medio de una matriz multicriterio la

propuesta de diseño elegida, la cual arroja resultados positivos en temas de ahorro de combustible y de costos.

Rebaza (2021) plantea en su tesis *Distribución de planta para incrementar la productividad en taller de mantenimiento y reparación de empresa CHANG ASOCIADOS SAC*, distribuir las áreas de trabajo según su ubicación estratégica para buscar la mejora de productividad de la empresa. Para determinar la situación de la planta se hizo uso de instrumentos como encuestas al personal, observación, así como herramientas de muestreo estadístico, diagrama de Ishikawa, análisis FODA, cálculos de productividad, entre otros. Seguidamente, de los puntos anteriormente mencionados se utilizó el diagrama relacional de actividades, se comparó la productividad actual con la sugerida, se hizo un análisis de costo-beneficio de la propuesta y se determinó que con el diseño elegido se aumentaría la productividad en un veinticinco por ciento.

Guerrero (2022), en su tesis *Implementación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para realizar una propuesta de distribución de planta*, pretende diseñar una nueva distribución de planta para satisfacer las necesidades de espacio de la planta actual, además de contemplar una flexibilidad para futuros agregados, pensando a futuro, en caso de que la empresa crezca.

Para la recolección de datos se realizaron entrevistas al personal y gerente general con el fin de obtener información relevante para el desarrollo del proyecto, estas trataban temas como: necesidades de espacio, secuencia de procesos, maquinarias existentes, materiales, casos excepcionales en los procedimientos, entre otros. Luego de obtener la información de importancia sobre las actividades operativas de la empresa, se desarrolla un análisis de la situación actual de la planta utilizando herramientas como diagrama de recorrido, diagrama de relación de actividades, indicadores de nivel de contaminación del proceso, de aprovechamiento de área, seguridad, entre otros; asimismo, se utilizaron instrumentos como matrices de priorización, método AHP y cuadros comparativos.

De igual modo, plantea tres posibles propuestas de distribución utilizando la metodología SLP y algoritmos como CORELAP y ALDEP para definir la distribución que se adecue a las necesidades de esta. Se concluyó que, de darse la implementación de la propuesta elegida, se aprovechará de una manera más eficiente el espacio de la planta y se buscará mejorar el desempeño del flujo de materiales.

Riascos (2022) propone, en su trabajo de grado *Propuesta para el Mejoramiento de la Distribución en Planta Mediante la Metodología SLP en la Empresa Juanchito Ltda en la Ciudad de Cali*, establecer una distribución en la que la empresa pueda disponer de una propuesta de solución basada en mejorar su distribución de planta, que por sus características y condiciones posibilite un proceso de producción fluido para generar valor en sus actividades productivas y propiciar la seguridad de los colaboradores, la gestión de sus procedimientos y la fluidez de materiales para que sus procesos sean más eficiente y efectivos. En su trabajo desarrolla herramientas como diagrama relacional de actividades, diagrama de identificación de actividades, diagrama de flujo, diagrama de Ishikawa, toma de tiempos con el fin de determinar aspectos importantes de evaluar para el diseño de la distribución.

Para la propuesta realiza un mapeo de procesos y una identificación de las áreas necesarias de la planta, utiliza instrumentos como diagrama de flujo, cuadro de comparación de áreas frente a las propuestas, diagrama relacional de actividades, diagrama de identificación de actividades y análisis de tiempos propuestos.

Con lo mencionado anteriormente se plantean las opciones de diseño por utilizar, seguidamente, se realiza un análisis económico y de aumento en la capacidad productiva de las propuestas, que da como resultado un incremento en la productividad de la empresa del quince por ciento en la opción más viable del proyecto.

Seguidamente, para la realización de la propuesta utiliza herramientas como método cuasi experimental, diagrama de precedencia, balanceo de líneas, estudio de tiempos, método 5S, diagrama relacional, checklists y diagrama de Pareto. Concluye en una secuencia lógica secuencial de las áreas distribuidas en planta y arroja como resultado un aumento en la producción de 288 gabinetes a 384 gabinetes mensuales, en caso de implementar la propuesta.

Artículos Científicos

Barojas et al. (2019) en su artículo *Distribución en planta, análisis y diseño* publicado en la revista web Academia Journals, sugiere una solución por medio de distribución de planta a la problemática relacionada con flujos de material, tiempos en producción y seguridad laboral, entre otros.

Este expone en su trabajo las fases de la metodología SLP usando como base la recolección de datos, para seguidamente dar inicio con la aplicación de ingeniería de métodos y finalmente hacer uso de la metodología antes mencionada. Hace uso de herramientas como análisis ABC para

priorizar la producción, diagrama de recorrido, diagrama relacional de recorridos y actividades, diagrama relacional de espacios para concluir la mejor adaptación posible de la planta.

Gutiérrez et al. (2020) en su artículo *Distribución de plantas usando el método SLP: enseñada desde un juego serio*, publicado en la revista *Investigadores*, plantea un problema por resolver haciendo uso de herramientas para la aplicación de la metodología SLP, donde explica por medio de herramientas como diagrama de relaciones, matriz de flujo matriz bidireccional, matriz unidireccional, matriz de importancia, la importancia de la cercanía de las zonas establecidas para diseñar la distribución de planta.

Torres et al. (2020) en su artículo titulado *Metodología SLP para la distribución en planta de empresas productoras de Guada laminada encolada (GLG)*, publicado en la revista *Ingeniería*, explica que, mediante la metodología SLP, se pueden disminuir costos de producción y desperdicios en la industria GLG. En su caso, expone el diseño de la distribución con el fin de proporcionar soluciones a problemas de empresas del sector tales como almacenamiento, gestión de suministros, desperdicios, movimientos innecesarios, ordenamiento de áreas, entre otros. La realización del caso constó de tres fases, recolección de datos, aplicación de la metodología SLP y la propuesta, respectivamente.

Para la primera fase se hizo un mapeo del proceso con un análisis de este y una descripción detallada de la secuencia del proceso; seguidamente, realiza un listado de requerimientos que sirvieran de base para elaborar el diseño.

Para la segunda, fase utiliza instrumentos como análisis de relación de actividades para detallar la intensidad de las interacciones entre las áreas, diagrama adimensional de bloques para estipular la adyacencia de las áreas, seguido de un diagrama relacional de recorridos y actividades, integrando las dos herramientas en una sola para una descripción más detallada. Así mismo, se integran dos herramientas como lo son el diagrama relacional de recorridos y actividades junto con el diagrama relacional de espacios, método de adyacencia relativa para realizar los posibles diseños.

En la tercera fase se realiza un análisis de costos y una discusión de resultados para establecer la opción elegida del SLP.

Huerta (2021), en su artículo *Reducción del manejo de materiales en línea en una ensambladora de autos mediante la aplicación de Lean Manufacturing*, publicado en la revista de la *Facultad de*

Ingeniería y Arquitectura, expone la aplicación de la metodología Lean Manufacturing para reducir los paros de línea, distancias recorridas, incumplimiento de entregas.

Desarrolló un diagnóstico de la producción y evidencia los paros de línea en los diferentes procesos. Se realiza un análisis de la secuencia de entrega de las familias de partes, así como se determina el modelo de vehículo por ensamblar desde la entrega de las piezas hasta el ensamble de estas.

Lo anterior, haciendo uso de la herramienta Kanban como método para conseguir la producción justo a tiempo, utilizando la secuencia de familias de materiales en un orden determinado para ser enviados desde el almacén hasta una línea productiva. En la implementación de la propuesta se redujeron en un cincuenta por ciento los paros de línea y hubo una reducción de inventario.

Álvarez et al. (2022), en su artículo *Aplicación de la metodología SLP para redistribución de planta en micro empresa colombiana del sector marroquinero: Un estudio de caso*, publicado en la revista *Boletín de Innovación Logística y Operaciones*, plantea una redistribución en planta mediante técnicas de estudio de trabajo implementando la metodología SLP, donde se definen las relaciones de espacio y proximidad entre las áreas.

En su artículo utiliza herramientas como diagrama de hilos, diagrama relacional de actividades, diagrama relacional de espacio para establecer las interacciones entre departamentos y posteriormente diseñar las propuestas del caso.

Proyecciones

A continuación, se determinan los resultados esperados de la investigación.

- Establecer un aumento significativo en la capacidad de espacio de almacenamiento.
- Reducir los tiempos improductivos de la producción.
- Determinar un flujo continuo de entrada y salida de materiales en la planta.
- Eliminar el congestionamiento excesivo de materiales en planta y almacén.
- Aumentar la productividad en un veinticinco por ciento.
- Mejorar las condiciones laborales del Taller de Alumbrado.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En el segundo capítulo se establecerán las bases teóricas de la investigación, se definirán conceptos generales y básicos para la comprensión del tema. Del mismo modo, se definirán las herramientas por utilizar durante el proyecto, con el fin de caracterizar, describir, medir y analizar la problemática planteada, así como establecer posibles propuestas para minimizar y controlar el impacto de esta en la empresa.

Conceptos Generales

En este apartado se presentarán definiciones sobre conceptos básicos para la interpretación de la presente la investigación.

Definiciones relacionadas al tema

A continuación, se establecen las definiciones afines al tema de distribución de planta, así como algunos conceptos básicos sobre la ingeniería industrial.

Proceso

Baca (2015) describe los procesos en su libro como “un proceso se define como la aplicación de una serie de etapas lógicas y ordenadas que persigue un objetivo común” (p.32).

Productividad

La productividad se define como “la relación volumétrica entre los resultados de la producción y los insumos utilizados en un periodo determinado” (Baca, 2015, p.75).

En la **referencia**, se observa la fórmula utilizada en el libro del autor señalado anteriormente, para calcular la productividad.

Figura 1 Fórmula productividad

$$P = \frac{\text{Volumen de resultados obtenidos}}{\text{Volumen de insumos utilizados}}$$

Nota: Introducción a la Ingeniería Industrial

Eficiencia

Baca (2015) expresa la eficiencia como “la forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, tecnológicos, materia prima, entre otros” (p.86).

Distribución de planta

La distribución de planta “implica la ordenación física y racional de los elementos productivos garantizando su flujo óptimo al más bajo costo” (Palacios, 2016, p.209).

Palacios también describe la distribución de planta como:

El proceso de ordenamiento físico de los espacios necesarios para el equipo de producción, los materiales, el movimiento, el almacenamiento de los productos terminados, el trabajo del personal y los servicios complementarios, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible (p.209).

El mismo autor menciona los principios fundamentales de una distribución de planta:

Principio de la integración en conjunto: Hace referencia a la integración del personal, materiales, maquinaria, actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte un mejor compromiso entre las partes involucradas (p.213).

Principio de la mínima distancia recorrida: Establece que una distribución de planta óptima debe contemplar que la distancia por recorrer entre operaciones sea la más corta (p.213).

Principio de la circulación o flujo de materiales: Este principio hace alusión a la secuencia de las operaciones, es decir, toma en cuenta la sucesión del material por las áreas de trabajo de manera que estas estén alineadas al flujo de la materia prima (p.213).

Principio del espacio cúbico: “La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal” (p.213).

Principio de la satisfacción y seguridad: Se refiere a la efectividad de la planta en torno a temas de satisfacción del personal y la seguridad que esta brinde para sus colaboradores (p.213).

Principio de flexibilidad: Este principio sugiere contemplar futuras expansiones o ajustes en la planta, es decir, que estos supuestos impliquen menos costos o inconvenientes (p.213).

Factores de una distribución en planta

Se consideran ocho los factores que afectan una distribución en planta, los cuales influyen de manera importante en la empresa debido a la naturaleza de estos (Platas y Cervantes, 2014, p.68).

Factor material

Platas y Cervantes (2014) define el factor material como el más importante en una distribución de planta. Incluye los siguientes aspectos:

- Material entrante, en proceso, saliente o embalado.
- Materiales accesorios empleados en el proceso.
- Piezas rechazadas, a recuperar o repetir.
- Piezas averiadas, estropeadas o destruidas en el proceso.
- Chatarras, viruta, desperdicios o desechos.
- Entregas lentas entre departamentos.
- Transporte de artículos voluminosos, pesados o costosos a través de distancias largas.
- Tiempo excesivo de permanencia del material en proceso.
- Materiales para mantenimiento (p.68).

Factor maquinaria

Platas y Cervantes (2014) mencionan que este factor incluye herramientas y equipo fundamentales para la planta. A continuación, se describen algunos elementos:

- Maquinaria de producción.
- Herramientas, moldes, patrones, plantillas.
- Aparatos de medición, comprobación y pruebas.
- Maquinaria averiada, inactiva o anticuada.
- Herramientas manuales y eléctricas manejadas por el operario.
- Equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad y vapores.
- Maquinaria y equipo para mantenimiento (pp.68-69).

Además, el mismo autor sugiere la siguiente fórmula para determinar el número de máquinas necesarias. En la **Figura 2** se observa la fórmula para calcular el número de máquinas requeridas en una planta de producción.

Figura 2 Número de máquinas requeridas

$$\text{Número de máquinas requeridas} = \frac{\text{Piezas por hora para cubrir necesidades de producción}}{\text{Piezas por hora y máquina}} = \frac{\text{Tiempo de operación por hora y máquina}}{\text{Tiempo por pieza para cubrir necesidades de producción}}$$

Nota: Planeación Layout y diseño de instalaciones.

Factor hombre

El hombre es considerado mucho más flexible que cualquier material o maquinaria, ya que se puede trasladar, capacitar en actividades diversas y adaptar a distintas tareas. Además, es factible dividir o repartir su trabajo (Platas y Cervantes, 2014, p.69).

A su vez, el mismo autor menciona puntos importantes de tomar en cuenta relacionados con el factor:

- Condiciones de trabajo poco seguras o elevada proporción de accidentes.
- Áreas que no se ajustan a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios.
- Quejas acerca de condiciones de trabajo incómodas.
- Excesiva rotación del personal.
- Obreros de pie u ociosos durante gran parte de su tiempo.
- Equívocos entre operarios y personal de servicio.
- Trabajadores calificados que realizan operaciones de servicio (p.69).

Factor movimiento

El factor movimiento se describe como “el movimiento de material es un factor muy importante en la reducción de costos de producción, pues permite que los trabajadores se especialicen en las operaciones y no en el traslado de materiales” (Platas y Cervantes, 2014, p.69).

El mismo autor recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Reducir el retroceso y cruce en la circulación, además de establecer un flujo único de los materiales.
- En la medida de lo posible establecer pasillos rectos, despejados, anchos con espacio para el movimiento.

- Disminuir traslados de larga distancia y demasiado frecuentes.
- Descongestionar los pasillos o zonas de paso (p.70).

Factor espera, almacenamiento

Platas y Cervantes (2014) se refieren a este factor como aquella materia prima que se encuentra en espera de ser trasladada a la siguiente zona de operación (p.70).

Continuando con el autor anterior, este realiza una serie de recomendaciones a tomar en cuenta con el factor almacenamiento:

- Grandes cantidades de almacenamiento de cualquier clase.
- Demasiadas pilas de materiales en espera de proceso.
- Congestión en zonas de almacenes, confusión en áreas de recepción y embarque.
- Elevados costos relacionados a las demoras y esperas.
- Materiales averiados o mermados en las áreas de almacenamiento (p.70).

Factor servicio

Este factor se define como “las actividades, los elementos y el personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios mantienen y conservan en actividad a los trabajadores, material y maquinaria” (Platas y Cervantes, 2014, pp.70-71).

Platas y Cervantes recomiendan evitar algunos aspectos relacionados con el factor:

- Quejas acerca de instalaciones de servicio inadecuado.
- Entregas retrasadas de material a la zona de producción.
- Demoras en las reparticiones (pp70-71).

Factor Edificio

El factor edificio es crucial en la distribución de una planta, dado que la operatividad de este entorno a la producción constituye un aspecto importante para la empresa, a su vez, la infraestructura es la que resguarda al personal, materiales y máquinas (Platas y Cervantes, 2014, p.71). En lo que respecta al factor se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Delimitar áreas de productos, proceso, equipos o similares con paredes y divisiones.
- Contar con pasillos principales, pasos y calles rectos y amplios.

- Evitar edificios atestados, interferencia de tránsito entre trabajadores, almacenamiento o trabajo en los pasillos (p.71).

Factor cambio

Este factor se define como “los cambios y modificaciones son elementos importantes de la producción, así como los operarios, los materiales y la maquinaria. El reajuste en los procesos y en la distribución son factores que ayudan a mejorar la producción” (Platas y Cervantes, 2014, p.71).

Tipos de distribución de planta

A continuación, se presentan los tipos de distribución de planta y sus principales características:

Distribución por producto, línea o cadena

Palacios (2016) define este tipo de distribución como organizada de forma continua, su fin es colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. Este tipo de distribución se caracteriza por ser una producción en masa, por tener poco manejo de materiales y por la sucesión de las operaciones, es decir, las máquinas se sitúan unas junto a otras consecutivamente, a lo largo de una línea, en la secuencia en que han de ser utilizadas; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción por las estaciones, a medida que sufre las operaciones necesarias (pp.216-217).

Distribución por proceso o funcional

Es aquella que adopta una organización por lotes. Aquí la maquinaria y el personal y los servicios se agrupan por similitud o igualdad de procesos en departamentos. Es decir, esta distribución es caracterizada por ser muy flexible, dado que hay mucha variedad de productos, por tanto, no todas las máquinas participan en la elaboración de un producto de la empresa (Palacios, 2016, pp.220-221).

Distribución por posición fija

Palacios (2016) establece que “esta distribución ocurre cuando el producto es demasiado grande o pesado para pasar de un proceso a otro, por lo que permanece fijo en un lugar. La maquinaria y la mano de obra se desplazan hasta el producto para efectuar las operaciones precisas” (p.222).

Distribuciones híbridas por células de producción

Este tipo de distribución se define como “una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones” (Palacios, 2016. p.224).

Conceptos relacionados con la industria

A continuación, se presentan conceptos relacionados con la industria o propios de la empresa.

Balastos: Es la potencia total que demanda la lámpara más su respectivo equipo auxiliar encendido (balastro o driver). Su unidad de medida son los watts [W] (Comunidad de Estados y Municipios, 2023).

Brazo: Se utilizan para el soporte de luminarias en alumbrado público, los brazos se instalan con abrazaderas o pernos tipo U según el diseño del brazo (Galvanorte, 2023).

Bulbos: Se refiere al globo de vidrio al vacío que alberga al filamento incandescente y da forma a la lámpara se llama Bulbo (Lightroom.lighting, 2017).

Herrajes: Conjunto de abrazaderas, soportes, ménsulas, platinas y pernos que sujetan el brazo al poste (Galvanorte, 2023).

Marcado: Se refiere a la intervención de la luminaria para establecer el número de identificación por medio de una placa (Empresa Eléctrica, 2023).

Troquelado: Se refiere a la operación de grabar el número de identificación en la carcasa de la luminaria por medio de un esmeril (Empresa Eléctrica, 2023).

Conceptos de estadística

A continuación, se presentan conceptos de estadística que serán utilizados en el desarrollo de la investigación:

Estadística

Martínez (2020) define la estadística de las siguientes maneras:

- “Es una disciplina matemática cuyo objeto es la interpretación de conjuntos de datos numéricos que se extraen de hechos empíricos”.
- “Estudia los fenómenos o experimentos aleatorios, ocupándose de recoger y ordenar un gran número de datos con el fin de obtener alguna consecuencia”.

- “Es la rama de las Matemáticas que se ocupa de reunir, organizar y analizar datos numéricos con el propósito de sacar conclusiones y tomar decisiones con relación a dicho análisis” (p.15).

Población

La población se define como “el conjunto de todos los elementos de interés del estudio” (Martínez, 2020, p.17).

Muestra

Martínez (2020) define la muestra como “un subconjunto de la población, es decir una sección o parte de la población” (p.17).

Variable

“La variable es una característica o fenómeno que puede tomar diferentes valores. Por ejemplo, el peso de un animal medido en libras, el coeficiente intelectual de un niño, la estatura de una persona” (Martínez, 2020, p.16).

Herramientas para describir el problema

En este apartado, se presentará una serie de herramientas, diagramas y gráficos que caracterizan los procesos de la Empresa Eléctrica y sus posibles problemas.







Diagrama de flujo

El diagrama de flujo o flujograma se define de la siguiente manera:

El diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de un proceso. Existen dos tipos de diagrama de flujo, matricial y lineal, siendo el matricial el que genera más información acerca del proceso dado que los agentes que intervienen en el proceso aparecen en la cabecera del flujograma. Por otro lado, el formato lineal solo muestra la secuencia de las actividades (Pardo, 2017, p.74).

En la Figura 3 se muestra la simbología utilizada en los diagramas de flujo, así como su significado.

Figura 3 Simbología diagrama de flujo

	Operación	Representa las actividades fundamentales de un proceso, estas propician cambios en los materiales o productos.
	Transporte	Indica traslado o movimiento, es decir, personas, materiales o equipo son trasladados sin ninguna operación simultánea.
	Inspección	Este símbolo representa verificación de los materiales o productos.
	Demora	Indica interferencias en el flujo de operaciones o en el movimiento de materiales, lo que retrasa la consecución hacia el siguiente paso del proceso.
	Almacenamiento	Simboliza el depósito del material o producto en algún lugar,
	Operaciones combinadas	Representa la ejecución simultánea de dos de las actividades (operación-inspección).

Nota: Introducción a la ingeniería industrial.

Pasos para implementar un diagrama de flujo, según Pensa (2023).

1. Definir el detalle de la información:

Es decir, definir un nivel de granularidad adecuado, según el detalle que deseemos obtener. Por ejemplo, ¿nos interesa tener un panorama macro del proceso y las áreas involucradas? ¿O nos interesa desarrollar en detalle lo que sucede en cierta área en particular?

2. Definir dónde vamos a medir: Clarificar los puntos de control, es decir, aquellas instancias del diagrama de flujo proceso en las que haremos mediciones para garantizar el correcto desarrollo de este.

- Trabajar en equipo para la elaboración del diagrama: El paso más importante es incluir a todas las personas posibles de los sectores involucrados para que detallen información acerca del proceso y sus responsables.

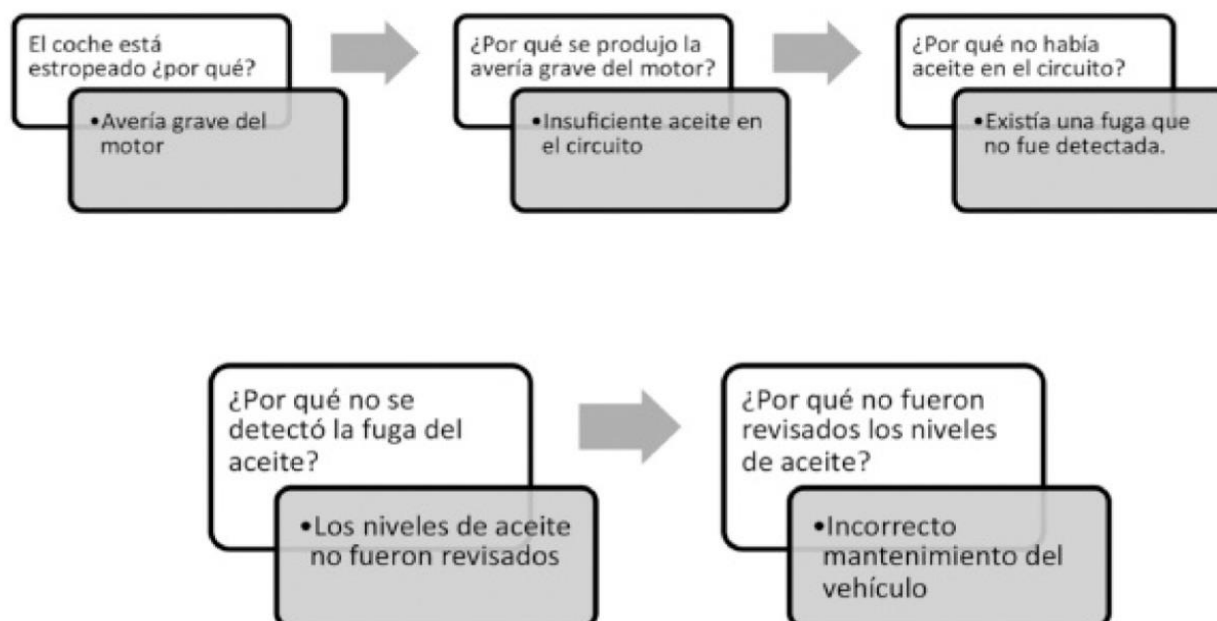
5 ¿Por qué?

Los 5 ¿Por qué? se definen de la siguiente manera:

Los 5 porqués típicamente se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema. Ninguna técnica especial o forma es requerida, pero los resultados deben ser capturados en una hoja de trabajo (Ovalles , Gisbert, y Pérez, 2017, p.6).

A continuación, en la Figura 4 se visualiza un ejemplo del método 5 ¿Por qué?

Figura 4 Ejemplo del método 5 ¿Por qué?



Nota: Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas.

Rodríguez (2019) en su artículo describe los pasos para realizar el método 5 ¿Por qué?

- Paso uno: reunir al equipo de participantes para trabajar los 5 porqués: Esta técnica, 5 porqués, se utiliza mejor en equipos pequeños (5 a 10 personas). El facilitador deberá conocer la dinámica del equipo y las relaciones entre los miembros, así como el contacto

- de estos con el área o tema en investigación. Una vez establecido el grupo de trabajo se comienza con el primer ¿Por qué? que siempre corresponde con la problemática general.
2. Paso dos: Segundo ¿por qué? en 5 porqués: Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, se debe empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”.
 3. Paso 3: Preguntar los 5 porqués: Continuar preguntando ¿Por qué? al menos cinco veces. Esto retará al equipo a buscar más a fondo del problema y no conformarse con causas ya probadas y ciertas.
 4. Paso 4: Seguir preguntando más de 5 porqués. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando ¿Por qué? para poder obtener las causas principales y otras en las que no será posible llegar a cinco veces, pues la causa raíz ya fue encontrada.
 5. Paso 5: Causa raíz con 5 porqués: Llevar a cabo las preguntas necesarias hasta que el equipo considere que ya se encontró la causa raíz. La técnica 5 Porqués requiere que el equipo pregunte ¿Por qué? aproximadamente cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle aproximadamente. Una vez que sea difícil para el equipo responder al último de los “Porqués”, la o las causas más probables habrán sido identificadas.

Herramientas para medir las consecuencias

En el siguiente apartado se definen las herramientas para medir las consecuencias de la problemática.

Estudio de tiempos

Baca (2015) define el estudio de tiempos como el registro de los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolos directamente y usando un instrumento de medición del tiempo, evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas (p.187).

El mismo autor describe los pasos por seguir para la realización de un estudio de tiempos:

1. Seleccionar el trabajo: Para este aspecto se toma en cuenta el impacto del trabajo en la empresa, por ejemplo, costos técnicos, baja productividad, entre otros.
2. Seleccionar el operario calificado: Se desea elegir a los empleados que tienen las aptitudes físicas necesarias, inteligencia, capacitación, destreza y conocimientos suficientes para

efectuar las operaciones asignadas según las normas de seguridad y calidad por el ingeniero industrial.

3. Análisis del trabajo: Después de hacer las dos elecciones previas, el ingeniero industrial debe describir detalladamente el método por estudiar, incluyendo el área de trabajo, los materiales e insumos y las herramientas y/o equipo utilizado.
4. Dividir el trabajo en elementos: Se refiere a descomponer en partes las mediciones, de una manera más sencilla.
5. Efectuar mediciones de prueba y ejecutar una muestra inicial. La muestra inicial, además de servir de práctica al analista, permite determinar algunos parámetros que servirán para establecer el número real de observaciones, auxiliándose de principios estadísticos (tamaño de muestra).
6. Determinar el tamaño de muestra: Con los parámetros de la muestra inicial y con el nivel de confianza y exactitud requerida por el ingeniero analista de tiempos, se procede a determinar el tamaño de la muestra del estudio. Estas observaciones se efectuarán aleatoriamente para garantizar la validez del estudio.
7. Cronometrar: Es la medición de tiempo por medio de un cronómetro o algún otro dispositivo.
8. Calificar el operario: La calificación se realiza mediante la Tabla 1 Criterios de evaluación de operarios.

Tabla 1 Criterios de evaluación de operarios

Escala	Descripción del desempeño del individuo
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes e inseguros, operador somnoliento, sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien supervisado. Parece lento pero no pierde tiempo voluntariamente
100 {Ritmo estándar}	Trabajador activo y capaz; operario calificado promedio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, superior al ritmo estándar
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intensos sin probabilidad de durar así por periodos largos de tiempo

Nota: Introducción a la ingeniería Industrial.

9. Calcular el tiempo básico: este cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

Figura 5 Formula tiempo básico

$$\text{Tiempo básico} = \text{Tiempo observado} * \frac{\text{Calificación}}{\text{Ritmo estándar}}$$

Nota: Introducción a la ingeniería Industrial.

- Tiempo observado = Sumatoria del tiempo observado.
 - Calificación = Se refiere a la calificación dada al operario véase Tabla 1 Criterios de evaluación de operarios
 - Ritmo estándar = Hace referencia al ritmo estándar establecido en la Tabla 1 Criterios de evaluación de operarios.
10. Estimación de tolerancias: Después de calcular el tiempo básico, es necesario agregar tolerancias, para determinar el tiempo estándar. El autor en su libro recomienda que sean de al menos diez por ciento del tiempo básico (pp.187-189).

Espacios necesarios y disponibles

En su libro, Muther (1968) establece:

Lo más frecuente es que un proyecto de planteamiento tenga que enfrentarse con la insuficiencia de superficies disponibles más que con ningún otro factor, a excepción del factor financiero. La limitación de las posibilidades de inversión se traduce, por lo general, en una reducción del espacio disponible, ya se trate de modernizar los edificios ya de efectuar nuevas construcciones.

Sea por la causa que sea, el caso es que no podremos disponer de todo el espacio que deseáramos; lo cual significa que debemos efectuar un arreglo y ajustar el espacio que necesitamos al espacio que se puede poner lógicamente a nuestra disposición. Este ajuste es una de las etapas más delicadas del SLP (p.113).

Muther (1968) menciona que esta problemática puede dividirse en tres problemas distintos:

- ¿Será suficiente la superficie total disponible?
- ¿Corresponderá a los diferentes sectores (Departamentos, actividades, grupos funcionales) el fraccionamiento del espacio disponible (edificios, líneas, piezas)?
- ¿Son convenientes las características o la naturaleza del espacio disponible para los trabajos requeridos en los distintos sectores? (p.113).

El mismo autor señala que esta confrontación de los valores totales, es, por lo general, una simple cuestión de suma y comparación. Si las necesidades son superiores a las disponibilidades, es preciso reducirlas. Como norma general, esta reducción no debe hacerse por una simple proporcionalidad entre todos los sectores que intervienen. Es preferible reducir las necesidades allá donde pueda realmente hacerse con el mínimo perjuicio para el funcionamiento total de la empresa.

Determinación de espacios por el cálculo

Según Muther (1968): “Este método basado en el cálculo es, por lo general, el más preciso. Implica el fraccionamiento de cada sector o actividad en subsectores y elementos de la superficie total” (p.103).

También indica que la manera de calcular el número de máquinas necesarias en la producción es tal y como se establece en la Figura 6.

Figura 6 Número de máquinas necesarias

$$\text{N.º de máquinas} = \frac{\text{N.º de piezas a producir por hora}}{\text{N.º de piezas por hora por máquina}} = \frac{\text{Tiempo por pieza y por máquina}}{\text{Tiempo por pieza a producir}}$$

Nota: Planificación y proyección de la empresa industrial.

La Figura 7 ejemplifica el método en el cual se realizan los cálculos de espacios, de manera individual y expresa las necesidades de estos.

Figura 7 Ejemplo de determinación de espacios por método del cálculo

Datos para identificación		Superficie								Necesidades										Observaciones Forma/configuración Necesidades especiales				
N.º de Identificación Máquina o Instalación	Denominación y/o descripción	Longitud cm	Anchura cm	Altura cm	Superf. máquina o instalación m ²	Obrero y entre- nimiento m ²	Materiales m ²	Superficie total por máquina o instalación	Número de máquinas o instalaciones	Superficie neta total m ² *	110 V. alterna	220 V. alterna	Otros voltajes	Intensidad, amperios	Agua	Vapor	Desagües	Aire comprimido	Otras canalizaciones gas		Cimientos/fosos	Escape/chimenea	Colector polvo	
Suma total	Superficies Panadería									109,6														
D1	Amasadora	60	60	-	0,4	0,6	0,4	1,4	1	1,4	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	
D2	Mesa de preparación	300	75	-	2,3	10	-	12,3	1	12,3	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D3	Marmita a vapor	46	75	62	0,4	0,4	-	0,8	1	0,8	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	-	-	
D4	Vitrina acondicionada	54	70	160	0,4	1,5 ^(a)	-	1,4	1	1,4	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D5	Horno	150	100	-	1,5	2,1	-	3,6	1	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	
D6	Mezcladoras portátiles	45	45	-	0,2	0,5	0,4	1,1	1	1,1	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cocina																							
F7	Hornos	72	85	-	0,6	1,5 ^(b)	-	2,1	1	2,1	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	
F8	Hornos	72	85	-	0,6	1,5 ^(c)	-	2,1	1	2,1	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	
F10	Máquina portátil para cortar pan	65	50	50	0,3	1	0,5	1,8	1	1,8	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* No está incluido el espacio ni los servicios para los sobrantes

Superficie neta total necesaria (en m²) 136,2

Pasillos 65
 Servicios 27,4
 Otros
 Superficie total necesaria 228,6

Referencias:
 a. Apertura puerta: 54 cm
 b. 41 cm
 c. 41 cm
 d.
 e.
 f.

Nota: Planificación y proyección de la empresa industrial.

Muther (1968) establece que los pasos para realizar la determinación de espacios son los siguientes:

1. Identificar las actividades, sectores o características en estudio, utilizando la misma terminología y los mismos sistemas empleados en el trazado de los diagramas.
2. Identificar las máquinas y los equipos industriales en estudio, o, por lo menos, el tipo general de máquinas o de equipo, tanto para la explotación como para los servicios anexos.
3. Determinar, para las actividades de explotación: Las necesidades de espacio a partir de las previsiones producto, cantidad y recorrido y a partir de los tiempos operatorios. La naturaleza o condiciones necesarias para cada superficie de producción.
4. Determinar la naturaleza o condiciones necesarias para cada superficie de servicios.
5. Resumir las necesidades en cantidad y en naturaleza y confrontarlas con los espacios disponibles o probables.
6. Ajustar, volver a equilibrar y mejorar, si es necesario (p.115).

Método de Guerchet

Cuatrecasas (2012), citado por Bastidas, Aguirre (2020) indica:

El método de Guerchet es un método para determinar las áreas requeridas para el puesto de trabajo, para ello es necesario conocer el número y tamaño de las máquinas y equipos necesarios para la producción, adicionalmente, se tiene en cuenta requerimientos de personal y consideraciones respecto al inventario del proceso.

Para aplicar este método se hace uso de la siguiente fórmula:

Figura 8 Método Guerchet

$$S_T = S_s + S_g + S_e$$

Nota: *Diseño de herramienta para la estimación del tamaño de las instalaciones de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S*

Donde:

- S_T = Superficie total
- S_s = Superficie Estática
- S_g = Superficie gravitacional

- Se= Superficie de evolución

Según el autor anterior el cual cita a Cuatrecasas (2012), los pasos necesarios para calcular la superficie total son los siguientes:

1. Calcular la S_s. Esta se puede definir como la superficie que ocupan las máquinas y equipos de trabajo.
2. Calcular la S_g. Esta se puede definir mediante el producto al multiplicar la S_s por el número de lados en los cuales trabajan las máquinas y equipos.
3. Calcular la Se. Se calcula mediante la siguiente formula:

Figura 9 Superficie de evolución

$$S_e = (S_s + S_g)K$$

K: Coeficiente de evolución

Nota: *Diseño de herramienta para la estimación del tamaño de las instalaciones de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S.*

4. Calcular la superficie total mediante la formula establecida en la **Figura 8**.

Costos asociados a los inventarios

Morales (2020) señala que estos costos suponen tres tipos de costos: Costos de adquisición, costo por manejo de la mercancía o almacenamiento y costo por escasez.

Costos de almacenamiento

Lambán et al., (2013) se refiere a este costo:

Para calcular el costo asociado al almacenamiento, se deben tener en cuenta los tipos de almacenes existentes, así como sus diferentes áreas, operaciones, actividades y el material a almacenar. Así mismo, se han de considerar tanto los recursos humanos y materiales como el espacio físico requerido tal y cómo fue citado en el libro de (Morales, 2020, p.13).

Morales (2020) indica que almacenar mercancía incluye el costo de oportunidad asociado a la inversión que se tiene retenida en el almacén. Considerando lo anterior, se pueden desglosar dos tipos de costos de almacenamiento: el tangible y el intangible (p.13).

Componente tangible

Morales (2020) apunta que los costos de almacenamiento tangibles se refieren a los costos que se pagan efectivamente por operar la bodega. Esto incluye la mano de obra que maneja la mercancía desde que se inspecciona, se da entrada y se clasifica, hasta que se almacena y despacha.

El mismo autor establece los pasos para calcular el costo del componente tangible:

1. Mapear y cuantificar las posibles situaciones que generen costos asociados al inventario.
2. Calcular el costo mediante la fórmula observada en la Figura 10 (p.14).

Figura 10 Costo unidad/periodo/espacio

$$CW_{a,t} = \frac{CW_{a,t}}{A_a}$$

Nota: Gestión de inventarios: principales modelos aplicados a casos prácticos.

Donde:

cw: Costo por unidad/tiempo/espacio.

A: Espacio disponible para almacenar.

Herramienta para analizar las causas

A continuación, se presentan las herramientas por utilizar para analizar las causas raíz de la problemática presentada.

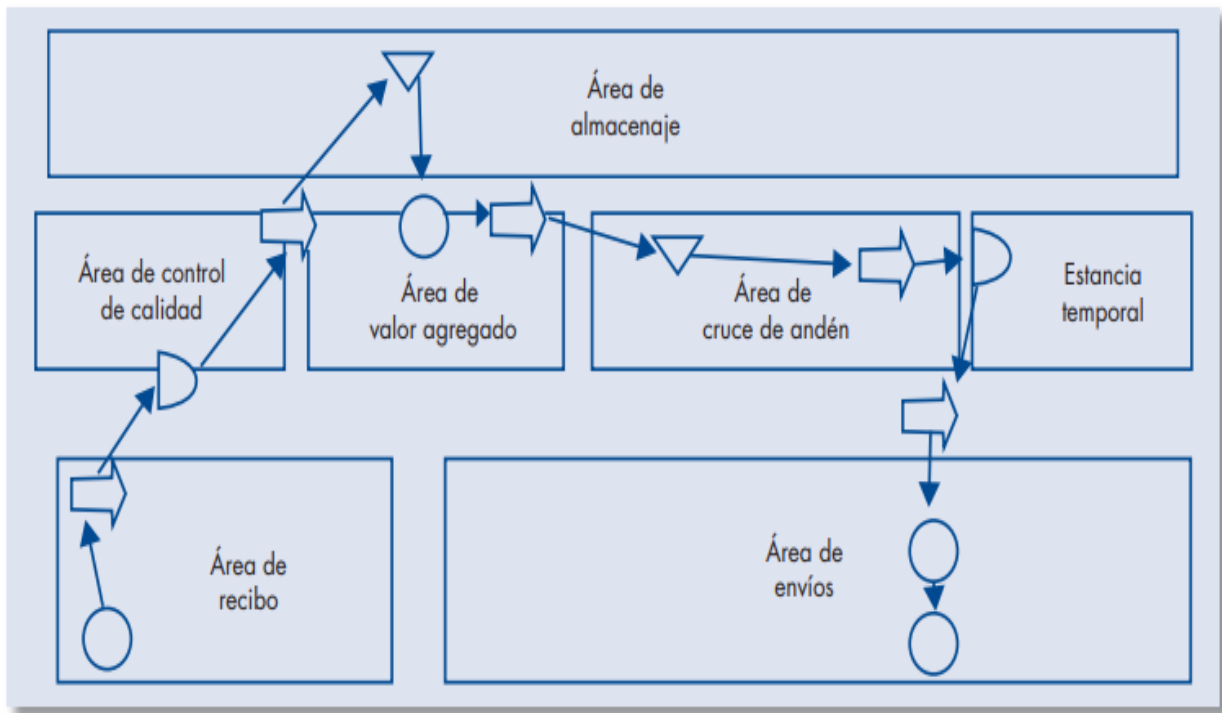
Diagrama de recorridos

Baca, (2015) define el diagrama de recorridos:

Es complemento del cursograma analítico y permite observar, en dos dimensiones la distribución real del área donde se ejecuta cada una de las actividades que componen el proceso (dibujo de planta), además de los flujos y las distancias recorridas. Esta representación ayuda a visualizar posibles cambios en la distribución de las áreas (layout), maquinarias, etc., para economizar tiempos y evitar recorridos innecesarios (p.181).

Para su aplicación, se diagrama directamente el cursograma analítico en el *layout* de la planta, siguiendo la sucesión de actividades o el recorrido de los materiales o personas. En la Figura 11 se observa con detalle un ejemplo de un diagrama de recorridos.

Figura 11 Ejemplo diagrama de recorridos



Nota: Introducción a la Ingeniería Industrial.

Diagrama de Ishikawa

Ovalles et al (2017) describe el diagrama de Ishikawa como una técnica bastante útil para realizar un análisis de causa raíz. Este tipo de diagrama identifica todos los potenciales factores que contribuyen a la generación de un problema. En este diagrama se analizan factores como los listados a continuación (p.6):

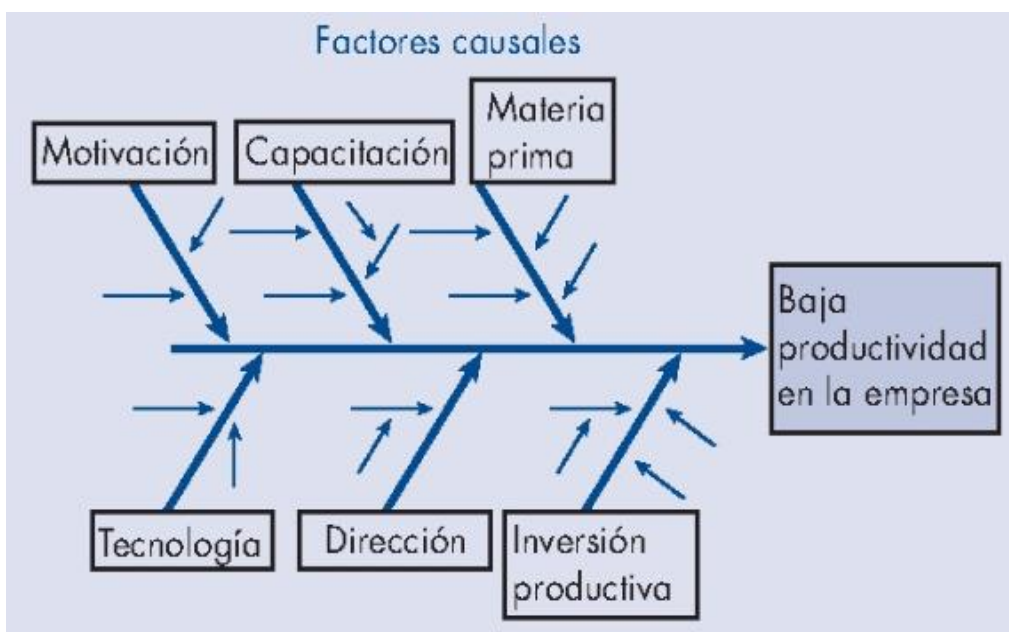
- Mano de obra
- Método
- Material
- Medio ambiente
- Medición (p.6).

Baca (2015) recomienda los siguientes pasos para elaborar un diagrama de Ishikawa:

1. Definir el problema o efecto que se quiere resolver.
2. Conformar un equipo de trabajo.
3. Estratificar la información de acuerdo con la naturaleza del problema. En esta etapa se definen las causas del problema.
4. Proponer ideas de solución para cada una de las causas.
5. Proponer soluciones para el problema general.

En la Figura 12 se puede visualizar el esquema utilizado en el diagrama de Ishikawa.

Figura 12 Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Nota: Introducción a la ingeniería industrial.

Diagrama de Pareto

Ovalles , Gisbert, y Pérez (2017) describen el diagrama de Pareto de la siguiente manera:

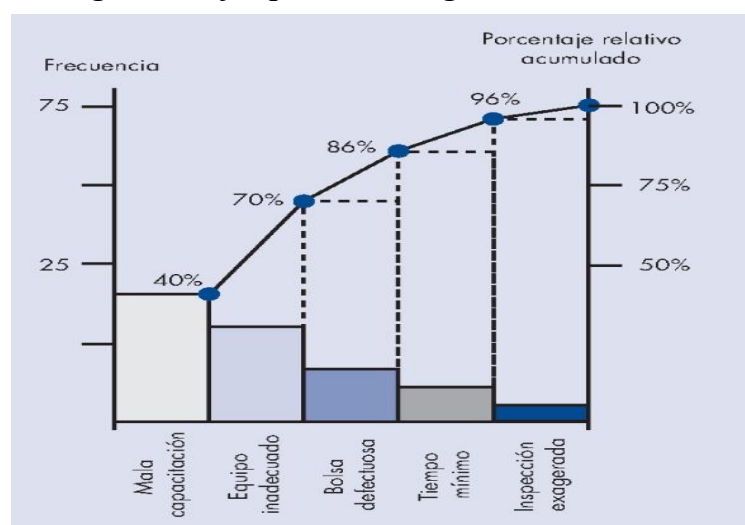
El análisis de Pareto es una técnica fácil que ayuda a elegir el cambio o mejora más efectiva a implementar. El principio de Pareto o la regla 80/20, utiliza la idea de que el 20 % de los defectos afectan en el 80 % de los procesos. Por lo tanto, si las soluciones se enfocan al 20% de los problemas más relevantes que afectan a los procesos, es seguro que el 80% de los procesos mejoraran considerablemente (p.6).

Baca (2015) detalla los pasos para la elaboración de un diagrama de Pareto:

1. Elegir un problema por resolver y detectar las causas más comunes que lo provocan.
2. Clasificar las causas detectadas de acuerdo con el número de veces que estas se repitan.
3. Ordenar las frecuencias de mayor a menor, luego calcular los porcentajes de las frecuencias acumuladas.
4. Graficar el eje X, las causas más comunes de izquierda a derecha, seguidamente, graficar los porcentajes que estas representan.
5. Analizar el diagrama para resolver las causas que generan mayor impacto en la empresa.

A continuación, en la Figura 13 se muestra un ejemplo de un diagrama de Pareto.

Figura 13 Ejemplo de un diagrama de Pareto



Nota: Introducción a la ingeniería industrial.

Herramientas para la Propuesta

En esta sección se presentarán las herramientas que serán utilizadas para el desarrollo de la propuesta. El objetivo principal de estas es establecer una hoja de ruta para solucionar la problemática planteada.

Cursograma analítico

Baca (2015) se refiere al cursograma analítico:

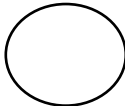
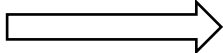
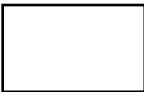

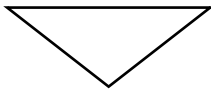
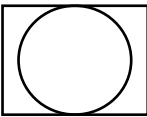
El cursograma analítico hace uso de todos los símbolos descritos en la Figura 14, pero éstos siempre deben presentarse en un orden específico: operaciones, transportes, demoras, inspecciones y almacenajes, también tiene columnas para

anotar el tiempo de duración de cada elemento, las distancias en el caso de los transportes, además de una sección de observaciones (pp 178-179).

Simbología del cursograma analítico

Para comprender mejor la herramienta del cursograma analítico y cómo utilizarla, en la Figura 14 se presenta la respectiva simbología.

Figura 14 simbología cursograma analítico

Actividad	Símbolo	Resultado predominante
Operación		Se produce o se realiza algo.
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve un objeto.
Inspección		Se verifica la calidad o la cantidad del producto.
Demora		Se interfiere o se retrasa el paso siguiente.
Almacenaje		Se guarda o se protege el producto o los materiales.
Actividad Combinada		Operación combinada con una inspección.

Fuente: Baca, 2015.

De la misma forma, en la Figura 15 se presenta la estructura general del cursograma analítico.

Figura 15 Ejemplo cursograma analítico

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama número:		Hoja número:		Resumen					
Operación analizada:				Actividad:	Actual	Propuesto			
Actividad:				Operaciones					
Método actual				Transporte					
Lugar:				Demoras					
Operario:				Inspecciones					
Hecho por:				Almacenajes					
				Tiempo					
				Distancia					
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	⇒	D	□	▽	
Operación 1									
Operación 2									
Inspección 1									
Transporte 1									
Demora 1									
Inspección 2									
Operación 3									
Transporte 2									
Inspección 3									
Operación 3									
Transporte 3									
Almacenaje 1									

Fuente: Baca, 2015.

Matriz de priorización

Baca (2015) describe matriz de priorización o matriz multicriterio como una herramienta que permite la selección de opciones a base de ponderaciones.

La matriz de priorización resume la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio. La escala de medidas de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa, y las medidas pueden expresarse en una escala cardinal, ordinal, nominal o probabilística (p.178).

“La sistemática de aplicación de la matriz va a depender del nivel de complejidad que sea el asunto por valorar” (p.179).

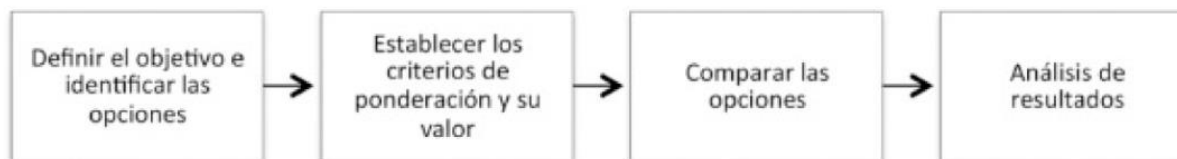
El autor explica en su libro dos formas diferentes de abordar la construcción de una matriz de aplicación:

- El método del criterio analítico completo.

- El método de consenso de criterios.

El autor propone en su libro una simplificación del método del criterio analítico completo, según la metodología sugerida en la Figura 16:

Figura 16 Elaboración de matriz de priorización



Nota: Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas.

1. Definir el objetivo e identificar las opciones: Debe existir un proceso previo en el que se identifiquen las opciones que se quieren someter a análisis, por ejemplo, un diagrama de causa-efecto.
2. Establecer los criterios ponderados y su valor:

Este paso es el más importante pues en función de los criterios de ponderación establecidos y de su valor, se obtendrán unos resultados u otros. Los criterios de ponderación deben ser elegidos por consenso de todo el grupo. Deben estar muy bien definidos para que su significado no genere dudas de ningún tipo a los miembros del equipo.
3. Comparar las opciones.
4. Analizar los resultados (pp.181-194).

Herramientas para el control de la implementación de la propuesta

En esta sección se presentarán herramientas necesarias para el control de la implementación de la propuesta.

Indicadores – KPI

Los indicadores se pueden definir como instrumentos de medida que proporcionan datos objetivos del desempeño de los procesos, es decir, es la medición de una característica específica, observable y medible. Estos comúnmente son expresados en porcentaje (Pardo, 2017, p.142).

Tipos de indicadores

A continuación, se presenta una breve reseña sobre los tipos de indicadores que describe Pardo (2017). Obsérvese:

- **Indicadores de eficacia:** Son aquellos que brindan información acerca del cumplimiento de requisitos.
- **Indicadores de eficiencia:** Proporcionan información acerca de los resultados, pero a su vez, toman en cuenta los recursos utilizados para conseguirlos.
- **Indicadores de resultado:** Relatan información acerca del resultado final de un proceso.
- **Indicadores de operativa:** Estos indicadores muestran la operatividad para lograr los resultados propuestos.
- **Indicadores directos:** Miden el rendimiento de una variable de manera directa, centrando la información en aquello que se desea contrastar.
- **Indicadores indirectos:** Se utilizan cuando la medida, variable o requisito resulta muy difícil de contrastar. Como lo indica su nombre, se realiza la medición de manera indirecta. Por ejemplo: número de reclamaciones por retraso. Este indicador puede ser utilizado para medir el cumplimiento de los plazos en caso de no ser posible medir la operación.
- **Indicadores de calidad objetiva:** Contrastan la satisfacción de los clientes por medio de la información relacionada con el comportamiento de los clientes con los productos.
- **Indicadores de calidad percibida:** Evalúan la opinión del cliente por medio de la información proporcionada por estos.
- **Indicadores compuestos:** Este resume o agrega varios indicadores específicos en un solo dato (pp.136-140).

Diseño de indicadores

El autor describe el diseño o la elaboración de los indicadores como un proceso en conjunto que propone medidas para evaluar el desempeño de las actividades realizadas.

En síntesis, se deben establecer los parámetros relevantes de la actividad por evaluar, asociar una variable crítica con su respectiva medida y fijar un valor umbral o límite que establezca la tolerancia del indicador (p.141).

Grupo Esignnova (2017) establece una serie de pasos para diseñar un indicador:

1. Establecer el objetivo del indicador: Lo más importante es precisar el objetivo que se encuentra detrás del indicador, por este motivo, es recomendable solo pasar a la definición del indicador cuando se esté completamente seguro del objetivo o propósito que se busca para medir o cuantificar.
2. Definir la escala numérica: Dicho indicador debe poder ser expresado en diferentes magnitudes; es una escala que va de menos a más. Es importante asegurarse de que esa escala pueda reflejar los diferentes resultados posibles y relacionados con el cumplimiento del objetivo o propósito que se está representando.
3. Este debe ser representativo: El indicador debe pasar la prueba de la gráfica, para ser capaz de representar diferentes resultados o niveles de desempeño alcanzados en diferentes momentos del tiempo. Si esta tarea no es posible o es compleja, es porque el indicador requiere de algunas precisiones o de una redefinición.
4. Confiable: Ello quiere decir que los datos producidos son correctos, por lo que generan confianza para la toma de decisiones.
5. Fácil de medir: Significa que el procedimiento de medición debe ser, en lo posible, susceptible de ser automatizado, o de requerir, en el peor de los casos, de poco trabajo manual.

Dashboard

Córdova, Martínez, y Córdova (2021) definen los *dashboards* como: “herramientas que permiten compartir, agrupar, centralizar y proporcionar una visualización gráfica de la información relevante de una organización, facilitando la toma de decisiones” (p.57).

A su vez, el mismo autor describe una metodología para el diseño de un *dashboard*:

1. Planificación: En esta etapa se define el equipo de trabajo, además, se identifican los indicadores que serán objeto de estudio.
2. Recopilación de requisitos: Se entrevistan los principales interesados para determinar sus necesidades y expectativas, las cuales deben asignarse a los indicadores previamente seleccionados.
3. Diseño: En esta fase se establece la estructura del *dashboard*, así como los datos que se mostrarán.

4. Despliegue: Una vez construido y probado el *dashboard* debe ser llevado al proceso para el cual fue creado.
5. Mantenimiento: Este aspecto es fundamental ya que con el tiempo pueden cambiar las necesidades del proyecto, por tanto, es necesario un mantenimiento continuo de la aplicación (pp.59-60).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el procedimiento metodológico que será utilizado. En él se define el enfoque, el tipo de diseño, método de análisis y alcance, así como las variables, muestra, instrumentos, recolección de datos y cronograma necesarios para desarrollar la investigación. Además, luego de definir los tipos de enfoque, diseños y alcances, se procederá a seleccionar, respectivamente, los que se adecuen a la investigación.

Enfoque

A continuación, se definen los diferentes enfoques, según la metodología de investigación propuesta por Hernández Sampieri.

Cuantitativo

Hernández et al (2014) se refieren a este enfoque como:

Un conjunto de procesos ordenados de manera lógica, sugiere una serie de pasos estructurados de forma organizada y secuencial. Este inicia con una idea la cual se delimita, partiendo de esta se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica (p.4).

El autor menciona que este enfoque hace uso de la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (p.4).

Cualitativo

Se define como:

Este enfoque se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas (Hernández et al, 2014, p.7).

El autor menciona que el enfoque cualitativo “utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p.7).

Mixto

Se define de la siguiente manera:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández et al, 2014, p.534).

La presente investigación se basa en un enfoque cuantitativo, dado que se hará uso de datos recolectados y sustentados en la medición para probar la hipótesis planteada.

Alcance

En este apartado se describen los tipos de alcances, según la metodología de la investigación con un enfoque cuantitativo.

Exploratorio

Los estudios de alcance exploratorio tienen como objetivo examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, el cual no se ha abordado antes, por lo que existe poca literatura relacionada o simplemente contiene ideas vagamente afines al tema (Hernández et al, 2014, p.91).

Descriptivo

Hernández et al (2014) señala que “consisten en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar como son y cómo se manifiestan” (p.92).

Correlacional

Los estudios de alcance correlacional son aquellos que “asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández et al, 2014, p.93).

El autor también describe el objetivo de este alcance:

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables (Hernández et al, 2014, p.93).

Explicativo

Este tipo de alcance busca explicar la razón del fenómeno estudiado, en qué condiciones se manifiesta o la relación que existe entre las variables, es decir, se enfoca en encontrar las causas de los sucesos (Hernández et al, 2014, p.95).

La presente investigación se ajusta convenientemente al alcance explicativo, tomando en cuenta los conceptos anteriormente mencionados, dado que se busca establecer la conexión entre las variables para encontrar las causas del problema.

Diseño

Luego de la elección del enfoque y el tipo de alcance, se deben definir los tipos de diseño y seleccionar el que mejor se adapte a la investigación.

Experimental

Hernández et al (2014) se refieren a este tipo de diseño como un estudio en el cual se manipulan intencionalmente una o más variables independientes para analizar los resultados que estas tendrán en torno a las variables dependientes (p.129).

No experimental

Hernández et al (2014) se refieren a este diseño como un estudio en el cual no se manipulan variables. En este se observan los fenómenos tal cual como se dan en su contexto natural (p.152).

Adicionalmente, el diseño no experimental se puede clasificar de las siguiente forma:

Transaccional

En este diseño se recolectan datos en un momento determinado, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación (Hernández et al, 2014, p.154).

Longitudinal

Hernández (2014) indica que el diseño longitudinal es un “estudio que recaban dato en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos” (p.159).

Considerando los diseños descritos, el proyecto se realizará mediante el tipo de diseño no experimental en su clasificación transaccional, debido a que se busca recopilar datos en un momento determinado sin hacer manipulación de estos.

Variables

Las variables se definen, según Martínez (2020), como “la variable es una característica o fenómeno que puede tomar diferentes valores” (p.14). En la Tabla 2, se presenta la información acerca de las variables, las cuales estarán relacionadas con los objetivos del proyecto.

Tabla 2 Variables

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Definir la situación actual de la empresa en torno a su productividad y capacidad de almacenamiento.	Productividad .	Relación volumétrica entre los resultados de la producción y los insumos utilizados en un periodo determinado (Baca, 2015, p.75).	Valor total de la producción/Coste de los factores productivos.	Sistema SITAP.
	Capacidad de almacenamiento.	Capacidad: Oportunidad, lugar o medio para ejecutar algo (Real Academia Española, s.f.). Almacenamiento: Acción y efecto de almacenar (Real Academia Española, s.f.).	Determinar el área total de la zona de almacenamiento del taller tomando en cuenta todas las dimensiones (ancho, largo y alto).	Medición directa de las bodegas. Planos del taller.
Medir el impacto económico que genera el faltante de espacio en el taller de alumbrado.	Porcentaje de unidades no producidas por falta de capacidad de almacenamiento.	Unidad: Cada uno de los elementos que forman un universo o conjunto sometido a estudio estadístico (Real Academia Española, s.f.).	Unidades programadas/Unidades producidas.	Sistema SITAP

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Analizar la causa raíz de la problemática planteada por medio de herramientas de carácter ingenieril.	Causas del problema.	La causa real que contribuye directamente a que una actividad falle o que no se desarrolle como deseamos para obtener los resultados esperados (Ovalles et al, 2017, p.3).	Causas recurrentes/Total de causas.	Sistema SITAP.
Determinar la propuesta de distribución de planta y las mejoras que aumenten la productividad del Taller de Alumbrado de la empresa eléctrica mediante el análisis desarrollado previamente.	Resultados	Efecto y consecuencia de un hecho, operación o deliberación (Real Academia Española, s.f.).	Resultados obtenidos/Resultados pendientes	Hoja de verificación de resultados.
Establecer indicadores de desempeño para el desarrollo de un <i>dashboard</i> que permita monitorear la propuesta.	Indicadores	Instrumentos de medida que proporcionan datos objetivos del desempeño de los procesos (Pardo, 2017, p.142)	Total de indicadores implementados/Total de indicadores propuestos.	KPI. Observación. Dashboard.

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Muestra

La muestra se define como “un subconjunto de la población, es decir una sección o parte de la población” (Martínez, 2020, p.17). En la Tabla 3, se establecen las muestras que serán recolectadas para el desarrollo de la investigación.

Tabla 3 Muestra

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Cantidad de luminarias producidas	Poblacional	Unidades armadas	100% de luminarias producidas de noviembre a diciembre.
Cantidad de luminarias retrasadas	Poblacional	Unidades retrasadas	100% de luminarias retrasadas durante noviembre y diciembre.
Causas recurrentes/Total de causas	Probabilística simple	Causas del retraso	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * \sigma^2}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2 + NE^2}$
Resultados obtenidos	Poblacional	Resultados	100% de los resultados o avances realizados.
Indicadores	Poblacional	Indicadores	100% de los indicadores implementados.

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Instrumentos

En la Tabla 4, se encuentra la información sobre los instrumentos y recursos requeridos para la medición de los indicadores propuestos.

Tabla 4 Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Cantidad de luminarias producidas	Registros	Informáticos
Cantidad de luminarias retrasadas	Registros	Informáticos
Causas recurrentes/Total de causas	Hoja de observación	Materiales Informáticos
Resultados obtenidos	Hoja de datos	Materiales

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Indicadores	Hoja de control	Materiales

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Recolección de datos

La recolección de datos se refiere a la recopilación o medición de información relevante que permitirá obtener respuestas de las hipótesis del proyecto de investigación. Se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5 Recolección de datos

Indicador	Fuente de los datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
Cantidad de luminarias producidas durante un mes.	Sistema de la empresa	Se ingresa al sistema de manera semanal, se busca la información necesaria del sistema por medio de un filtro, en este caso, las unidades producidas durante el tiempo determinado. Esta información se traslada a una hoja de Excel para trabajar los datos.	Determinar la capacidad productiva del taller para su posterior análisis.
Cantidad de luminarias retrasadas durante un mes.	Sistema de la empresa	Se ingresa al sistema de forma semanal, se filtra la información y se sustrae del sistema, en este caso, las unidades solicitadas y las unidades producidas. Esta información se traslada a una hoja de Excel para trabajar los datos.	Cuantificar la cantidad de luminarias que están demoradas durante un mes.

Indicador	Fuente de los datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
Causas recurrentes/Total de causas.	Observación directa del proceso.	Se realizarán visitas al taller tres días a la semana para observar el proceso y realizar informes de las potenciales causas detectadas, además de recolectar información importante suministrada por el ingeniero a cargo del área por medio de informes.	Establecer las causas más frecuentes que generan los retrasos en los pedidos para generar un plan correctivo de estas.
Resultados obtenidos	Información gerencial y visitas para realizar observaciones	Visitas semanales al taller para realizar observaciones al proceso y llevar un control, establecer una comunicación directa con el ingeniero a cargo del taller para recolectar información de relevancia por medio de informes.	Determinar el avance de las mejoras.
Indicadores	Información brindada por el encargado del taller.	Visitas semanales al taller para realizar observaciones acerca del proceso y realizar informes de la producción. Comunicación con el ingeniero a cargo del taller para recolectar información relevante por medio de informes.	Determinar el cumplimiento de las metas de producción.

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Método de Análisis

En la Tabla 6 se describe cómo se realizarán los análisis correspondientes a la información sustraída de la empresa, así como las herramientas o instrumentos utilizados en estos, además, se explicará la función del uso de los datos.

Tabla 6 Método de análisis

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Cantidad de luminarias producidas durante un mes	Por medio del informe sustraído del sistema se trasladan los datos a una hoja de verificación en Excel, en la cual se visualizarán los datos, en este caso la cantidad de producto generado en un mes. Con esta información se realizará un gráfico de barras para observar la productividad de la empresa en torno al proceso.	Excel	Establecer la productividad del proceso.

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
Cantidad de luminarias retrasadas durante un mes	Por medio del informe sustraído del sistema se trasladan los datos a una hoja de verificación en Excel, en la cual se visualizarán los datos, en este caso la cantidad de producto generado en un mes, así como el pedido realizado. Con esta información se elaborará un gráfico de barras apiladas para observar el cumplimiento de la producción en torno a la demanda.	Excel	Determinar la afectación a nivel productivo de los retrasos.
Total de causas	Con la estrategia de cinco ¿Por qué? Se determinarán las causas que ocasionan retrasos en la producción, se tomará la opinión del ingeniero industrial a cargo del taller, así como de sus colaboradores, para indagar sobre las posibles causas de los retrasos; por medio del Ishikawa se busca visualizar las fallas del proceso, además, se desarrollará un diagrama de Pareto para	Excel	Conocer las causas principales que generan los retrasos y poder priorizar esfuerzos.

Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
	verificar la frecuencia y determinar el peso porcentual de las causas.		
Resultados	Por medio de la matriz de priorización y un diagrama de Pareto se determinarán las principales incidencias que retrasan la producción, para poder priorizarlas y enfocar esfuerzos en estas.	Excel	Controlar los avances propuestos.
Indicadores	Con la ayuda de una hoja de Excel y el desarrollo de un <i>dashboard</i> se visualizarán los indicadores propuestos para medir el nivel de cumplimiento de estos.	Excel	Información del estado del proceso.

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla

Cronograma

En la Figura 17 se muestra un diagrama de Gantt, el cual contiene las fechas en que se desarrollarán las actividades del proyecto. Consta de 6 capítulos y 27 semanas para realizarlos. El propósito de este es gestionar el tiempo para hacer cada actividad.

Figura 17 Diagrama de Gantt

Actividades	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27
Referencias y Antecedentes																											
Artículos científicos																											
Libros																											
Tesis																											
Formato de documento																											
Capítulo I																											
Introducción																											
Generalidades de la empresa																											
Objetivos																											
Justificación																											
Antecedentes																											
Proyecciones																											
Capítulo II																											
Definiciones																											
Herramientas																											
Capítulo III																											
Enfoque																											
Alcance																											
Diseño																											
Variables																											
Muestras de investigación																											
Instrumentos																											
Proceso de recolección de datos																											
Métodos de análisis																											
Cronograma																											
Correcciones																											
Correcciones																											
Capítulo IV																											
Descripción del problema																											
Medición de las consecuencias																											
Análisis de las consecuencias																											
Capítulo V																											
Conclusiones																											
Recomendaciones																											
Capítulo VI																											
Propuesta																											
Plan de implementación																											
Análisis económico																											
Correcciones Tutor																											
Filologo																											
Entrega Final																											

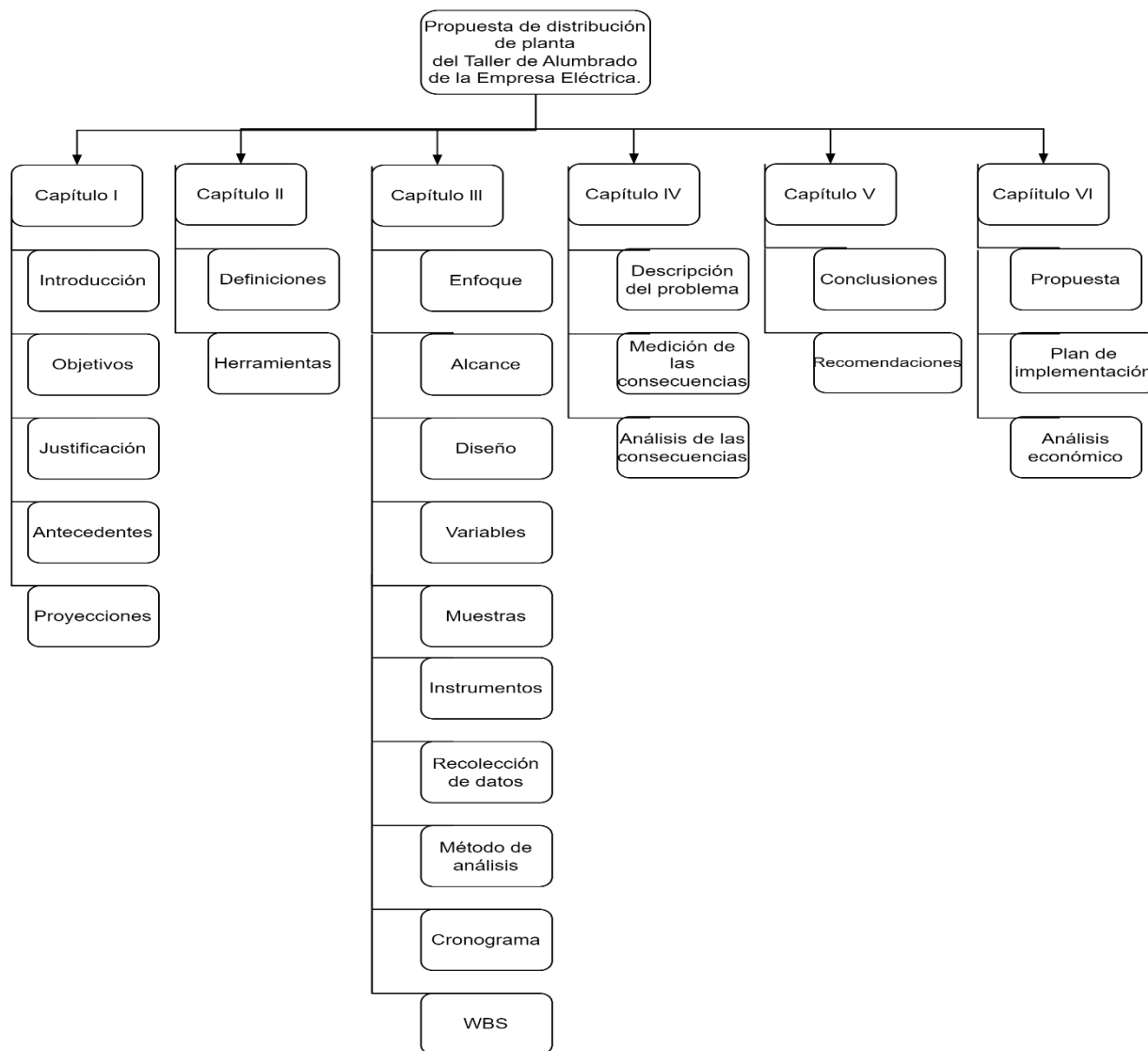
Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Estructura de descomposición del trabajo (WBS)

A continuación, en la Figura 18 se muestra la composición del proyecto; este se desglosa por niveles. En el primer nivel se encuentra el tema por desarrollar, en el segundo nivel los capítulos

que componen el trabajo como tal y en tercer nivel se encuentran los apartados por desarrollar para completar los capítulos del segundo nivel.

Figura 18 Estructura de descomposición de trabajo



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se establece la situación actual del Taller de Alumbrado de la Empresa Eléctrica. Este consta de tres apartados donde se desarrollarán temas cómo la descripción del problema, en el cual se describe la problemática detectada, posteriormente, se realiza la medición de consecuencias, la cual va dirigida en medir del impacto o repercusión que el problema tiene en la empresa y por último, se analizarán las causas del problema detectado.

Descripción del Problema

Mediante las definiciones establecidas en los apartados anteriores se puede establecer que una buena distribución de planta puede mejorar la productividad y las condiciones del taller.

La presente investigación se desarrolla en el Taller de alumbrado de la Empresa Eléctrica, lugar donde se efectúan diferentes procesos en torno a luminarias de todo tipo.

Con la creciente demanda a nivel de la Gran Área Metropolitana, el taller ha experimentado un aumento significativo en su producción, para tratar de cumplir con los pedidos que se realizan. Sin embargo, la limitante de espacio en bodegas del taller provoca excesivos traslados de materiales, por lo cual el montacargas hace gran cantidad de veces los recorridos habituales, según sea necesario; además, la congestión excesiva de materiales y desechos en la planta generan obstrucciones en el flujo productivo. Se destaca que estos desechos deben ser procesados antes de trasladarse al ente correspondiente, en este caso, el Centro de Transferencia de Materiales y dada la gran cantidad de trabajo que hay en el taller, estos desechos se acumulan y limitan el espacio. La infraestructura actual de la planta no es óptima, pues presenta problemas como inundaciones, superficies resbalosas, ausencia de ventilación adecuada, además, la distribución actual puede ser mejorada; áreas no contempladas podrían agilizar el trabajo del taller como un área de secado, ya que actualmente, cuando se lavan las luminarias, estas se secan a temperatura ambiente y generan un cuello de botella. Se recalca que el área de lavado debe ser reubicada, pues representa un riesgo a la salud y se encuentra en el pasillo común del taller, además, la reubicación de las bodegas podría agilizar los recorridos del montacargas.

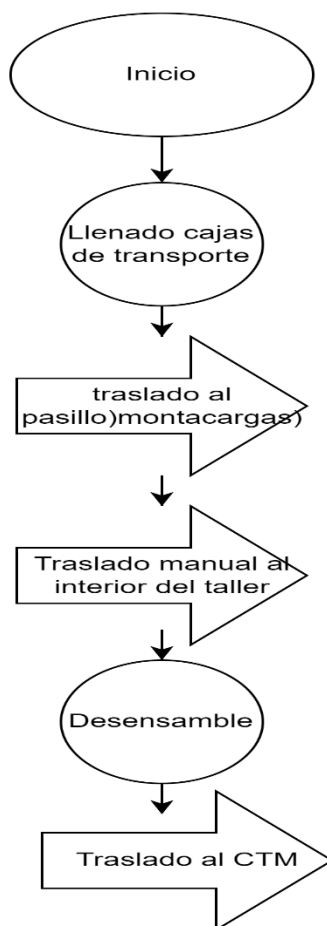
Diagrama de flujo

Dada la diversidad de procesos desarrollados en el taller, tales como marcado, ensamblado, reparación, recepción de garantías y desecho, se presentan los diagramas de flujo de los procesos

de reparación y desecho, pues estos son los que mayor impacto tienen en el taller y generalmente toman más tiempo.

A continuación, en la Figura 19 se muestra el diagrama de flujo del proceso de desecho, el cual genera gran cantidad de traslados del montacargas en las zonas del taller, que podrían ser evitados en gran medida con una distribución más eficiente.

Figura 19 Diagrama de flujo proceso de desecho

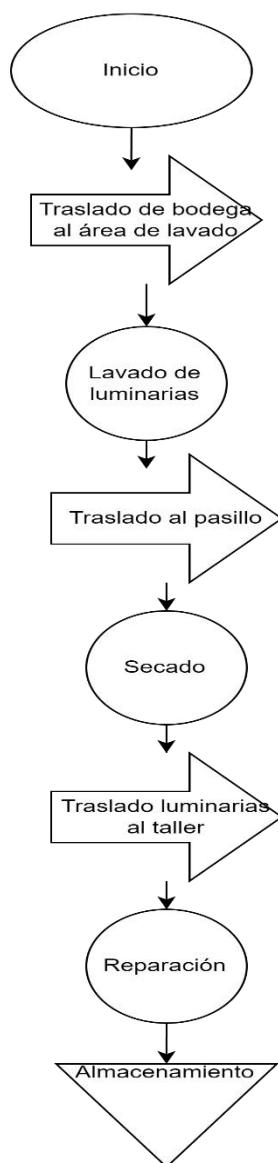


Nota: Keduin Esquivel.

A continuación, en la Figura 20 se muestra la sucesión de actividades que se realizan para reparar una luminaria. Solo la actividad de reparación se realiza en los bancos de trabajo, las demás constan de traslados, lavado, secado y almacenamiento, pues por la naturaleza de estas no pueden hacerse dentro del taller. Ahí se da gran parte de la problemática planteada, si bien el área de lavado está establecida tal y como se puede observar en la Figura 21, está en una zona de paso común; el lavado en cuestión puede representar un riesgo a la salud de los trabajadores, pues las luminarias que

vienen de las calles suelen tener gran cantidad de residuos, por ejemplo, nidos de paloma, materia fecal de estas, animales muertos, entre otros. Seguidamente del lavado, viene el secado y no se cuenta con un área específica para realizarlo, además, al no disponerse de algún tipo de maquinaria, genera demoras en el proceso, pues se debe secar de manera natural. Los técnicos suelen dejar unos cuarenta y cinco minutos como tiempo prudencial estimado para esta actividad, pues se realizan pruebas con alto voltaje y de no estar completamente secadas las luminarias, representarían un peligro para los técnicos. En la Figura 20 se encuentra el flujo del proceso de reparación.

Figura 20 Diagrama de flujo proceso de reparación

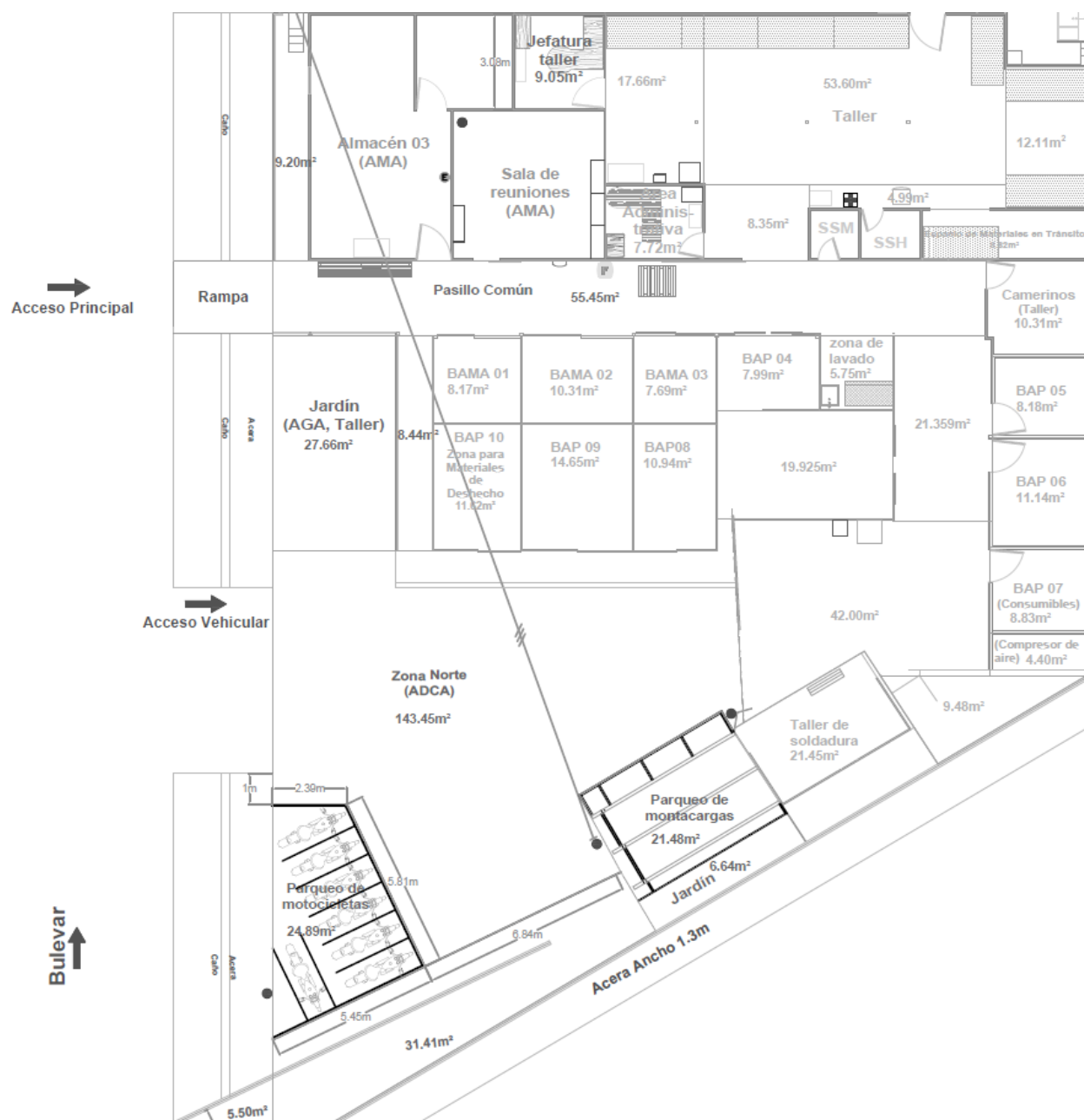


Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Distribución actual de planta

A continuación, en la Figura 21 se muestra el *layout* del taller de alumbrado, el cual será necesario para desarrollar la investigación.

Figura 21 Layout del taller de alumbrado



Nota: Unidad de Alumbrado.

En la Figura 21 se representa la distribución actual del taller de la Unidad de Alumbrado. Se representan sus áreas, por ejemplo, las bodegas BAP04, BAP05, BAP06, BAP07, BAP08, BAP09, BAP10 pertenecientes a la unidad de alumbrado, además de las áreas de lavado, taller, área administrativa, jefatura, camerinos, compresor, taller de soldadura, parqueo de montacargas, parqueo de motocicletas y el acceso vehicular. Las demás áreas corresponden a otras unidades, sin embargo, pueden ser distribuidas de manera diferente, respetando el área en metros que les corresponde en el *layout* actual. Bien aclarado este punto, también se puede hacer uso de los espacios no aprovechados para actividades propias de la empresa, tales como el jardín y otras áreas que se encuentran sin uso en este momento.

En la Tabla 7 se muestran las dimensiones en m² de las instalaciones de la planta correspondientes a la Unidad de Alumbrado.

Tabla 7 Dimensiones

Sitio	Área
Taller	96.71m ²
Jefatura taller	9.05m ²
Área administrativa taller	7.72m ²
Bodegas materiales en tránsito	8.82m ²
Camerinos	10.31m ²
BAP04(Bodega producto terminado)	7.99m ²
BAP05(Reparado)	8.18 m ²
BAP06(Reparado)	11.14m ²
BAP07(Muestras)	8.83m ²
BAP08(Luminarias LED)	10.94m ²
BAP09(Ornamental)	14.65m ²
BAP10(Desecho)	11.62m ²

Bodega luminarias por reparar	19.925m ²
Compresor	4.40m ²
Zona de lavado	5.75m ²
Pasillo común	55.45m ²
Taller de soldadura	21.45 m ²
Parqueo montacargas	21.48m ²
Parqueo motocicletas	24.89m ²
Servicios sanitarios	15.88m ²
Total	375.18 m ²

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Como se mencionó anteriormente, estas áreas corresponden a la Unidad de Alumbrado, por tanto, se puede hacer uso de estas a conveniencia. A continuación, en la Tabla 8 se muestran las áreas de uso común.

Tabla 8 Áreas de uso común

Espacios de uso común	Área en m²
Pasillo de uso común	55,45
Pasadizo jardín	8.44
Jardín	27.66
SSH (servicios sanitarios)	8.44
SSM (servicios sanitarios)	7.44

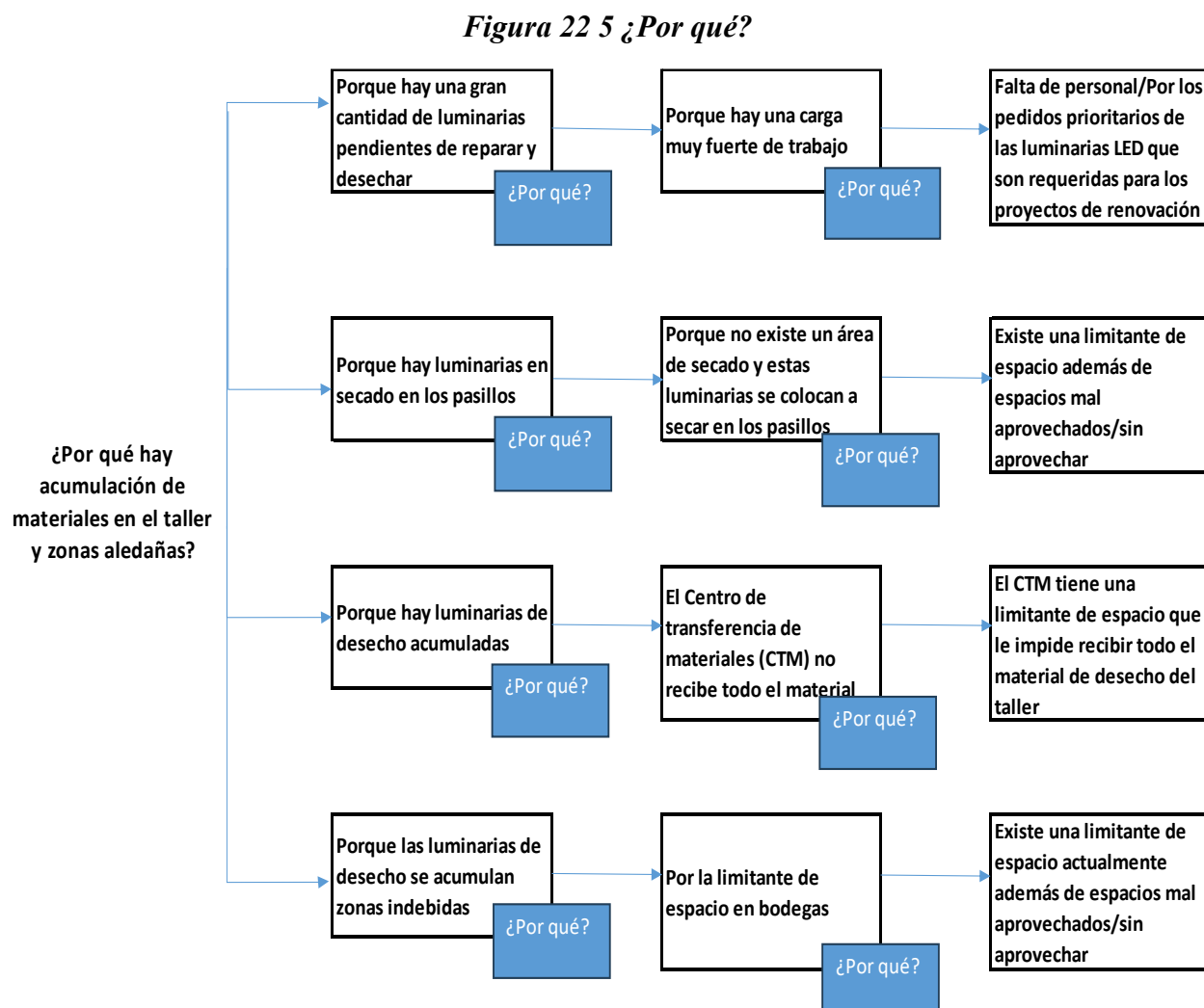
Nota: Keduin Esquivel.

Tomando en cuenta la limitante de espacio para almacenar en el taller es importante tener una visión clara del espacio con el cual se cuenta para almacenaje. Este espacio puede ser maximizado

añadiendo bodegas en áreas no utilizadas con un fin productivo, por ejemplo, el parqueo de motocicletas, el cual no es necesario, pues el plantel tiene un parqueo amplio y estas pueden ser reubicadas; las zonas del jardín pueden usarse como nuevas bodegas, además de otras áreas que pueden ser aprovechadas para este u otros usos.

5 ¿Por qué?

Con el fin de describir los fallos o deficiencias observadas en la planta, es necesario establecer las causas raíz que afectan. Para representar dichas causas se desarrolla la herramienta de 5 ¿Por qué?, con el fin de visualizar las potenciales causas raíz que afectan la planta. En la Figura 22 se visualiza dicha herramienta, con la secuencia de preguntas enfocadas en identificar los problemas de la distribución actual.



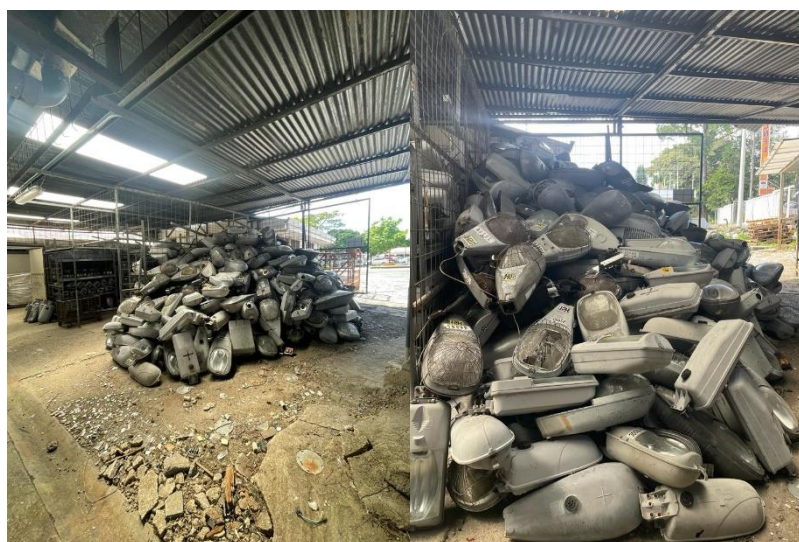
Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Deficiencias detectadas

En las observaciones y conversaciones realizadas con la jefatura del área se detectaron los siguientes puntos para tomar en consideración en cuanto a la distribución de planta.

- Actualmente el proceso de desecho tiene una gran acumulación de materiales, estos son procesados por el taller y trasladados al Centro de Transferencia de Materiales, el cual no puede recibir todo el material dado que tiene una limitación de espacio y también recibe material de otras interdependencias; por lo tanto, se debe establecer un espacio para almacenar las luminarias de desecho por trabajar y las que han sido procesadas en el taller. En la Figura 23; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden observar las luminarias que se encuentran almacenadas para ser desechadas. El proceso comprende el desensamble de ellas y su traslado al CTM, sin embargo, por los puntos antes mencionados, estas se encuentran apiladas y sin un lugar establecido para su almacenamiento.

Figura 23 Luminarias en desecho

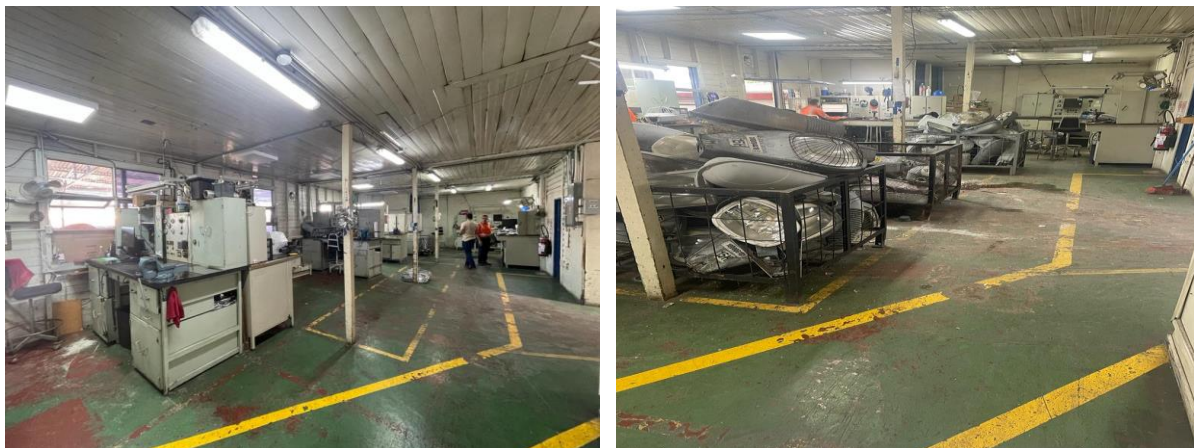


Nota: Keduin Esquivel.

- La infraestructura es antigua y cuenta con elementos como vigas que dificultan la maniobrabilidad dentro del taller. A continuación, en la Figura 24 se presentan dos fotografías del taller; allí se pueden observar dos perspectivas: la primera antes de iniciar

actividades y la segunda con los cajones utilizados para el transporte de luminarias en desecho; dicho sea de paso, estas vigas obstruyen la maniobrabilidad dentro del taller.

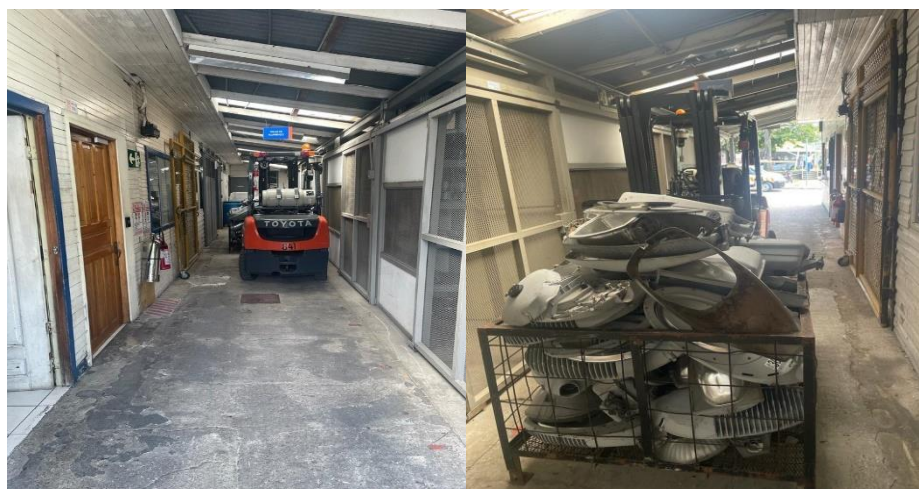
Figura 24 Taller de alumbrado



Nota: Keduin Esquivel.

- El espacio del pasillo por donde ingresa el montacargas es muy limitado, lo cual trae consigo que el montacargas no pueda virar para ingresar al taller o a las bodegas y eso hace que el trabajo de movimiento de materiales del pasillo al taller y del taller a las bodegas sea realizado por los técnicos en montacargas manuales, o dado el caso, de manera manual. En la Figura 25 se puede observar el tamaño del pasillo y el poco espacio con el que cuenta el montacargas para maniobrar.

Figura 25 Pasillo común



Nota: Keduin Esquivel.

- Existe una limitante sobre el Almacén 03 (AMA), sala de reuniones (AMA), y las bodegas BAMA 01, BAMA 02 BAMA 03, ya que estas no forman parte de la unidad de alumbrado.

Medición de las consecuencias

En este apartado se procederá a medir el impacto que generan las problemáticas detectadas en la empresa.

Estudio de tiempos

Al analizar los procesos actuales en la planta se identificó una oportunidad de mejora con respecto a los procesos de reparación y de desecho; estos fueron priorizados, pues son los que mayor impacto tienen dentro del taller. Por tanto, la investigación se enfoca en comprender el tiempo que se requiere para desarrollar estas tareas. Al determinar el estudio de tiempos de podrá establecer un tiempo estándar para estos procesos.

Objeto de estudio

Para el estudio se eligen tres operarios con niveles de experiencia distintos, con el fin de reducir el grado de error en el tiempo estándar. La jornada de trabajo comprende de 6:30 am a 4:30 pm de lunes a miércoles y de 6:30 am hasta 3:30 pm de jueves a viernes. La jornada completa de lunes a miércoles es de 10 horas y de jueves a viernes es de 9 horas; cuentan con 1 hora de alimentación al día distribuida en 15 minutos en la mañana, 15 minutos en la tarde y 30 minutos en el almuerzo. A continuación, se muestran los tiempos efectivos:

Horario A (lunes a miércoles): 9 horas.

Horario B (jueves a viernes) 8 horas.

Para realizar el estudio de tiempos es necesario determinar el tamaño de muestra. En la Figura 26; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentra el cálculo realizado para determinar la cantidad de observaciones por realizar.

Figura 26 Tamaño de muestra proceso de reparación

$$n = \left(\frac{40 * \sqrt{10 * 1.2 - (3.4)^2}}{3.4} \right)^2$$

$$n = 35$$

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

A continuación, como se muestra en la **Tabla 9**, la misma consta de 7 elementos y 16 muestras para cada una de las operaciones realizadas en el proceso de reparación.

Tabla 9 Estudio de tiempos proceso de reparación

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla

Operario #1																
Actividades	Proceso reparación de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Traslado bodega luminarias por reparar al área de lavado	0,30	0,33	0,41	0,40	0,37	0,36	0,37	0,23	0,33	0,30	0,35	0,37	0,22	0,39	0,35	0,39
Lavado	0,48	0,63	0,60	0,67	0,53	0,58	0,62	0,70	0,65	0,55	0,52	0,68	0,66	0,44	0,69	0,75
Traslado luminarias al pasillo	0,33	0,30	0,37	0,28	0,33	0,30	0,38	0,27	0,32	0,37	0,32	0,40	0,30	0,38	0,30	0,40
Secado	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Traslado luminarias al taller	0,51	0,59	0,66	0,67	0,71	0,54	0,62	0,58	0,52	0,60	0,54	0,55	0,57	0,56	0,61	0,58
Reparación	12,75	11,50	10,90	11,10	11,20	11,35	10,97	12,27	10,67	10,45	11,72	11,42	15,01	12,55	14,33	10,22
Almacenamiento	0,40	0,50	0,37	0,43	0,33	0,45	0,52	0,47	0,52	0,48	0,47	0,45	0,42	0,55	0,43	0,55

Operario #3																
Actividades	Proceso reparación de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Traslado bodega luminarias por reparar al área de lavado	0,38	0,35	0,39	0,31	0,29	0,30	0,37	0,33	0,31	0,28	0,36	0,39	0,25	0,38	0,35	0,34
Lavado	0,35	0,29	0,40	0,30	0,33	0,31	0,27	0,31	0,35	0,37	0,39	0,28	0,34	0,41	0,28	0,32
Traslado luminarias al pasillo	0,34	0,27	0,30	0,25	0,23	0,38	0,40	0,37	0,35	0,29	0,33	0,32	0,31	0,36	0,32	0,35
Secado	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Traslado luminarias al taller	0,49	0,51	0,69	0,71	0,56	0,58	0,60	0,63	0,64	0,57	0,54	0,52	0,51	0,61	0,53	0,59
Reparación	11,57	12,33	15,63	14,22	17,48	13,58	13,41	15,02	13,26	10,62	15,66	15,26	13,23	12,18	11,17	13,22
Almacenamiento	0,37	0,41	0,38	0,45	0,43	0,39	0,50	0,52	0,48	0,51	0,56	0,50	0,52	0,51	0,46	0,48

Operario #4																
Actividades	Proceso reparación de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Traslado bodega luminarias por reparar al área de lavado	0,38	0,42	0,30	0,31	0,29	0,39	0,41	0,38	0,32	0,30	0,36	0,39	0,25	0,35	0,38	0,34
Lavado	0,30	0,29	0,31	0,34	0,33	0,28	0,34	0,36	0,38	0,36	0,32	0,39	0,36	0,34	0,39	0,35
Traslado luminarias al pasillo	0,19	0,27	0,30	0,25	0,23	0,38	0,20	0,37	0,35	0,22	0,33	0,32	0,28	0,18	0,32	0,25
Secado	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Traslado luminarias al taller	0,66	0,71	0,68	0,74	0,77	0,81	0,71	0,73	0,69	0,68	0,70	0,75	0,66	0,63	0,61	0,72
Reparación	11,57	12,33	16,69	14,22	14,48	13,58	10,97	13,04	13,26	10,62	15,66	11,26	14,23	12,18	13,17	14,22
Almacenamiento	0,43	0,45	0,50	0,44	0,43	0,39	0,53	0,59	0,60	0,54	0,56	0,55	0,57	5,53	0,49	0,50

A continuación, en la **Tabla 10** se encuentran los tiempos de marcado, que constan de 5 elementos y 16 muestras para cada una de las operaciones del proceso de marcado.

Tabla 10 Estudio de tiempos proceso de marcado

Operario #1																
Actividades	Proceso marcado de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Traslado del montacargas al almacén	2,25	2,08	1,98	1,83	1,82	2,35	2,02	2,05	1,92	1,98	1,90	1,88	1,70	2,15	2,00	1,91
Traslado de luminarias almacén al taller	2,18	2,22	2,37	2,45	2,53	2,67	2,42	2,52	2,35	2,50	2,53	2,48	3,00	2,31	2,40	3,06
Traslado manual al interior del taller	0,50	0,68	0,62	0,69	0,57	0,52	0,58	0,57	0,73	0,67	0,65	0,50	0,71	0,74	0,57	0,69
Marcado de luminarias	0,35	0,42	0,50	0,49	0,48	0,40	0,55	0,38	0,37	0,38	0,42	0,35	0,24	0,33	0,68	0,40
Despacho de material	1,69	1,76	1,82	1,61	1,71	1,77	1,65	1,72	1,93	1,70	1,69	1,65	1,74	2,01	1,99	1,79

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Operario #3																
Actividades	Proceso marcado de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Traslado del montacargas al almacén	2,11	1,89	2,23	1,99	2,32	1,00	2,13	2,10	2,24	2,65	2,06	1,90	2,25	2,05	2,13	2,22
Traslado de luminarias almacén al taller	2,05	2,11	2,44	2,55	2,52	2,68	2,43	2,21	2,64	2,28	2,46	2,50	2,29	2,33	2,39	2,82
Traslado manual al interior del taller	0,66	0,54	0,50	0,56	0,59	0,58	0,53	0,49	0,56	0,61	0,59	0,51	0,57	0,62	0,50	0,58
Marcado de luminarias	0,35	0,42	0,62	0,50	0,48	0,40	0,55	0,38	0,37	0,38	0,42	0,35	0,29	0,42	0,50	0,39
Despacho de material	1,74	1,59	1,81	1,69	1,63	1,61	1,72	1,80	1,62	1,73	1,97	1,78	1,74	1,62	1,92	1,85

Operario #4																
Actividades	Proceso marcado de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Traslado del montacargas al almacén	2,25	2,08	1,98	1,83	1,82	2,35	2,02	2,05	1,92	1,98	1,90	1,88	1,70	2,15	2,00	1,91
Traslado de luminarias almacén al taller	2,18	2,22	2,37	2,45	2,53	2,67	2,42	2,52	2,35	2,50	2,53	2,48	3,00	2,31	2,40	3,06
Traslado manual al interior del taller	0,50	0,68	0,62	0,48	0,57	0,52	0,58	0,57	0,48	0,67	0,65	0,50	0,71	0,42	0,57	0,69
Marcado de luminarias	0,50	0,57	0,52	0,50	0,43	0,48	0,42	0,40	0,45	0,53	0,58	0,43	0,42	0,62	0,50	0,35
Despacho de material	1,55	1,92	1,78	1,66	1,97	2,00	1,62	1,74	1,92	2,08	1,72	1,85	1,70	1,74	1,64	1,63

A continuación, en la **Tabla 11** se encuentra el estudio de tiempos del proceso de desecho, el cual consta de 5 elementos y 16 muestras para cada una de las operaciones del proceso de desecho.

Tabla 11 Estudio de tiempos proceso de desecho

Operario #1																
Actividades	Proceso desecho de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Llenado de cajas de transporte	2,41	2,44	2,33	2,28	2,19	2,39	2,47	2,40	2,29	2,21	2,18	2,33	2,24	2,45	2,36	3,01
Traslado al taller	1,23	1,15	1,08	1,45	1,11	1,39	1,13	1,32	1,38	1,32	1,29	1,25	1,27	1,11	1,30	1,42
Traslado manual	0,66	0,69	0,71	0,70	0,63	0,77	0,65	0,51	0,55	0,59	0,72	0,68	0,50	0,60	0,59	0,74
Desensamble	1,88	1,68	1,70	1,83	1,38	1,68	1,75	1,63	1,60	1,98	1,42	1,85	1,93	2,18	1,58	1,68
Traslado al CTM	2,13	2,69	2,04	2,19	2,69	2,23	2,40	2,30	2,28	2,23	2,18	2,14	2,18	2,41	2,14	2,32

Operario #4																
Actividades	Proceso desecho de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Llenado de cajas de transporte	2,27	2,35	2,15	2,30	2,10	2,25	2,38	2,22	2,03	2,07	2,18	2,15	2,10	2,30	2,08	3,00
Traslado al taller	1,15	1,37	1,17	1,23	1,07	1,08	1,20	1,28	1,13	1,32	1,03	1,27	1,45	1,11	2,00	1,39
Traslado manual	0,70	0,71	0,55	0,69	0,45	0,64	0,53	0,61	0,49	0,51	0,76	0,62	0,40	0,51	0,48	0,60
Desensamble	1,60	1,85	1,82	1,95	1,68	2,03	1,82	1,80	1,83	1,58	1,70	1,95	1,65	1,78	2,00	1,89
Traslado al CTM	2,25	2,37	2,22	2,18	2,02	2,15	2,17	2,23	2,53	2,40	2,18	2,11	2,00	2,69	2,11	1,99

Operario #3																
Actividades	Proceso desecho de luminarias en minutos															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Llenado de cajas de transporte	2,30	2,21	2,19	2,20	2,32	2,24	2,13	2,41	2,18	2,27	2,29	2,33	2,40	2,30	2,21	2,25
Traslado al taller	1,20	1,32	1,25	1,11	1,45	1,21	1,38	1,32	1,29	1,38	1,28	1,26	1,33	1,40	1,26	1,34
Traslado manual	0,70	0,66	0,69	0,77	0,72	0,65	0,59	0,68	0,69	0,74	0,62	0,68	0,58	0,61	0,63	0,60
Desensamble	1,53	1,48	1,90	1,65	1,78	1,80	1,55	1,93	1,73	1,98	1,85	1,57	1,08	1,55	1,88	1,38
Traslado al CTM	2,13	2,69	2,04	2,19	2,69	2,23	2,40	2,30	2,28	2,23	2,18	2,14	2,18	2,41	2,14	2,32

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Tabla 12 se encuentran, de manera resumida, los datos del estudio de tiempos de cada proceso; se muestra el cálculo de los tiempos estándar por actividad para elaborar dicho proceso. Con ello se puede determinar un tiempo estándar para estimar la cantidad de tiempo que se invierte en reparar una luminaria y desechar una luminaria. Si se realiza la suma correspondiente de los tiempos estándar de las actividades para el proceso de reparación y el proceso de desecho, estos arrojan un resultado de 79.09 minutos por luminaria reparada, 9,18 minutos por cada luminaria marcada y 10.33 minutos por luminaria desechada, respectivamente; se evidencia un cuello de

botella en la operación de secado y una potencial mejora en los tiempos de traslado y llenado de las cajas de transporte de las luminarias de desecho.

Tabla 12 Resumen de los datos

Proceso de reparación			
Actividad	Promedio	Fatiga	T.Estándar (segundos)
Traslado bodega luminarias por reparar al área de lavado	20,52	26%	25,86
Lavado	25,62	26%	32,28
Traslado luminarias al pasillo	18,70	26%	23,56
Secado	2700,00	26%	2700,00
Traslado luminarias al taller	180,00	26%	47,16
Reparación	772,14	26%	972,89
Almacenamiento	34,88	26%	43,95
TOTAL	3751,86		3845,70
Proceso de marcado			
Actividades	Promedio	Fatiga	T.Estándar (segundos)
Traslado del montacargas al almacén	121,15	26%	152,65
Traslado de luminarias almacen al taller	148,34	26%	186,91
Traslado manual al interior del taller	35,22	26%	44,38
Marcado de luminarias	26,57	26%	33,48
Despacho de material	105,70	26%	133,19
TOTAL	436,99		550,61
Proceso de desecho			
Actividad	Promedio	Fatiga	T.Estándar (minutos)
Llenado de cajas de transporte	137,68	26%	173,48
Traslado al taller	76,53	26%	96,43
Traslado manual al interior del taller	37,69	26%	47,49
Desensamble	104,23	26%	131,33
Traslado al CTM	135,89	26%	171,22
TOTAL	492,02		619,94

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Espacios necesarios y disponibles

Partiendo de la descripción del problema, se establece que la limitante de espacio es una problemática bastante significativa que afecta directamente el día a día del taller, pues se deben almacenar las luminarias LED en garantía, luminarias por reparar y luminarias en desecho. Debido

a las políticas del almacén principal, considerando sus limitantes y las del centro de transferencia de materiales, además de las luminarias LED que se almacenan, un problema adicional es que no se cuenta con el espacio necesario para mantener dichos productos en las bodegas actuales. En cuanto a este punto es necesario determinar los espacios que necesitan los puestos de trabajo y las luminarias para establecer la línea base del espacio requerido para materiales y los activos del taller. En el taller se trabajan diferentes tipos de luminarias; en la Tabla 13 se muestran los diversos productos que se trabajan en el taller. Obsérvese:

Tabla 13 Código de producto

Código	Descripción del producto
HC	Horizontal cerrado
ORN	Ornamental
AH	Abierta Hubbell
LAV	Luminaria alto montaje 400W
BAL	Balastro

Nota: Keduin Esquivel.

Ahora bien, es necesario calcular el espacio necesario para el almacenamiento de las luminarias; para esto es necesario conocer sus dimensiones. En la **Tabla 14** se establecen las especificaciones técnicas de las luminarias trabajadas y almacenadas en el taller.

Tabla 14 Datos sobre las luminarias

Datos sobre las luminarias HC	
Especificaciones:	
Largo:	65 cm
Ancho:	35 cm
Alto:	25 cm
Peso:	7,04 kg

Nota: Keduin Esquivel.

Es necesario aclarar que estos datos fueron promediados debido a la gran diversidad de marcas de luminarias que se trabajan en el taller; la diferencia es muy poca en cuanto a sus dimensiones, con lo cual se puede estimar que el espacio promedio ocupado por una luminaria HC es de 0.06m^3 .

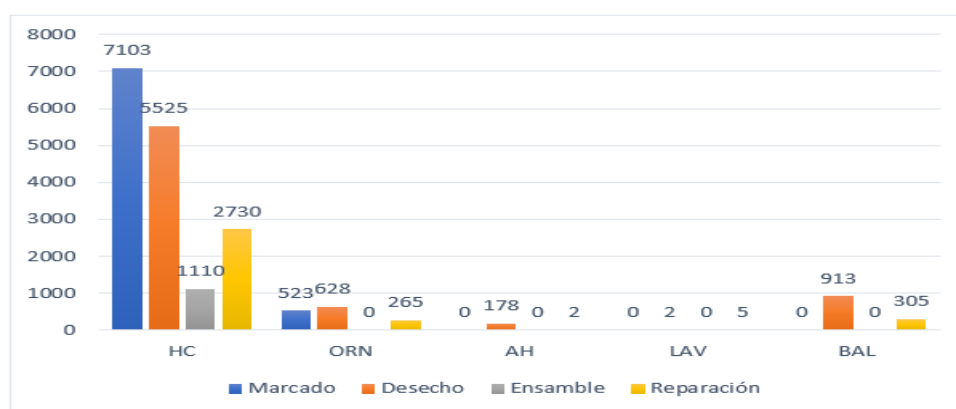
En la Tabla 15 se logra observar la cantidad de luminarias marcadas, desechadas, ensambladas y reparadas para el año 2023.

Tabla 15 Necesidades de la producción

Código	Marcado	Desecho	Ensamble	Reparación
HC	7103	5525	1110	2730
ORN	523	628	0	265
AH	0	178	0	2
LAV	0	2	0	5
BAL	0	913	0	305
Total	7626	7246	1110	3307

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

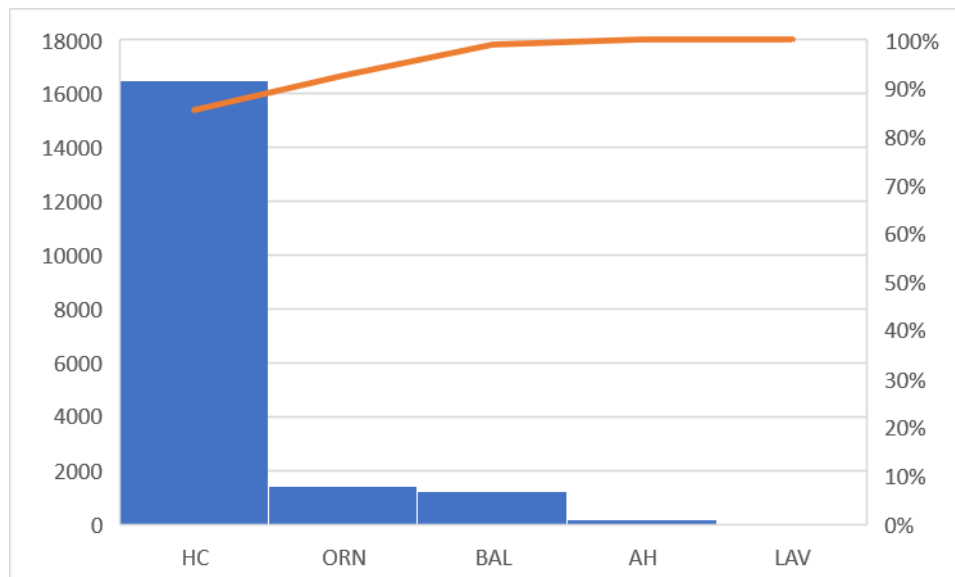
Para obtener una manera más visual se grafican los datos que contiene la Tabla 15 tal y como se muestra en la Figura 27, con el fin de determinar el volumen de producción de cada proceso; con esto se logra visualizar que las luminarias HC son las de mayor volumen de producción en el taller.

Figura 27 Gráfico necesidades de la producción

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

A continuación, en la Figura 28 se encuentran los datos sobre la cantidad de luminarias trabajadas en el año 2023; se evidencia que la de mayor peso es la Horizontal Cerrada y, por tanto, se puede priorizar la distribución de planta tomando como base la producción con este tipo de luminarias.

Figura 28 Diagrama de Pareto tipo de luminarias



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Figura 28 se visualiza el diagrama de Pareto y se muestran los datos acerca de la producción de luminarias. Es posible visualizar que las luminarias horizontales cerradas son las de mayor producción; por tanto, es necesario priorizar este producto para el presente proyecto.

Estas luminarias son almacenadas temporalmente en las bodegas del taller; algunas son entregadas al almacén o al ente correspondiente de estas de manera casi inmediata, como lo es el caso de las luminarias marcadas y ensambladas. Por otro lado, las luminarias que son desechadas y reparadas se almacenan en las bodegas del taller.

Teniendo esto en cuenta, es posible promediar de manera mensual la cantidad de luminarias almacenadas. En la tabla Tabla 16 se puede visualizar el espacio designado para el almacenamiento de las luminarias para reparación y las de desecho.

Tabla 16 Espacio disponible de almacenamiento de luminarias de desecho y reparación

Bodega	Espacio en m ³
BAP10 (Luminarias de desecho)	11,85
Bodega Luminarias por reparar	22,1325
Total	33,9825

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

A continuación, en la Tabla 17 se establece un promedio mensual de luminarias de desecho y por reparar, que son almacenadas en las bodegas descritas en la **Tabla 16**. Se puede concluir que el espacio necesario es mayor que el espacio disponible actualmente.

Tabla 17 Espacios necesarios de almacenamiento

Proceso	Desecho	Reparación
Cantidad de producto mensual	604	228
Volumen mensual en m ³	26.2m ³	13m ³

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Método de Guerchet

Es necesario determinar el espacio necesario para desarrollar las actividades dentro del taller; para esto, se calculará el espacio requerido para los bancos de trabajo dentro del taller.

En la **Tabla 18 Determinación de espacios por método Guerchet** Tabla 18 se realiza el cálculo de requerimiento de espacio de los bancos de trabajo, por medio del método Guerchet.

Tabla 18 Determinación de espacios por método Guerchet

Método Guerchet para la determinación de espacios								
N° de banco de trabajo	N	n	Longitud	Ancho	Ss	Sg	Se	St
B1	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
B2	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
B3	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
B4	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
B5	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
B6	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
B7	1	1	2,43	1,03	2,50	2,50	7,51	12,51
Superficies expresadas en m ² con K=1.5								Total 88m ²

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Tal y como se determina en la Tabla 18, se ocupan 88m² para los siete bancos de trabajo. Actualmente el taller cuenta con 83.37m², por lo que no hay espacio suficiente para la cantidad de bancos de trabajo que existen actualmente. Incluso, uno de estos bancos de trabajo se encuentra en un espacio aparte del taller por la limitante de espacio.

Costos de almacenamiento

Se deben establecer los costos de almacenamiento, es decir, el costo de tener almacenada una luminaria o insumo en determinado espacio. Para esto, se calcularán los costos de mano de obra y los servicios necesarios para las bodegas actuales del taller, con el fin de saber cuánto está costando tener las luminarias en dicho espacio.

Costos tangibles

A continuación, en la Tabla 19 se encuentran los salarios de los colaboradores del área de alumbrado.

Tabla 19 Salarios taller de alumbrado 2023

Jefatura	₺ 1 387 147
Coordinador técnico	₺ 831 663
Operario 1	₺ 469 000
Operario 2	₺ 583 000
Operario 3	₺ 626 991
Operario 4	₺ 690 228

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Partiendo del hecho de que los operarios están en constante manejo de las bodegas actuales, es posible estimar un porcentaje del tiempo de la jornada normal de cada uno de estos para operar dichas bodegas. Según el juicio del ingeniero a cargo, se estima que un 10% del tiempo trabajado de los colaboradores se destina a ordenar, almacenar y despachar los materiales de la bodega. Es posible estimar un costo de ₺439 636 de mano de obra, además, se debe adicionar el costo por el servicio eléctrico, el cual tiene un valor promedio de ₺72 057, teniendo en cuenta que el área total del edificio corresponde a 686.91m² y el área de bodegas es de 102.1m². Por tanto, se puede determinar que el costo por metro cuadrado del servicio de electricidad es de ₺104.9; el costo del servicio eléctrico del área de bodegas es de ₺10 710 mensuales. Además, el servicio de seguridad es brindado por una empresa externa a todo el plantel, por lo cual se estima que estos dedican un 20% de su tiempo, con un costo de ₺99.890 y teniendo en cuenta su salario de ₺499.448.

A continuación, en la Tabla 20 se encuentran las dimensiones de las bodegas y el espacio disponible para almacenar.

Tabla 20 Dimensiones de las bodegas

Área disponible	Dimensiones pasillos en metros				Área del pasillo	Total m ²
	m ²	Largo	Ancho			
BAP04	7,99	2,38	0,9		2,14	5,85
BAP05	8,18	2,62	0,9		3,17	5,01
BAP06	11,14	3,54	0,9		4,00	7,14
BAP07	8,83	2,76	0,9		3,29	5,54
BAP08	10,94	4,6	0,9		4,14	6,80
BAP09	14,65	4,6	0,9		4,14	10,51
BAP10	11,62	4,6	0,9		4,14	7,48
Bodega Luminarias por reparar	19,925	5,66	0,9		5,09	14,83
Espacio para materiales en tránsito	8,82	5,41	0,9		5,68	3,14
Total	102,1				35,79	66,30

Nota: Keduin Esquivel.

Teniendo en cuenta que el costo operativo de la bodega es de ₡550 236 mensuales, que el espacio disponible de las bodegas es de 66.3m² restándole el área de los pasillos y que, por políticas de seguridad, la altura a la que se pueden apilar luminarias corresponde a 1.5m, es posible establecer el costo de almacenamiento. A continuación, en la Figura 29 se puede apreciar el costo de almacenamiento.

Figura 29 Costos de almacenamiento

$$\frac{₡550236}{99.45\text{m}^3} = ₡5532/\text{mes}/\text{m}^3$$

Nota: Keduin Esquivel.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, es posible determinar el costo económico por espacio ocupado de las luminarias no almacenadas en bodega; es decir, las que se encuentran apiladas en zonas no aptas para el almacenaje de estas.

Se realizaron mediciones y se obtuvo un área de 18m² y otra de 40m². El área 1, ubicada en el ingreso de materiales del taller, genera peligro a los trabajadores, pues se apilan luminarias sobre los 2 metros de altura. En el área 2 se apilan materiales de desecho y de otras interdependencias a nivel de piso, sin protección alguna ante las lluvias, lo cual genera un riesgo biológico ocasionado por dengue.

Teniendo en cuenta esta problemática se procede a calcular el costo de almacenamiento de estas áreas no designadas; dicho calculo se realizará con el costo actual y un segundo cálculo contemplando el área de estas dos zonas. En la **Figura 30** se encuentra el cálculo del costo implícito de estas zonas no contempladas para el bodegaje.

Figura 30 Cálculo costo implícito de zonas no contempladas

$$\frac{\text{¢}5532}{\frac{\text{mes}}{m^3}} * (58m^2 * 1.5m) = \text{¢}481\,352/\text{mes}$$

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Es decir, estas áreas no contempladas tendrían un costo implícito de ¢304 239, por otro lado, si estas áreas fueran contempladas en la distribución actual con su debida adaptación, reducirían el costo por metro cubico, dado que existiría una mayor área para almacenar. En la Figura 31, se muestra el costo si se adaptaran estas áreas para bodegaje.

Esta problemática no es solo el almacenamiento, dado que son luminarias de desecho, sino, que estas traen consigo problemas como dengue, un mal aspecto del taller, obstruyen zonas de paso y además, pueden llegar a contaminar el medio.

Figura 31 Costo de almacenamiento actualizado

$$\frac{\text{¢}481352}{(99.45m^3 + 87m^3)} = \frac{\text{¢}2581}{m^3}$$

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Productividad actual

Para determinar la productividad actual es necesario conocer la capacidad de los procesos que se van a analizar, es decir, cuántas unidades producen según su tiempo estándar. A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentran los cálculos realizados para determinar la capacidad del proceso de reparación. Se debe resaltar que este tiene una capacidad mensual para producir 10947 unidades, sin embargo, la actividad que más consume tiempo es el secado, con un 70%; lo cual quiere decir que la actividad genera un cuello de botella.

Tabla 21 Capacidad de proceso reparación

Capacidad proceso de reparación	Utilización	T. Estándar (Segundos)	Cantidad de operarios	Output	Horas disponibles productivas (diarias)	Output diario	Horas disponibles productivas (semana)	Output semanal	Semanas disponibles al mes	Output mensual
Traslado bodega luminarias por reparar al área de lavado	1%	25,86	1,0	139	8,6	1197	43	51480	4	205921
Lavado	1%	32,28	1,0	112	8,6	959	44	42201	4	168803
Traslado de luminarias al pasillo	1%	23,56	1,0	153	8,6	1314	43	56506	4	226024
Secado	70%	2700	N/A	1,33	8,6	11	43	493	4	1972
Traslado luminarias al taller	1,23%	47,16	1,0	76	8,6	656	43	28229	4	112916
Reparación	25%	972,89	2,0	4	8,6	64	43	2737	4	10947
Almacenamiento	1%	43,95	1,0	82	8,6	704	43	30291	4	121163
Total	100%	3845,7								

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la **Tabla 22** se encuentra la capacidad del proceso de desecho. Se refleja que el llenado de las cajas para el transporte es el que consume mayor cantidad de tiempo. Este proceso cuenta con la capacidad teórica para sacar 275627 unidades desensambladas mensualmente.

Tabla 22 Capacidad de proceso desecho

Capacidad proceso de reparación	Utilización	T. Estándar (Segundos)	Cantidad de operarios	Output	Horas disponibles productivas (diarias)	Output diario	Horas disponibles productivas (semana)	Output semanal	Semanas disponibles al mes	Output mensual
Llenado de cajas de transporte	28%	173,48	1,0	21	8,6	178	43	7674	4	30696
Traslado al taller	16%	96,43	1,0	37	8,6	321	44	14127	4	56507
Traslado manual al interior del taller	8%	47,49	1,0	76	8,6	652	43	28033	4	112131
Desensamble	21%	131,4	3,0	27,40	8,6	707	43	30395	4	121578
Traslado al CTM	28%	171,22	1,0	21	8,6	181	43	7775	4	31101
Total	100%	620,02								

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Con esta información es posible determinar la productividad actual del taller en torno a la cantidad de unidades producidas y los técnicos que colaboraron. En la Figura 32 se encuentra el cálculo de la productividad actual del taller. Cada contenedor contiene aproximadamente 32 luminarias.

Figura 32 Productividad actual Taller de Alumbrado

$$\text{Productividad reparación} = \frac{64 \text{ unidades}}{5 \text{ técnicos}} = 12.8 \text{ unidades por operario}$$

$$\text{Productividad desecho: } \frac{707 \text{ unidades}}{5 \text{ técnicos}} = 141 \text{ unidades por operario}$$

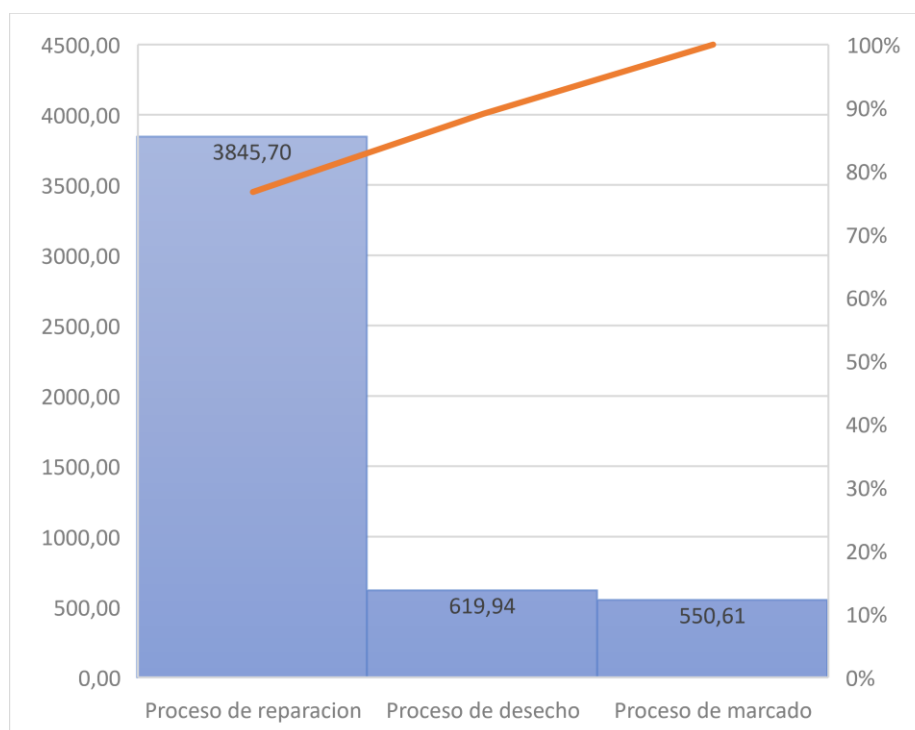
Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Análisis de las Causas

Diagrama de Pareto

En la Figura 33, el gráfico muestra que el proceso de reparación y desecho es el que más demora en producir una luminaria, esto se debe a los tiempos excesivos de secado, por no contar con maquinaria que facilite esa tarea y los tiempos de llenado de cajas de desecho. Con esta información se pueden priorizar los procesos de reparación y desecho, dado que consumen mayor tiempo en realizarse.

Figura 33 Diagrama de Pareto tiempos estándar



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Cursograma analítico

La Figura 34 muestra el diagrama analítico, el cual contiene las actividades y transportes que actualmente presenta el proceso de reparación de luminarias. Se logran visualizar las distancias recorridas y el tiempo empleado para el proceso. Da como resultado 45.26 metros recorridos y

3760,9 segundos, respectivamente, con dos operaciones, una demora, tres transportes y un almacenamiento.

Figura 34 Cursograma analítico proceso de reparación

Cursograma analítico									
Diagrama Num: Hoja Núm de		Resumen							
Objeto: Luminarias reparadas.		Actividad		Actual	Propuesta	Economía			
		Operación	●	2					
Actividad:		Transporte		→	0				
Método: Actual/Propuesto		Espera		●	1				
Lugar: Taller de alumbrado		Inspección		■	3				
Operario (s): #1 #3 #4 Ficha núm: 1		Almacenamiento		▼	1				
		Distancia (m)			45,26				
		Tiempo (min-hombre)			77,68				
Compuesto por: Keduin Esquivel Chinchilla. Fecha: 20/12/2023		Aprobado por: David Solano Mora. Fecha: 5/01/2024		Costo					
				- Mano de obra		N/A	N/A		
				- Material		N/A	N/A		
		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo (segundos)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
				●	■	●	→	▼	
Traslado bodega luminarias por reparar al área de	1	25,86	13,39						
Lavado de luminarias	1	32,28	0	●					
Traslado luminarias al pasillo	1	23,56	3,02						
Secado	1	2700	0			●			
Traslado luminarias al taller	1	47,16	11,85						
Reparación	1	972,89	0	●					
Almacenamiento	1	43,95	17					●	
Total	1	3845,70	45,26	2	0	1	3	1	

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Figura 35 se representa en el cursograma analítico del proceso de desecho; se arroja como resultado un tiempo de 619,87 segundos y un recorrido de 805 metros, en total.

Figura 35 Cursograma analítico proceso de desecho

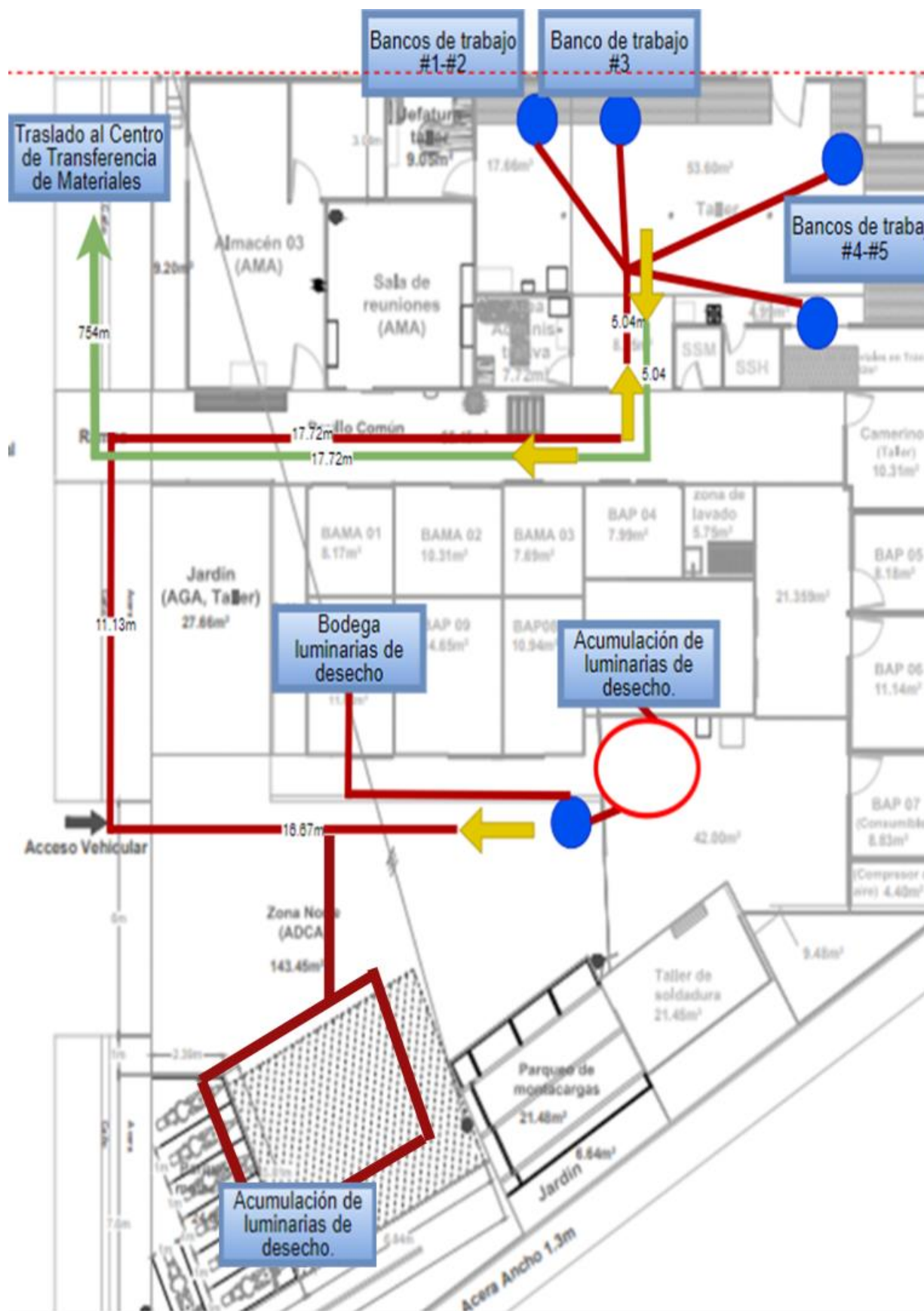
Cursograma analítico										
Diagrama Num:		Hoja Núm de		Resumen						
Objeto: Luminarias de desecho		Actividad		Actual	Propuesta	Economía				
Actividad:		Operación		2						
Método: Actual/Propuesto		Transporte		0						
Lugar: Taller de alumbrado		Espera		0						
Operario (s): #1 #3 #4		Inspección		3						
Ficha núm: 1		Almacenamiento		0						
		Distancia (m)		802,5						
		Tiempo (min-hombre)		10,1						
Compuesto por: Keduin Esquivel Chinchilla.		Fecha: 20/12/2023		Costo						
Aprobado por: David Solano Mora.		Fecha: 5/01/2024		- Mano de obra						
				- Material		N/A	N/A	N/A		
		Total								
Descripción		Cantidad	tiempo (segundos)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
Llenado de cajas de transporte		1	173,4	0	●	■	●	➔	▼	
Traslado al taller		1	96,6	45,52						
Traslado manual al interior del taller		1	47,4	5,02						
Desensamble		1	131,4	0	●					
Traslado al CTM		1	171	754						
Total		1	619,8	804,54	2	0	0	3	0	

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Diagrama de recorridos

A continuación, en la Figura 36 se encuentra el diagrama de recorrido del proceso de desecho. Se toma como inicio la zona de acumulación de materiales y bodega de desecho (BAP10) y finaliza con el traslado al centro de transferencia de materiales.

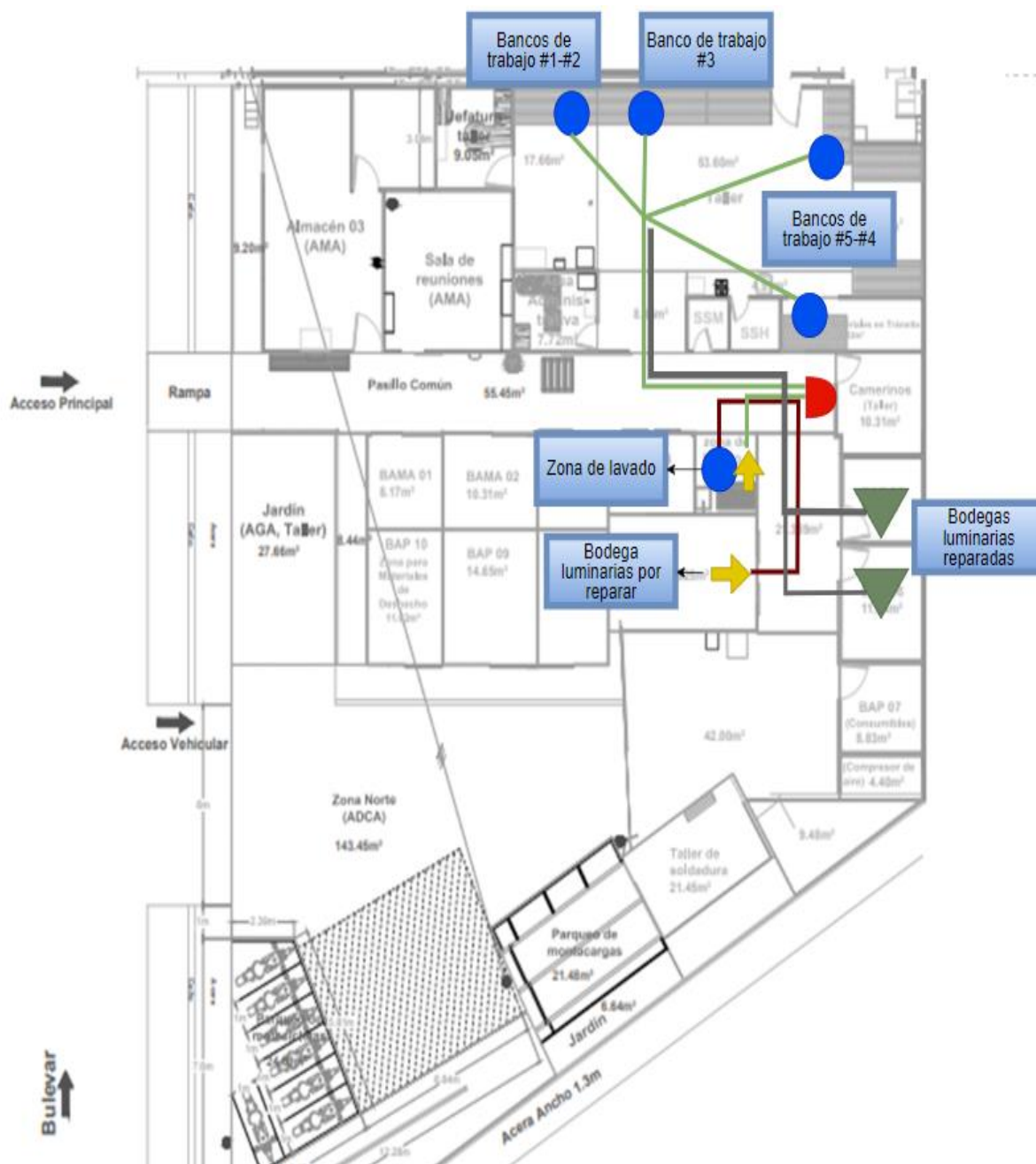
Figura 36 Diagrama de recorrido proceso de desecho



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Seguidamente, en la Figura 37 se presenta el diagrama de recorrido del proceso de reparación de luminarias. Este inicia en la bodega de luminarias por reparar y finaliza en el almacenamiento de las luminarias reparadas, en las bodegas BAP05 y BAP06.

Figura 37 Diagrama de recorridos proceso de reparación

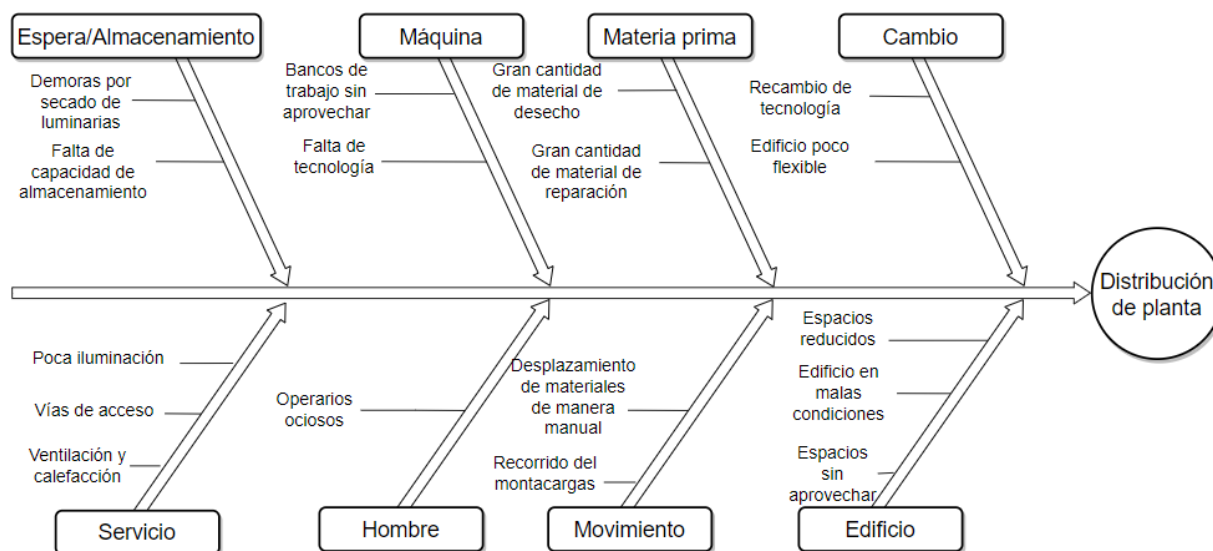


Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Diagrama de Ishikawa

El análisis realizado en la planta permite determinar los problemas que presenta la distribución actual. En la Figura 38 se muestra un diagrama de Ishikawa, donde se visualizan los diferentes factores que afectan una distribución de planta.

Figura 38 Diagrama de Ishikawa



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Factor Espera/Almacenamiento

Este viene a ser el factor que más afecta la planta actualmente. Con una distribución de planta adecuada, el flujo de materiales debe ser óptimo para evitar su estancamiento, tal y como ocurre actualmente con las luminarias que se encuentran en secado, así como las luminarias de desecho, que, al no contar con un espacio suficiente, generan acumulación de materiales en una zona no deseada.

Factor máquina

Uno de los objetivos de una adecuada distribución de planta es el óptimo aprovechamiento de la maquinaria. Actualmente se cuenta con siete bancos de trabajo, de los cuales solo se aprovechan cinco, aunado a esto, existe un faltante de tecnología para trabajar con las luminarias LED.

Factor materia prima

Es el material en proceso de las luminarias de desecho, dado que estas se desensamblan y las luminarias en espera de reparación generan una afectación en la zona de bodegas del taller.

Factor cambio

El factor cambio viene a ser una de las incógnitas más grandes en esta planta, pues con el recambio de tecnología se esperan mejoras en el edificio. Este es un aspecto por tomar en cuenta en la distribución que se planea realizar.

Factor servicio

Este factor se compone de los elementos que auxilian a la producción. En este caso, existen problemas de ventilación, pues el taller no tiene muchas vías de entrada de aire, lo cual genera temperaturas muy altas en verano, además de exposición al polvo. Aparte del problema de iluminación existente, hay una limitante en las vías de acceso, las cuales, al ser tan estrechas, hacen que el personal deba maniobrar con el material entrante.

Factor hombre

En toda distribución se deben tomar en cuenta las condiciones de trabajo. En este caso se detectaron algunas potenciales causas que puedan generar accidentes: el espacio de entrada del montacargas es el mismo de salida, lo que puede generar accidentes a la hora de su salida; las cargas manuales de material con el montacargas manual pueden ocasionar lesiones a los colaboradores.

También se detectaron operarios ociosos a la espera de material, esto causado por las luminarias en secado o por situaciones externas al taller.

Factor movimiento

Este factor es de los más importantes, ya que el material, el hombre y la maquinaria pasan en un constante movimiento con el fin de buscar la forma más óptima de trabajar en conjunto. Actualmente, este factor afecta de manera negativa la planta, pues la ausencia de flujo debido a la limitación en las vías para circular, generan un exceso de movimiento en el montacargas.

Factor edificio

El factor edificio es la columna vertebral de la planta, al ser el resguardo de la mayoría de los factores anteriormente mencionados. Actualmente, este factor se ve afectado de manera negativa

por la infraestructura antigua; además, en algunas zonas en malas condiciones, la poca planeación del edificio provoca una limitante en su uso.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del análisis ejecutado previamente.

Conclusiones

El análisis realizado mediante las herramientas aplicadas, permite determinar los factores críticos que afectan la actual distribución del Taller de Alumbrado. Con los datos obtenidos es posible priorizar necesidades en específico; por esta misma razón es necesario implementar mejoras en el diseño, de modo que aumenten la productividad de los procesos seleccionados.

Se determinó un costo por almacenamiento de ¢3497 por metro cúbico, mensualmente, además, se estableció que el espacio disponible para el almacenamiento de los materiales de los procesos de reparación y desecho es de 34 m³, teniendo en cuenta que estos procesos necesitan un espacio de 13m³ y 26.2 m³ mensualmente. En estas áreas, al no contarse con suficiente espacio, se tiende a acumular luminarias en espacios no establecidos. Eso suele suceder con las luminarias de desecho, las cuales se acumulan fuera de la bodega correspondiente; estas zonas generan un costo de ¢304 239, mensualmente. De ser adaptadas para el almacenamiento, el costo por ello disminuiría de ¢3497 a ¢1866 por metro cubico, mensualmente. En estas condiciones, la planta produce 288 121 unidades con los cinco técnicos que laboran actualmente, no obstante, la distribución debe impactar en un aumento de estas unidades producidas para aumentar la productividad del taller; la reducción de cuellos de botella en los procesos de reparación y desecho son necesarios para aumentar dicha producción.

Tras la aplicación de las herramientas de carácter ingenieril se determina que la problemática se influencia, en gran medida, por la infraestructura actual de la planta: el no contar con el espacio suficiente para almacenar las luminarias se refleja en la acumulación de estas en zonas no adaptadas, el espacio limitado para el paso del montacargas se traduce en un desplazamiento más extenso de este, la poca movilidad dentro del taller provoca retrasos en los procesos y sobreesfuerzos en los operarios. Tras realizar un estudio de tiempos, fue posible determinar los procesos que generan la mayor parte de retrasos en la planta; estos son los procesos de desecho y reparación, los cuales se ven afectados, en gran medida, por la infraestructura actual del taller.

La propuesta debe centralizarse en aumentar el espacio disponible en las bodegas para evitar la aglomeración de luminarias en zonas indeseadas, además, al realizar la redistribución se deben

tomar en cuenta los desplazamientos de los materiales y las áreas que deben incorporarse; por ejemplo: un área de secado automatizado que reduzca los tiempos de esta actividad, con el fin de mejorar la productividad actual del taller.

Es necesario establecer indicadores de desempeño para dar seguimiento a la aplicación del proyecto; estos deben ir relacionados con la herramienta *Dashboard*, para llevar un control sistemático de la propuesta planteada.

Recomendaciones

El presente apartado tiene como fin mostrar las acciones correctivas para mejorar la actual distribución de planta del Taller de Alumbrado, para impactar la productividad actual de la empresa.

Es necesario establecer cambios en la distribución de la planta actual, así como implementar áreas necesarias para mejorar los tiempos entre actividades. Esto implica la ampliación de las bodegas existentes, el aprovechamiento de áreas sin uso, así como la instalación de la infraestructura necesaria para agilizar el proceso de secado de luminarias.

La distribución propuesta debe ser por proceso, con el fin de reducir los traslados de luminarias, la implantación de un área de lavado y secado para agilizar los tiempos, así como el traslado o adaptación de un banco de trabajo para el desensamble de luminarias.

Debido al aumento en la propuesta de unidades producidas, es necesario tomar en consideración la ampliación de la zona de bodegas, para satisfacer las necesidades de la producción, además, estas deben estar enfocadas al flujo productivo para evitar recorridos innecesarios.

El factor de seguridad debe ser primordial en la planta; por tanto, con la nueva distribución es necesario realizar la demarcación de las áreas de trabajo, la colocación de barandas, espejos y/o alarmas que den advertencia a los operarios del paso del montacargas. Además de esto, se deben tomar en consideración los riesgos biológicos que implican las luminarias provenientes de las calles, las cuales son destinadas a desecharse o repararse; por ello, es necesario mantener estas zonas alejadas de áreas comunes y las luminarias de desecho deberán almacenarse en la zona norte del taller, al igual que la zona de lavado.

Debe contemplarse una mejora en la ventilación del taller, así como en la iluminación de este. Todas las actividades que generen polvo o materiales secos que se desprendan de las superficies al contacto con el aire deben realizarse en zonas ventiladas alejadas del taller.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

En este apartado, se presentarán tres posibles distribuciones de planta según la metodología SLP o modelo de planeación sistemática. Estas enfocarán la solución de las problemáticas anteriormente descritas, con el fin de aumentar la productividad del taller.

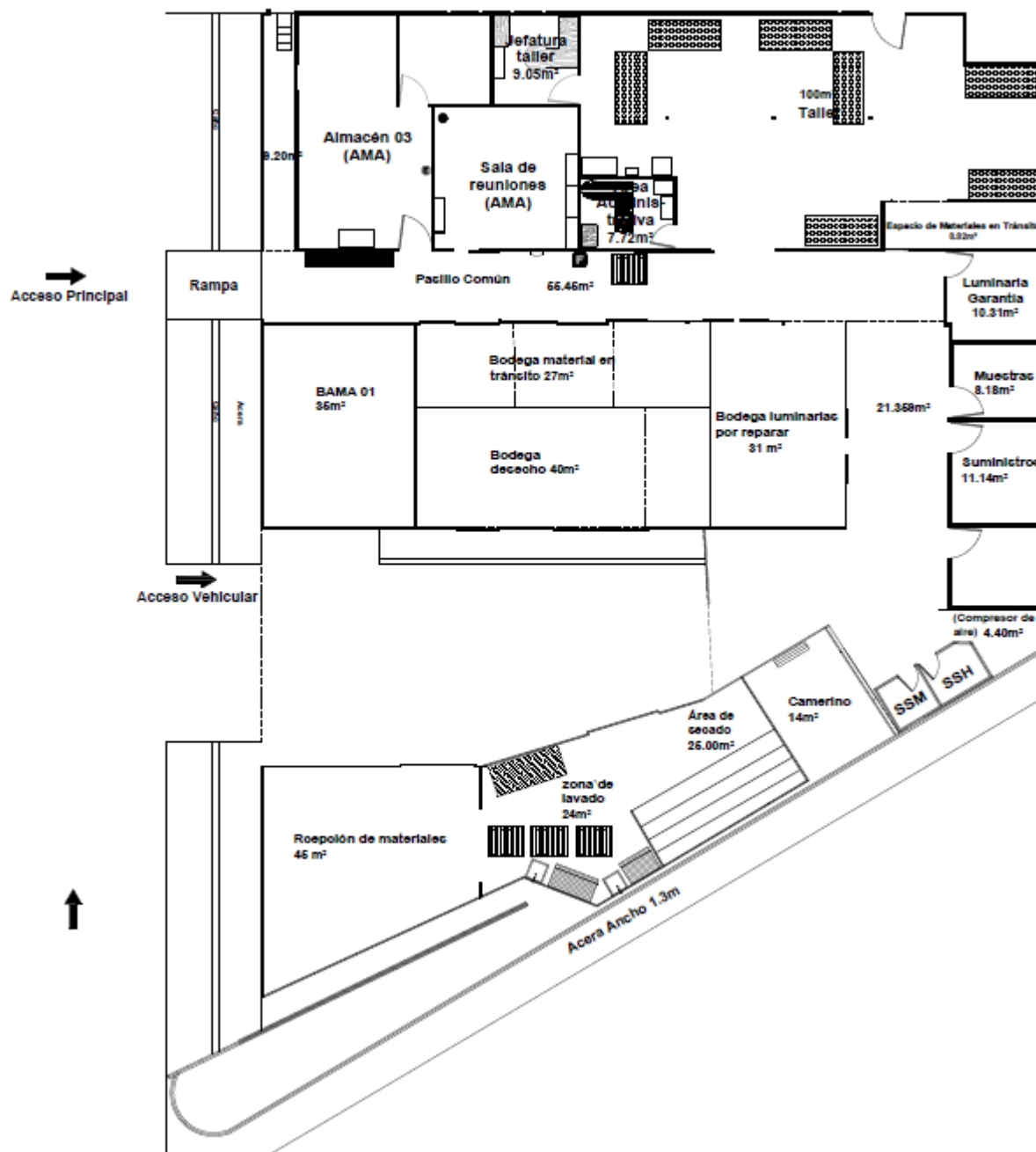
Propuesta A

La propuesta A consiste en una distribución por proceso. La introducción de una bodega de material en tránsito o de ingreso de materiales genera un punto de control para la trazabilidad de las luminarias cuando estas son recibidas en el área de mantenimiento y trasladadas al Taller de Alumbrado, pues anteriormente se apilaban en el acceso del taller. Se contempla la ampliación del espacio de almacenamiento, con el fin de solventar las problemáticas de luminarias en zonas no deseadas, así como solventar las necesidades de la producción y reducir el costo de almacenamiento. La eliminación del riesgo biológico que presenta el lavado y desecho de luminarias en zonas comunes fue atacado trasladando estas actividades a la nueva infraestructura propuesta en la zona norte del taller, así como el aumento del espacio dentro del taller, debido al traslado de los sanitarios a un área desaprovechada; esto, con el fin de aumentar el espacio para trasladar el banco de trabajo de metalmecánica dentro del taller.

Esta distribución tiene como fin aumentar la cantidad de luminarias producidas, así como disminuir los recorridos de material dentro de la planta, generar un flujo dentro de esta ampliando uno de los pasillos 30 centímetros para permitir la entrada y salida del montacargas, tanto por el pasillo común como por la zona de ingreso de materiales.

A continuación, en la Figura 39 se encuentra la distribución propuesta.

Figura 39 Propuesta A

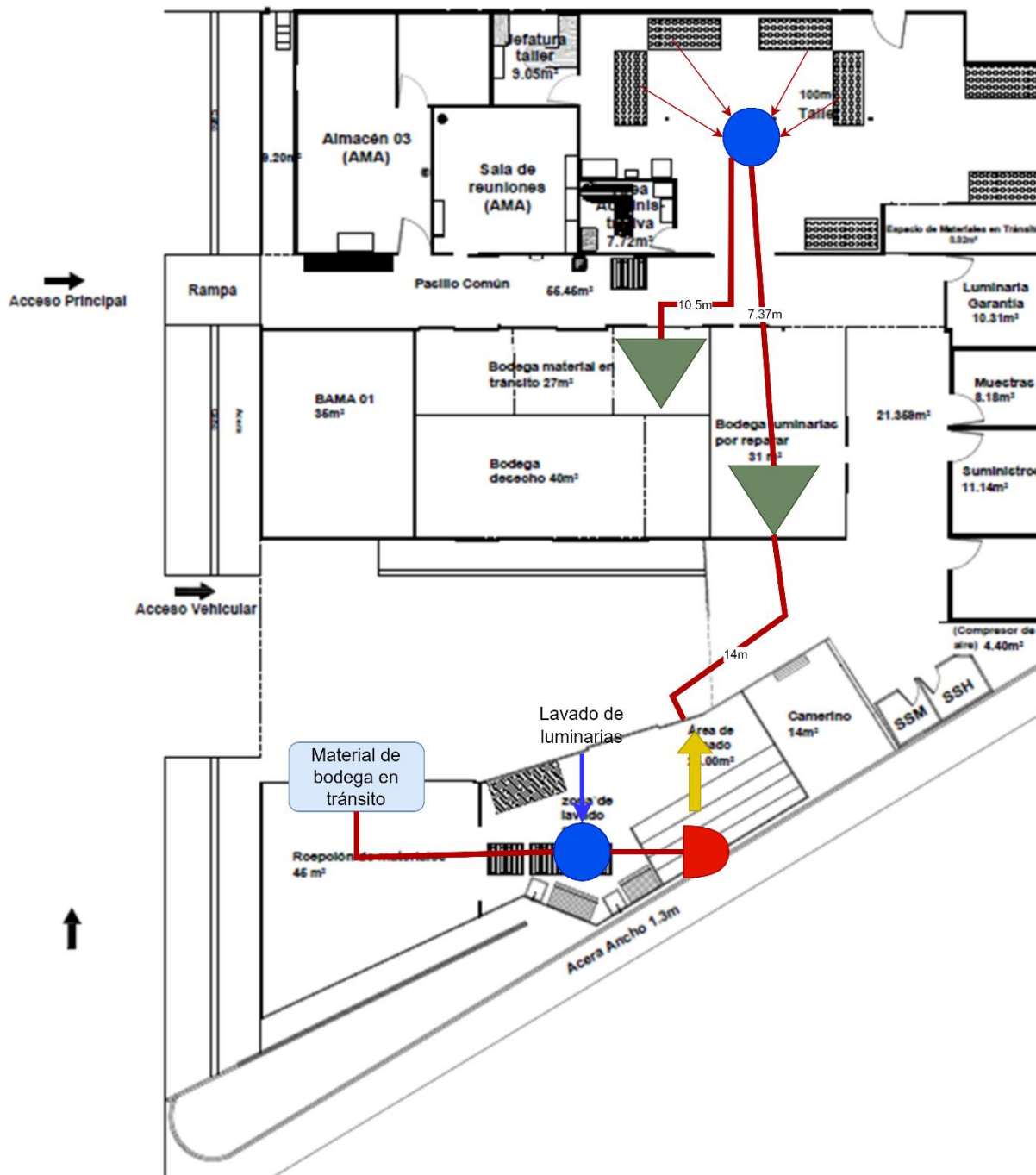


Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Diagrama de recorridos propuesta A

En la Figura 40 se encuentra el diagrama de recorridos de la propuesta, como una manera clara de visualizar el desplazamiento de los materiales. A partir de allí, se realizaron mediciones que arrojaron como resultado un desplazamiento de 31.87m.

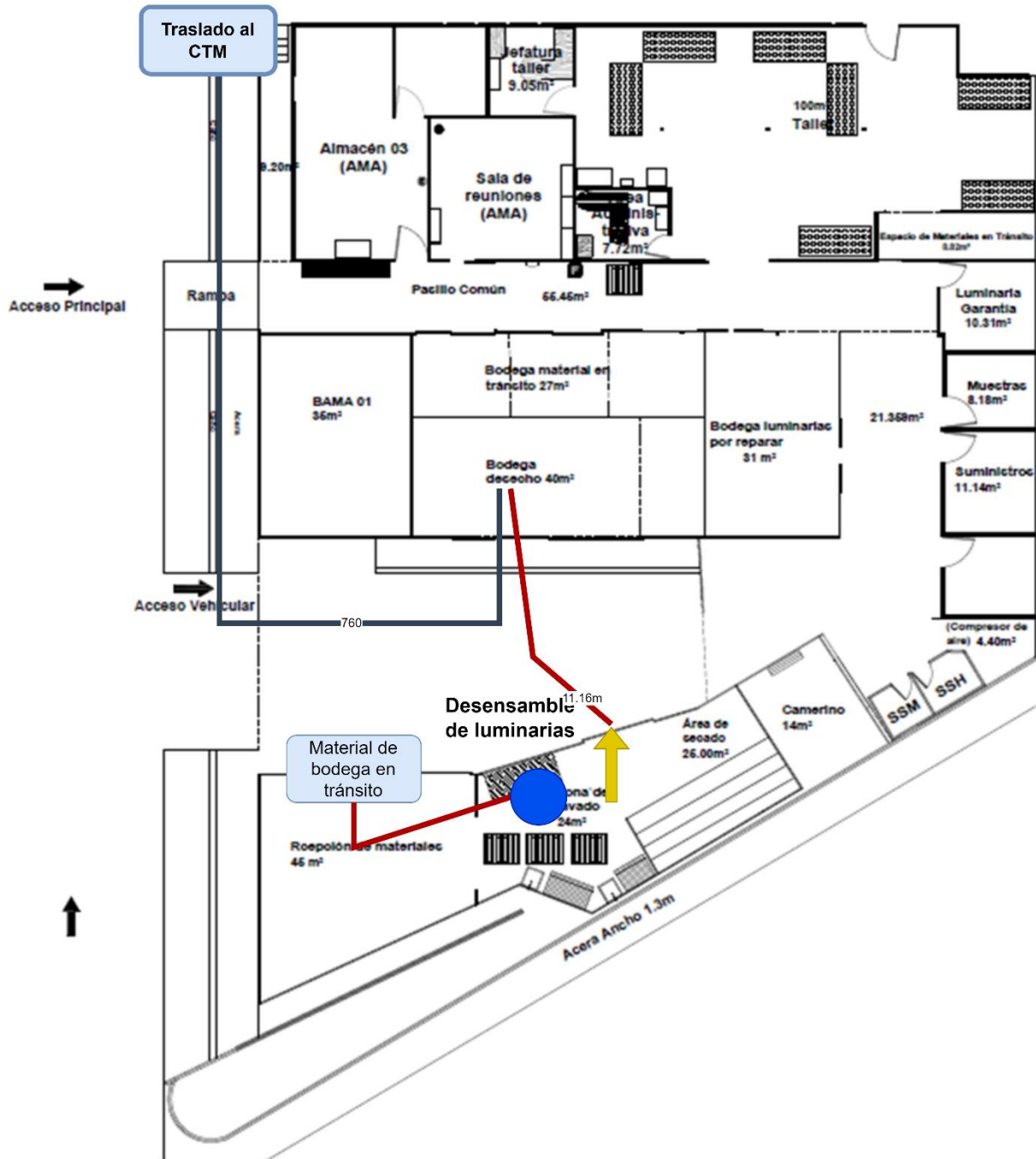
Figura 40 Diagrama de recorridos proceso reparación



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Figura 41, se encuentra el recorrido de los materiales del proceso de desecho, el cual constituye aproximadamente 771.16m.

Figura 41 Diagrama de recorridos proceso de desecho



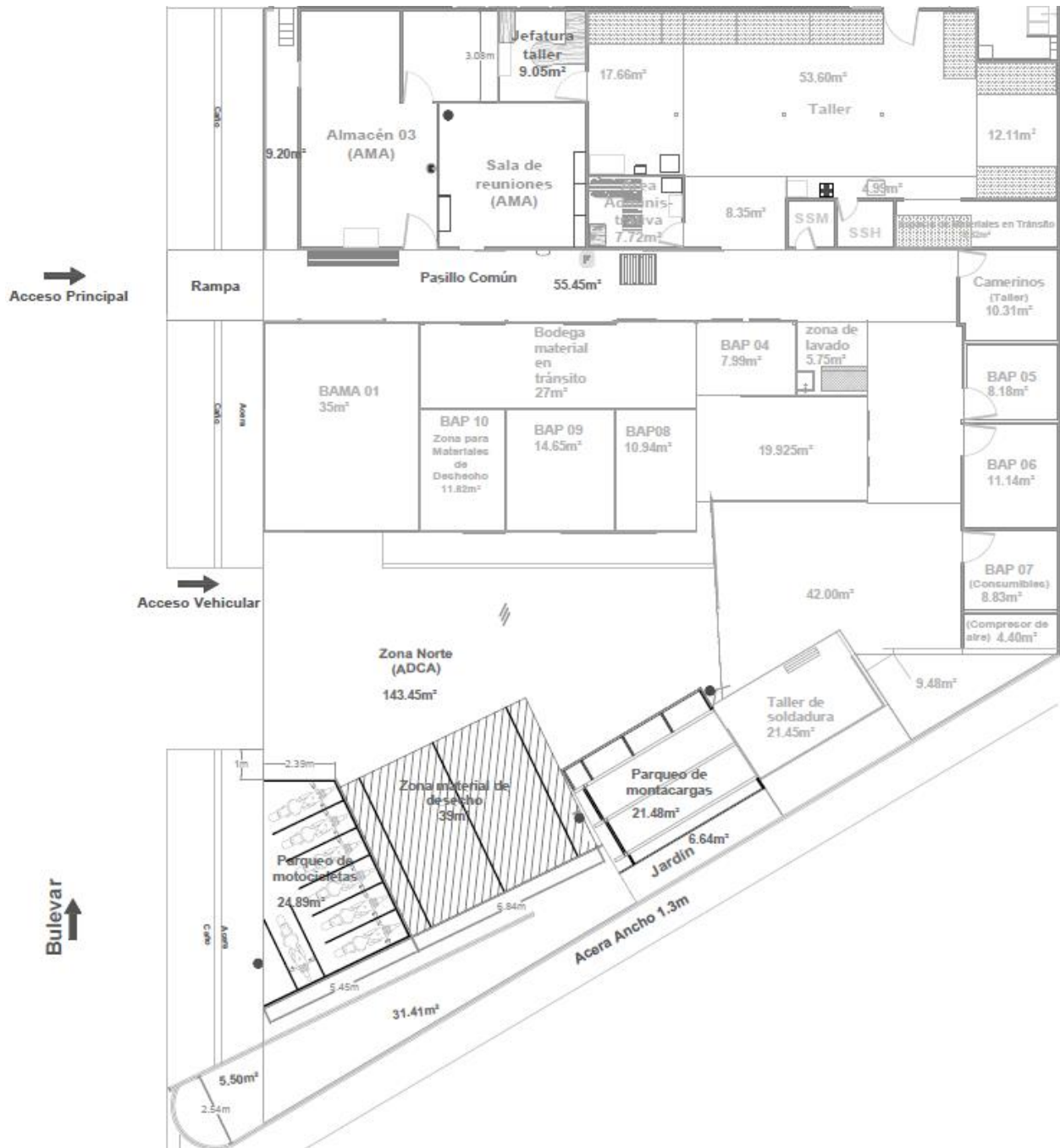
Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Propuesta B

En la propuesta B únicamente se establece el flujo para el paso del montacargas por el pasadizo hacia la zona norte, lo cual se torna muy limitado debido al espacio; además, se adapta la zona

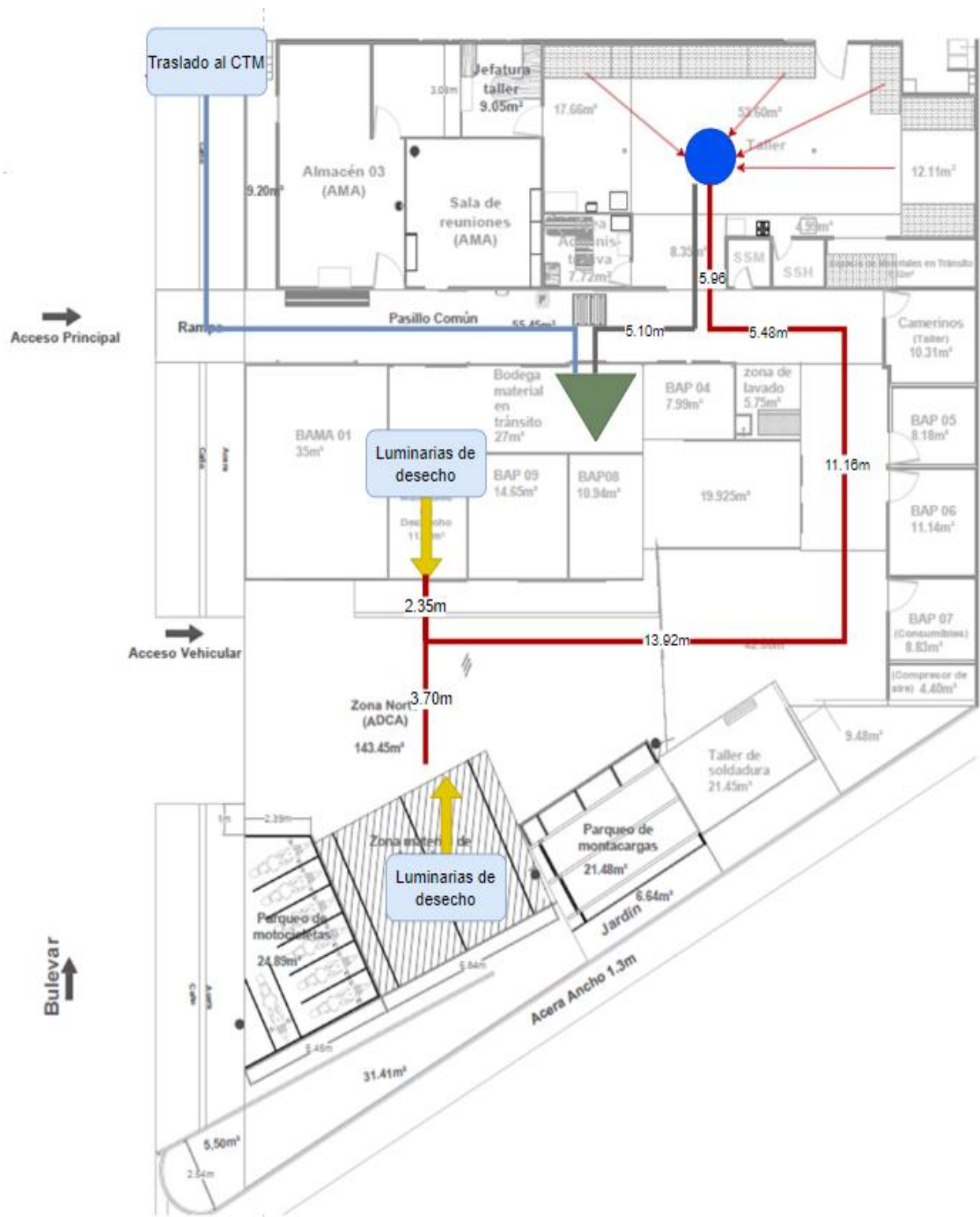
donde anteriormente se acumulaban las luminarias de desecho, con el fin de evitar que estas se encuentren a la intemperie. También se trasladan las bodegas de mantenimiento a la antigua zona del jardín, para construir una bodega de producto final. En la Figura 42 se encuentra la distribución de la Propuesta B.

Figura 42 Propuesta B



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Figura 44 Diagrama de recorridos proceso de desecho

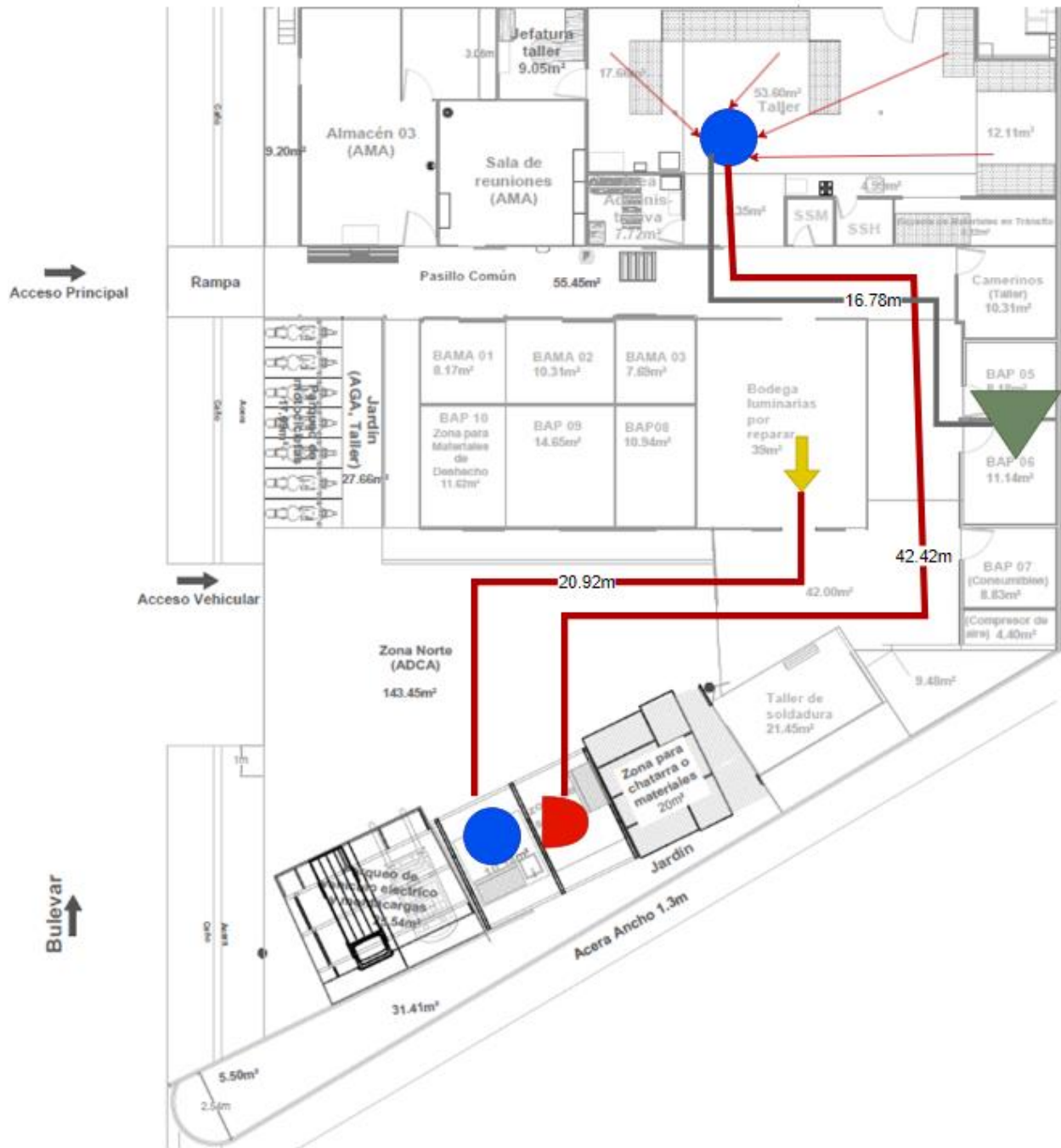


Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Diagrama de recorridos propuesta C

En la Figura 46 se muestra el desplazamiento del proceso de reparación de la propuesta C. Este desplazamiento de materiales consta de 80.12m.

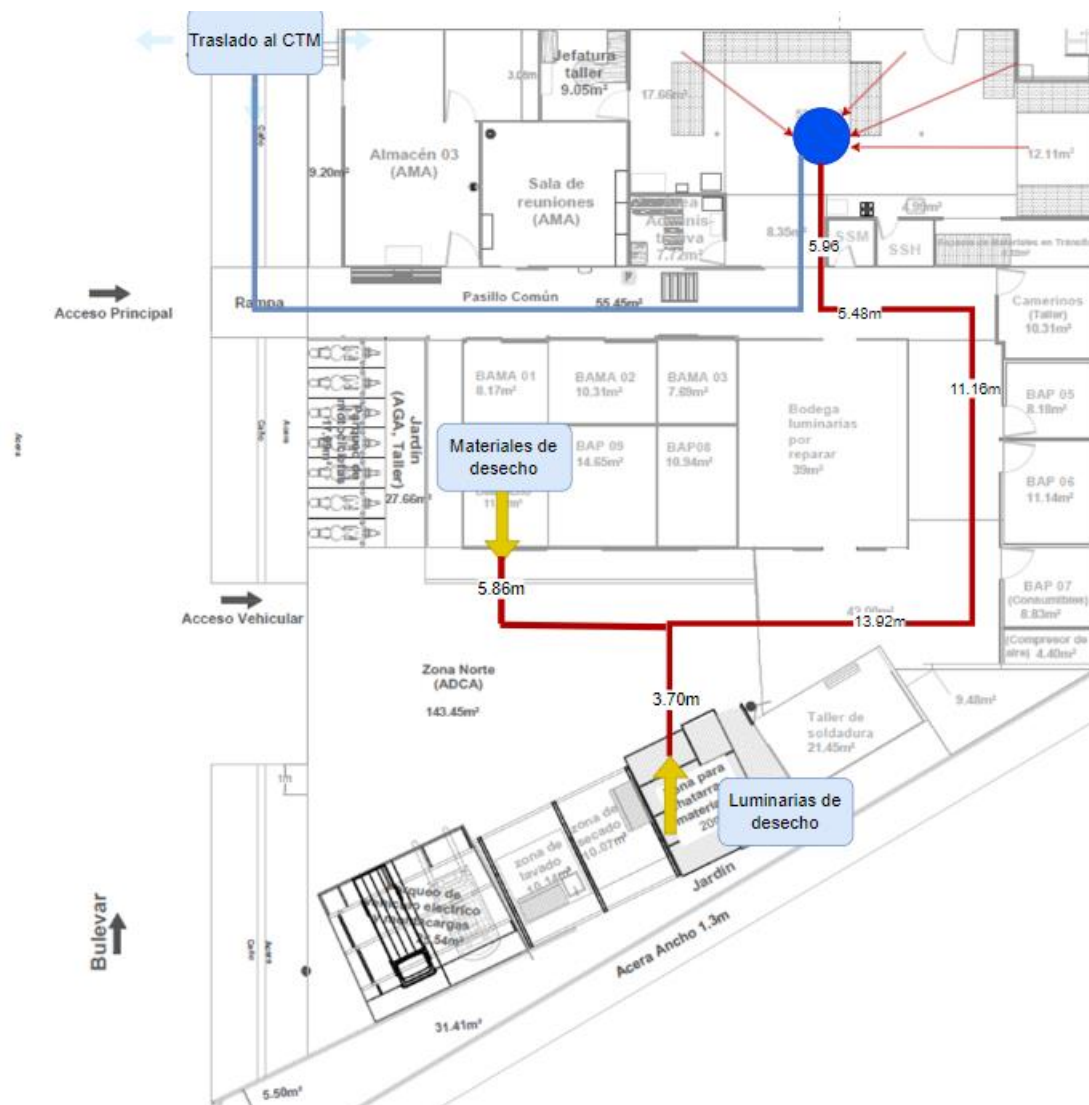
Figura 46 Diagrama de recorrido proceso reparación



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Figura 47 se muestra el diagrama de recorrido para el proceso de desecho de la Propuesta C. Es un desplazamiento de 800m aproximadamente.

Figura 47 Diagrama de recorridos proceso de desecho



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Análisis de la propuesta

El análisis de las propuestas está basado en la reducción de tiempos y recorridos, por tanto, la propuesta que mejor se adapta a estas dos características es la A, pues presenta un mejor rendimiento en los desplazamientos y genera un aumento de la producción significativa en los procesos de desecho y reparación, dada la disminución de recorridos y el acondicionamiento de un cuarto de ventilación cruzada que agilice la actividad de secado.

Matriz de priorización

Teniendo en cuenta el recorrido de los materiales, se procede a realizar una matriz de comparación para valorar los recorridos de las propuestas, así como el aumento de espacio y costo de la inversión que estas representan. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentran los recorridos de las propuestas. La propuesta A logra mejores resultados, pues constituye la opción más eficiente para la distribución de planta del Taller de Alumbrado.

Tabla 23 recorrido de materiales propuesto

Propuesta A		Propuesta B		Propuesta C	
Proceso:	Desplazamiento en metros	Proceso:	Desplazamiento en metros	Proceso:	Desplazamiento en metros
Proceso reparación	31,7	Proceso reparación	35,46	Proceso reparación	80,12
Proceso desecho	771,16	Proceso desecho	801,67	Proceso desecho	800

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Para valorar el aumento de espacio de las propuestas, se realizó la Tabla 24 para determinar la propuesta que mayor incremento del espacio actual represente, siendo la propuesta A la que mejor se adapta a este criterio.

Tabla 24 Incremento de espacio

Zona	Propuesta A	Propuesta B	Propuesta C
Taller	100m ²	96,71m ²	96,71m ²
Bodegas	190m ²	168m ²	133m ²
Zona de lavado	24m ²	5,75m ²	10,14m ²
Zona de secado	26m ²	N/A	10m ²

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Teniendo estos valores se procede a tabular el costo de inversión de cada propuesta planteada en la Tabla 25, siendo la propuesta C la de menor inversión.

Tabla 25 Costo de inversión de las propuestas

Zona	Propuesta A	Propuesta B	Propuesta C
Costo de la inversión	₺ 13 502 541	₺ 6 049 636	₺ 4 389 636

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Una vez establecidos los criterios de Aumento de espacio de almacenamiento, reducción del desplazamiento de materiales y menor costo de inversión se procede a ponderar estos según su nivel de prioridad teniendo como resultado un valor de 30,30 y 40 respectivamente. En la Tabla 26 se encuentra la matriz de priorización con los criterios anteriormente descritos, esta tabla describe por medio de ponderaciones la propuesta que mejor se adapta a las necesidades de la empresa, siendo la propuesta A la que mayor incremento de espacio de bodegas, menor recorrido de materiales representa. El costo de inversión es mayor, sin embargo al presentar mejor rendimiento en términos de espacios y recorridos se puede concluir que es la que mejor impacta en cuestiones de las problemáticas anteriormente mencionadas, así como la que mejor productividad representa.

Tabla 26 Matriz de priorización

Matriz de priorización				
Criterios	Aumento de espacio de almacenamiento P(30)	Menor desplazamiento de los materiales P(30)	Menor costo de la inversión P(40)	Total
Propuestas				
Propuesta A	30	30	15	75
Propuesta B	20	25	25	70
Propuesta C	15	5	40	60

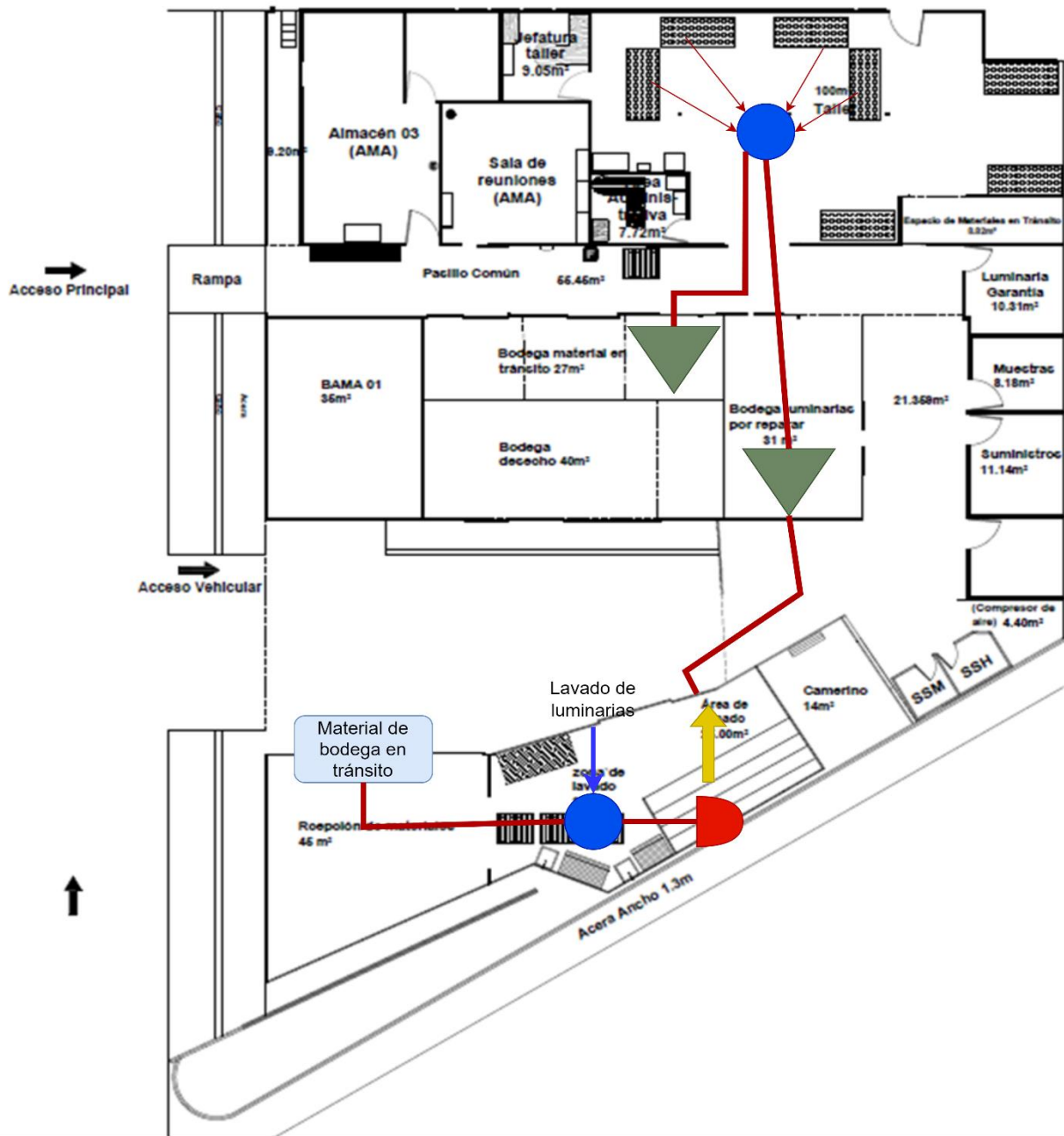
Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Diagrama de recorrido proceso de reparación propuesto

Para el proceso de reparación propuesto se establecen varios cambios. Al existir una bodega de recepción de materiales recibidos por el área de mantenimiento, estos deberán almacenarse allí para su posterior uso. El proceso iniciará con el lavado de luminarias y su posterior secado; tales actividades cuentan con un cambio significativo, pues se instalan dos piletas para el lavado, con el fin de maximizar la cantidad de unidades lavadas y se incorpora una habitación de ventilación

cruzada para las luminarias lavadas, con el fin de reducir significativamente el tiempo de secado. Se realizaron pruebas de campo con ventilación de un abanico de 30W de potencia y 12 pulgadas de diámetro, cuyo resultado fue una disminución de 15 minutos, es decir, de 45 minutos, que era el tiempo habitual establecido, pasó a 30 minutos. En este cuarto, las luminarias se colocarían en un tendido metálico, con cuatro ventiladores que reducirán el tiempo de esta actividad; además de lo anteriormente mencionado, se reduce el recorrido de materiales significativamente entre las actividades de lavado y secado; ahora el único recorrido lo constituye el almacenamiento de las luminarias ya lavadas para su posterior reparación en el taller. En la Figura 48 se logran visualizar los recorridos de los materiales a través del proceso. La ampliación de la bodega de luminarias por reparar tiene como fin permitir un mayor almacenamiento de estas. Entre los cambios propuestos está lavar las luminarias antes de almacenarlas y no en el momento de ser reparadas, además de la incorporación de una bodega de producto terminado a la espera de ser despachado. Entre las mejoras que existen en el diagrama propuesto, está la reducción del recorrido de materiales entre la zona de recepción de material, zona de lavado y zona de secado, además de evitar el riesgo biológico del área de lavado; también existe una mejora al establecer un área de secado, quitando así las luminarias del pasillo común, además de mejorar el tiempo de secado.

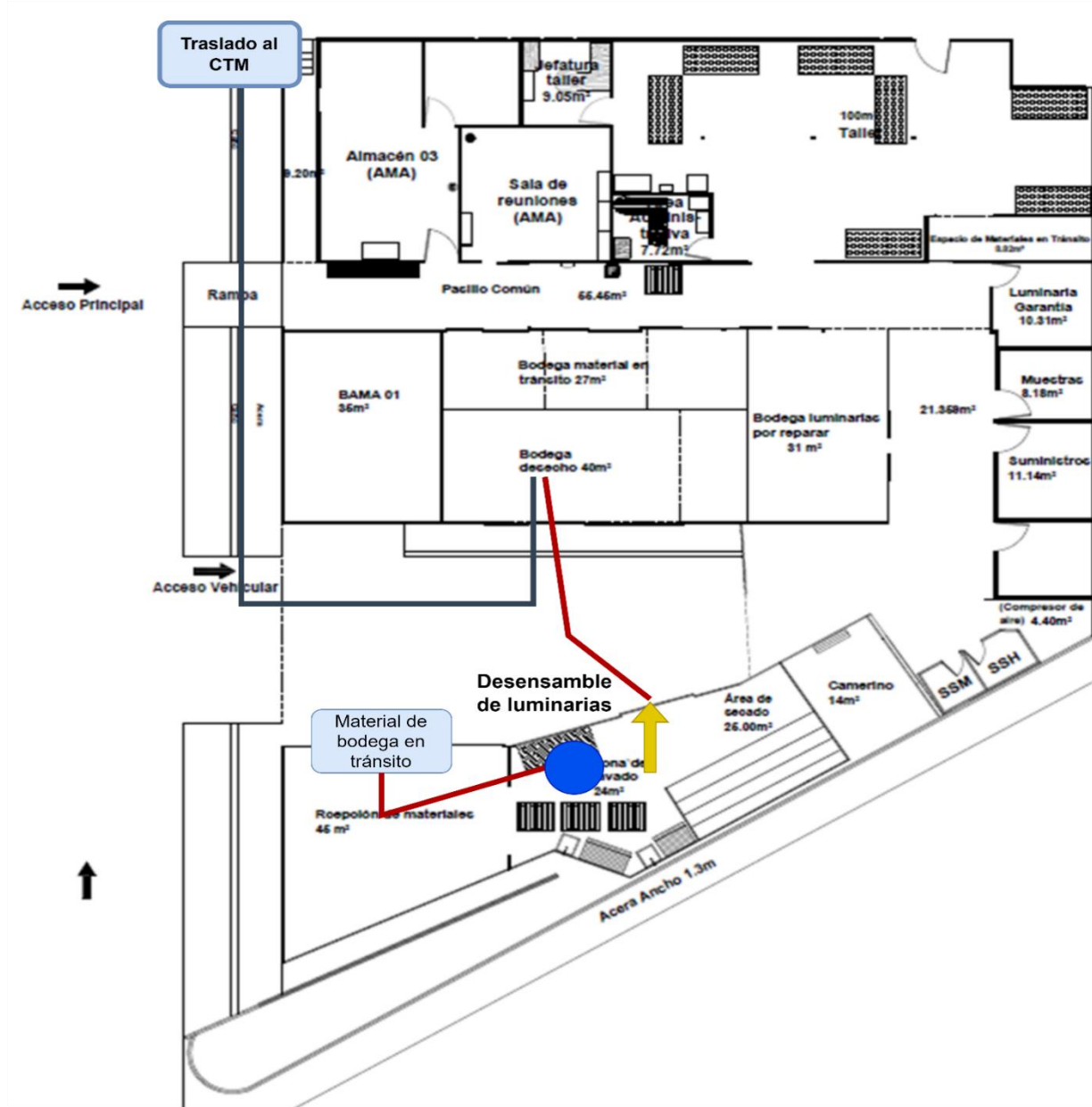
Figura 48 Diagrama de recorrido proceso de reparación propuesta A



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

A continuación, en la Figura 49 se identifican los recorridos del proceso de desecho de la propuesta A, los cuales mejoran significativamente las distancias recorridas. En este diagrama es posible apreciar que el desensamble en esta propuesta será realizado en las nuevas instalaciones; esta nueva distribución fue planeada para el almacenamiento de luminarias desensambladas en sus respectivas cajas de transporte.

Figura 49 Diagrama de recorridos proceso de desecho propuesta A



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Cursograma analítico propuesta A

Al implementarse cambios en los procesos es necesario registrarlos, con el fin de mantener al personal informado. Para eso, se realizará un cursograma analítico, con el fin de observar los cambios propuestos. En la Figura 50 se encuentra el cursograma analítico propuesto. En este se logran identificar mejoras en la distancia recorrida y se pasa de 45.76m a una distancia de 31.87m, lo que reduce los tiempos del proceso en un 51%.

Figura 50 Cursograma analítico proceso de reparación propuesta A

Cursograma analítico propuesta A						
Diagrama Num:	Hoja Núm de	Resumen				
Objeto: Luminarias reparadas.		Actividad		Actual	Propuesta	
Actividad:		Operación	●	2		
Método: Actual/Propuesto		Transporte	➔	0		
Lugar: Taller de alumbrado		Espera	●	1		
Operario (s): #1 #3 #4	Ficha núm: 1	Inspección	■	3		
		Almacenamiento	▼	1		
		Distancia (m)		45,26		
		Tiempo (min-hombre)		77,68		
Compuesto por: Keduin Esquivel Chinchilla.	Fecha: 20/12/2023	Costo		N/A	N/A	
Aprobado por: David Solano Mora.	Fecha: 5/01/2024	- Mano de obra				
		- Material				
		Total				
Descripción	Cantidad	Tiempo (segundos)	Distancia (metros)	Símbolo		Observaciones
Lavado	1	45,99	0	●		
Secado	1	900	0			
Traslado y almacenamiento en bodega luminarias por reparar	1	10,07	14			
Traslado a taller	1	8,21	7,37			
Reparación	1	852,39	0	●		
Almacenamiento	1	18,21	10,5			
Total	1	1834,87	31,87	2	0	1
				2	2	2

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

A continuación, en la Figura 51 se logran evidenciar mejoras en el proceso de desecho, puntualmente en el recorrido y en el tiempo. Se logra un 48% de mejora en los tiempos; en cuanto a los recorridos, estos pasaron de 804.54m a 771.16m.

Figura 51 Cursograma analítico proceso de desecho propuesta A

Cursograma analítico							
Diagrama Num:		Hoja Núm de		Resumen			
Objeto: Luminarias de desecho		Actividad		Actual	Propuesta	Economía	
Actividad:		Operación		2			
Método: Actual/Propuesto		Transporte		0			
Lugar: Taller de alumbrado		Espera		0			
Operario (s): #1 #3 #4		Inspección		3			
Fecha: 20/12/2023		Almacenamiento		0			
Fecha: 5/01/2024		Distancia (m)		802,5			
Compuesto por: Keduin Esquivel Chinchilla.		Tiempo (min-hombre)		10,1			
Aprobado por: David Solano Mora.		Costo					
		- Mano de obra					
		- Material		N/A	N/A	N/A	
		Total					
Descripción		Cantidad	Tiempo (segundos)	Distancia (metros)	Símbolo		Observaciones
Desensamble		1	131,4	0	●	■	
Transporte y almacenamiento en bodega desecho		1	31	11,16	●	■	
Traslado al CTM		1	159	760	●	■	
Total		1	321,4	771,16	1	0	0
					2	1	

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Análisis de capacidad proceso de reparación propuesta A

Para evidenciar el aumento de capacidad del proceso de reparación es necesario comprender que almacenar las luminarias ya lavadas beneficia la actividad de reparación, debido a que se puede incrementar la cantidad de operarios en esta actividad, pues no se trabajarán simultáneamente todas las actividades. De esta forma, cuando se solicite un pedido de luminarias reparadas, se puede hacer uso de cuatro técnicos para repararlas y un técnico para el traslado y almacenamiento de estas. En las Tabla 27 y Tabla 28; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentran los análisis de capacidad del proceso de reparación y desecho. El proceso de reparación presenta un aumento de su capacidad del 49% diario y el proceso de desecho presenta un aumento de capacidad de 25%.

Tabla 27 Análisis de capacidad proceso de reparación propuesto

Capacidad proceso de reparación	Utilización	T. Estándar (Segundos)	Cantidad de operarios	Output	Horas disponibles	Output diario	Horas disponibles	Output semanal	Semanas disponibles	Output mensual
Lavado	3%	45,99	2	157	8,6	1346	43,0	57894	4,0	231577
Secado	49%	900	0	157	8,6	1350	43,0	58059	4,0	232234
Traslado y almacenamiento bodega luminarias por reparar	1%	10,07	1	157	8,6	1350	43,0	58059	4,0	232234
Traslado a taller	0%	8,21	1	438	8,6	3771	43,0	162153	4,0	648614
Reparación	46%	852,39	4	17	8,6	145	43,0	6247	4,0	24989
Almacenamiento	1%	18,21	1	198	8,6	1700	43,0	73107	5,0	365535
Total	100%	1834,87								

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Tabla 28 Análisis de capacidad proceso de desecho propuesto

Capacidad proceso de desecho	Utilización	T. Estándar (Segundos)	Cantidad de operarios	Output	Horas disponibles productivas (diarias)	Output diario	Horas disponibles productivas (semana)	Output semanal	Semanas disponibles al mes	Output mensual
Desensamble	41%	131,4	4	27	8,6	942	43	40526	4	162104
Transporte y almacenamiento en bodega desecho	10%	31	1	116	8,6	999	43	42945	4	171778
Traslado al CTM	49%	159	1	23	8,6	195	43	8373	4	33491
Total	100%	321,4								

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Con los cálculos realizados es posible determinar la productividad diaria del taller en relación con estos procesos. A continuación, en la Figura 52 se encuentra el cálculo de la productividad si se llevara a cabo el proyecto. Este constituye un incremento en la productividad de los procesos de reparación y desecho de 81 y 235 unidades respectivamente.

Figura 52 Productividad propuesta

$$\text{Productividad reparación: } \frac{145 \text{ unidades}}{5 \text{ técnicos}}$$

$$\text{Productividad desecho } \frac{942}{5 \text{ técnicos}}$$

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Análisis Económico

Los costos para poner en marcha el proyecto en la propuesta A, incluyen el costo del acondicionamiento del espacio, además de los costos de movilización del material en bodega; esto

con el fin de coordinar la construcción, demolición y traslado de equipos, de manera que el impacto en la producción no sea tan significativo. A continuación, en la **Tabla 29** se encuentra el porcentaje obligatorio de pagar por parte del patrón.

Tabla 29 Desglose patronal

Rubro	Monto
Preaviso	4,17%
Cuotas patronales	26,33%
Provisión de Aguinaldo	8,30%
Provisión del INS	3,02%
Provisión de vacaciones	3,83%
Provisión de cesantía	5,33%
Total	51,01%

Nota: Caja Costarricense del Seguro Social

En las tablas Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34 se encuentra el desglose de los salarios con sus debidas cargas sociales; estos fueron calculados con base en 10 horas, lo cual sería el tiempo estimado para trasladar los materiales de bodega, para que sean remodeladas y para el traslado de la indumentaria del taller de soldadura al interior del taller. Esto es desglosado de la siguiente manera: BAP08 1 hora, BAP09 1 hora, BAP10 1 hora, bodega luminarias por reparar 3 horas y traslado de indumentaria taller de soldadura al taller principal, 4 horas.

Tabla 30 Salario Coordinador técnico

Coordinador técnico	Aporte patronal	Monto
Preaviso	4,17%	₡ 941,17
Cuotas patronales	26,33%	₡ 5 942,68
Provisión de aguinaldo	8,30%	₡ 1 873,31
Provisión del INS	3,02%	₡ 681,61
Provisión de vacaciones	3,83%	₡ 864,43
Provisión de cesantía	5,33%	₡ 1 202,98
Salario (10 horas)		₡ 40 010
Costo total		₡ 51 516

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Tabla 31 Salario operario 1

Operario 1	Aporte patronal	Monto
Preaviso	4,17%	₡ 941,17
Cuotas patronales	26,33%	₡ 5 942,68
Provisión de aguinaldo	8,30%	₡ 1 873,31
Provisión del INS	3,02%	₡ 681,61
Provisión de vacaciones	3,83%	₡ 864,43
Provisión de cesantía	5,33%	₡ 1 202,98
Salario (10 horas)	₡	22 570
Costo total	₡	34 076

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Tabla 32 Salario operario 2

Operario 2	Aporte patronal	Monto
Preaviso	4,17%	₡ 941,17
Cuotas patronales	26,33%	₡ 5 942,68
Provisión de aguinaldo	8,30%	₡ 1 873,31
Provisión del INS	3,02%	₡ 681,61
Provisión de vacaciones	3,83%	₡ 864,43
Provisión de cesantía	5,33%	₡ 1 202,98
Salario (10 horas)	₡	28 050
Costo total	₡	39 556

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Tabla 33 Salario operario 3

Operario 3	Aporte patronal	Monto
Preaviso	4,17%	₡ 941,17
Cuotas patronales	26,33%	₡ 5 942,68
Provisión de aguinaldo	8,30%	₡ 1 873,31
Provisión del INS	3,02%	₡ 681,61
Provisión de vacaciones	3,83%	₡ 864,43
Provisión de cesantía	5,33%	₡ 1 202,98
Salario (10 horas)	₡	30 170
Costo total	₡	41 676

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Tabla 34 Salario operario 4

Operario 4	Aporte patronal	Monto
Preaviso	4,17%	₡ 941,17
Cuotas patronales	26,33%	₡ 5 942,68
Provisión de aguinaldo	8,30%	₡ 1 873,31
Provisión del INS	3,02%	₡ 681,61
Provisión de vacaciones	3,83%	₡ 864,43
Provisión de cesantía	5,33%	₡ 1 202,98
Salario (10 horas)	₡	33 210
Costo total	₡	44 716

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Tabla 35 se muestran los costos totales de los operarios que intervendrían o interactúan en la implementación de la propuesta, además, los costos de subcontratar una empresa que realice la construcción de los agregados.

Tabla 35 Costo de la inversión

Costo total de inversión	
Costo por mano de obra del taller (10 horas)	₡ 211 541
Instalación eléctrica	₡ 962 000
Demolición y limpieza de escombros	₡ 3 100 000
Construcción de obra gris y acabados en pintura	₡ 6 786 000
Instalación de portones y agregados	₡ 1 200 000
Compra de ventiladores industriales	₡ 1 243 000
Total	₡ 13 502 541

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

En la Tabla 36 se encuentra el análisis del beneficio obtenido por cada una de las mejoras realizadas. El aumento del espacio en bodegas y la redistribución de estas genera una mayor capacidad de almacenamiento, además de un menor costo de almacenamiento.

Tabla 36 Análisis costo-beneficio

Descripción	Situación actual	Propuesta	Observaciones	Beneficios
Aumento espacio bodega desecho	11,62m ²	40m ²	Aumentando el área de la bodega de desecho se evitará la acumulación de este material en zonas indeseadas, además de que el almacenaje de este material se realizará en sus respectivas cajas de transporte.	Aumento de 28,38m ² para almacenamiento
Aumento espacio bodega luminarias por reparar y reducción de 30cm para liberar espacio en el pasillo hacia zona norte	19,925m ²	31m ²	Este aumento del tamaño de la bodega provoca un aumento del espacio de almacenamiento, con este espacio se supliran las necesidades de almacenamiento de la producción	Aumento de 11m ² para almacenamiento
Bodega de material en tránsito	7,99m ²	27m ²	La incorporación de una bodega de material en tránsito permitira almacenar producto terminado a la espera de ser despachado. Es decir no se acumulará en los pasillos ni dentro del taller.	Aumento de 19,01m ² para almacenamiento
Bodega recepción de materiales	N/A	45m ²	Esta bodega trae consigo beneficios para el taller de alumbrado y para la unidad de mantenimiento, dado que crea un punto de control para el ingreso de materiales que recibe el área de mantenimiento la cual traslada estos al taller, evitando así la acumulación de materiales en el acceso principal del taller	Punto de control y utilización para material en espera de ser procesado
BAMA01	26,17m ²	35m ²	El traslado de las bodegas BAMA01, BAMA02, BAMA03 al espacio del Jardín es una opción más aprovechable para el área de mantenimiento y para las funciones cotidianas del taller dado que el aprovechamiento de este espacio para el taller genera un aumento del espacio en bodega	Brinda la opción de realizar una bodega de producto terminado
Construcción zona de lavado y desensamble	5,75m ²	24m ²	Al ampliar la zona de lavado esta ahora permite que dos colaboradores trabajen al mismo tiempo en el lavado de luminarias. La adaptación de una mesa de trabajo para el desensamble de luminarias en esta zona trae consigo la oportunidad de acortar el desplazamiento del material.	Reducción de recorridos de material y tiempos
Construcción zona de secado	N/A	25m ²	La construcción de esta área permitirá reducir el tiempo de secado de luminarias por reparar por medio de la compra de ventiladores industriales.	Reducción del tiempo de secado de 45 minutos a 15 minutos
Traslado de baños	8,44m ²	7,25m ²	Al desplazar los servicios sanitarios a una zona desaprovechada se maximiza el espacio en el taller, con esta mejora se puede trasladar el banco de trabajo de metalmecánica o soldadura al interior del taller	Supervisión de luminarias en garantía
Traslado camerino	10,31m ²	14m ²	Este cambio va enfocado a mejora el espacio de camerinos para comodidad de los colaboradores, además es un cambio estratégico dado que la zona anteriormente utilizada se hara uso para resguardar las luminarias en garantía dado que estas tienen un valor muy alto de sus componentes	Traslado de taller de metalmecánica o soldadura al interior del taller

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

Beneficios económicos esperados

Aunado a los beneficios anteriormente descritos también se puede determinar un beneficio económico en torno al aumento de productividad del proceso de desecho siendo este un incremento de 235 unidades diarias estas luminarias al ser transferidas al Centro de Transferencia de Materiales

son vendidas en sus componentes. En la Tabla 37 se encuentran los pesos de las luminarias HC por tipo de material, con esto es posible determinar el valor unitario de una unidad desechada, si el valor de la chatarra sólida actualmente ronda los ¢170, del cobre ¢4800 y del aluminio ¢600, es posible estimar un valor aproximado por unidad de ¢20.000 aproximadamente.

Tabla 37 peso por tipo de metal

Luminarias HC	Cobre	Aluminio	Latón
Peso (kg)	3,85	2,33	1,22

Nota: Keduin Esquivel Chinchilla

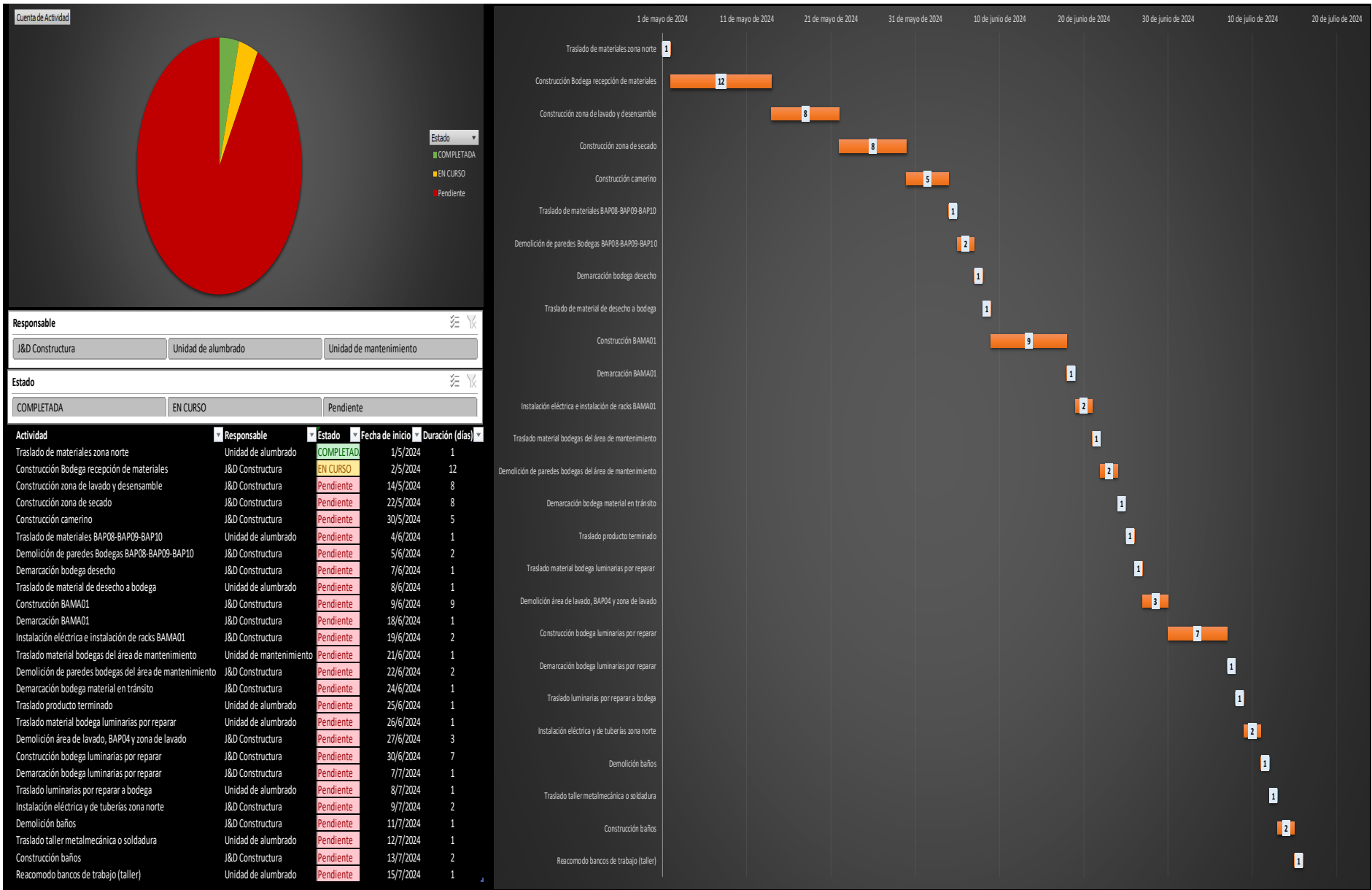
Tomando en cuenta la información anterior es posible determinar que el incremento de unidades desechadas se convierte en un ingreso para la empresa de ¢4 700 000 en caso de que exista una cantidad considerable de unidades por ser desechadas en bodega.

Plan de Implementación

Para el plan de implementación se desarrolla un *dashboard* con las actividades por realizar, el estado de estas (completado, en curso, pendiente) y la fecha de inicio y fin de la actividad. Se enfoca en monitorear la puesta en marcha del proyecto, con manejo de las actividades de manera porcentual, en un gráfico de pastel. En este dashboard también se incluyeron los responsables para la realización de las actividades, a saber: la unidad de alumbrado, la unidad de mantenimiento y la empresa subcontratada J&D Constructora. Esto, con el fin de visualizar, por medio de filtros, las tareas asignadas para cada uno de ellos y su estado en el gráfico; además, se desarrolló un diagrama de Gantt para observar, en tiempo real, el cumplimiento de las fechas destinadas.

En la Figura 53 se muestra la visualización del *dashboard* para la gestión del proyecto. Este tiene una duración aproximada de 76 días, tiene como fecha de inicio el primer día de mayo y culmina su última actividad el día 15 de julio. Las actividades que afectan la producción fueron distribuidas estratégicamente los sábados y domingos, con el fin de reducir el impacto en las labores diarias del taller.

Figura 53 Dashboard Gestión de proyecto



Nota: Keduin Esquivel Chinchilla.

APÉNDICES



Representaciones Transco S.A

Ced. Jurídica 3-101-152127
 Cel: 8871-2121 / 8840-2121 Of: 2297-7171
info@rt.cr
 Cuatro Reinas 200m Oeste de Metaken
 Tibás, San José Costa Rica

CLIENTE:
 CNFL

naranjo.18valeria@gmail.com

PROFORMA No. 6327

Fecha: 25/02/2024 7:45 pm
 Fecha Vencimiento: **ATENCIÓN A:**
 Valeria Naranjo Marin

No.	Producto	Cant	P/U	Total
1	 Ventilador Industrial RTFAN SL75TW Pared 30" Aspa -Certificados: CE,RoHs, Iso 9001 sku:2211	4	€275,000.00	€1,100,000.00
SubTotal:				€1,100,000.00
Descuento (0%):				€0.00
Impuestos (13%):				€143,000.00
TOTAL:				€1,243,000.00

Observaciones:

Para ver mas información del producto haga click aqui: [Ver Producto](#)

Para Dudas por Favor Comunicarse a los teléfonos: 8871-2121 / 8840-2121

Oferta Válida por 8 días

NOSOTROS VALORAMOS SU TIEMPO - ENTREGA INMEDIATA


Cuenta Corriente Banco Nacional: 100-01-000-168745-8

IBAN: CR21015100010011687453 a nombre de Representaciones Transco S.A cedula juridica 3-101-152127

Asesor de Ventas: Luis Diaz E

 (506) 8840-2121

 luis@rt.cr

 www.rt.cr


 Luis Diaz E.
 Asesor de ventas

Acceptamos Todas sus Tarjetas de Credito y Debito





J&D CONSTRUCTORA

Cliente	Keduin Esquivel Chinchilla	Proforma N°221	Fecha	8/2/2024
----------------	----------------------------	-----------------------	--------------	----------

Desglose	Cantidad	Precio	
Demolición y limpieza de escombros	1	₡ 3 100 000,00	
Construcción de obra gris y acabados en pintura	1	₡ 6 786 000,00	
Instalación de portones y agregados	1	₡ 1 200 000,00	
Instalación eléctrica	1	₡ 962 000,00	
			Subtotal ₡ 12 048 000,00
			Descuento (0%) ₡ -
			Impuestos (13%) ₡ 1 566 240,00
			TOTAL ₡ 13 614 240,00

Teléfono	+(506) 8614-0286
Correo:	JyD2015constructora@gmail.com

REFERENCIAS

- Álvarez, D., De Ávila, J., y Hurtado, J. (2022). Boletín de Innovación, Logística y Operaciones. *Aplicación de metodología SLP para redistribución de planta en micro empresa colombiana del sector marroquinero: Un estudio de caso*, 4(1), 1-10.
<https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/4288/4153>
- Baca, G. (2015). *Introducción a la Ingeniería Industrial* (segunda ed.). Grupo Editorial Patria.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/39448>
- Barojas, E., Osorio, C., Juaréz, V., Márquez, S., y Medina, J. (2019). Distribución de planta, análisis y diseño. *ACADEMIA JOURNALS*, 11(4), 1-19.
<https://www.uv.mx/orizaba/ingenieria/files/2020/06/1.-DISTRIBUCION-EN-PLANTA-COMPLETO.pdf>
- Bastidas, L., y Aguirre, L. (2020). *Diseño de herramienta para la estimación del tamaño de las instalaciones de la empresa Estructuras y Montajes Europa S.A.S [Tesis de grado, Instituto Colombiano de estudios superiores de Incolda, Colombia]*.
https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87528/1/TG02999.pdf
- Campos, J. (2020). *Propuesta de optimización de la distribución en planta, mediante la aplicación de la metodología planificación sistemática de diseño (SLP) en la empresa Tosthachul. [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ecuador]*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10311/2/04%20IND%20254%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Comunidad de Estados y Municipios. (2023). *Estados y Municipios*. Conceptos básicos de iluminación:
<https://sites.google.com/conuee.gob.mx/estados-y-municipios/ap/cb-ap>
- Córdova, Y., Martínez, J., y Córdova, E. (2021). Propuesta metodología para el diseño de dashboard. *Revista cubana de transformación digital*, 3(2), 56-76.
<https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/141/60>
- Galvanorte. (2023). *Galvanorte*. BRAZO DE ACERO GALVANIZADO PARA LUMINARIA MERNNR.
- Grupo Esignnova. (17 de Enero de 2017). *¿Cómo definir un indicador?* ISO Tools Excellence:
<https://www.isotools.us/2017/01/18/como-definir-un-indicador/>
- Guerrero, E. (2022). *Implementación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para realizar una propuesta de distribución de planta. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Perú]*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99817/Guerrero_SEJ-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Gutiérrez, J., Vallejo, Á., Toro, J., Pareja, J., Cardona, M., Posso, S., y Pulido, V. (2020). Distribución de plantas usando el método SLP: enseñada desde un juego serio. *Revista de Investigaciones*, 16(1), 165-179. <https://sievi.udi.edu.co/ojs/index.php/ID/article/view/275/347>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta ed.). Mc Graw Hill.

- Huerta, A. (2021). Reducción del manejo de materiales en línea en una ensambladora de autos mediante la aplicación de lean manufacturing. *Facultad de ingeniería y Arquitectura*, 40(40), 49-60.
https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/issue/view/347/61
- Lightroom.lighting. (2017). *Bulbo*. Lightroom.lighting: <https://lightroom.lighting/bulbo/>
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad: Métodos para la mejora continua y la solución de problemas* (primera ed.). FC Editorial.
<https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/114213>
- Martínez, E. (2020). *Estadística* (primera ed.). Ediciones UAPA.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/175596>
- Morales, J. (2020). *Gestión de inventarios: Principales modelos aplicados a casos prácticos* (primera ed.). Cátedra ingeniería. <https://es.scribd.com/document/497548880/Gestion-de-inventarios>
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (Método S.L.P)* (primera ed.). editores técnicos asociados, s.a.
file:///C:/Users/Keduin/Downloads/scribd.vpdfs.com_planificacion-y-proyeccion-de-la-empresa-industrial-richard-muther.pdf
- Ospina, J. (2016). *Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmecánica. [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola, Perú]*.
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/17bb7157-a4a3-4663-94ce-f955c86d30b0/content>
- Ovalles, J., Gisbert, V., y Pérez, A. (2017). *Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR)*. 3C Empresa, Edición especial, 1-9. [file:///C:/Users/Keduin/Downloads/Dialnet-HerramientasParaElAnalisisDeCausaRaizACR-6300059%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Keduin/Downloads/Dialnet-HerramientasParaElAnalisisDeCausaRaizACR-6300059%20(3).pdf)
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos* (segunda ed.). Ecoe Ediciones Ltda.
https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/114350?prev=fsyfs_q=Ingenieria__de__M%C3%A9todos
- Pardo, J. (2017). *Gestión por procesos y riesgo operacional* (primera ed.). AENOR Internacional.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/53618>
- Pensa, G. (2023). *Diagrama de flujo de proceso*. Atlas consultoría:
<https://www.atlasconsultora.com/diagrama-de-flujo-de-proceso-que-es-y-como-hacerlo/>
- Platas, J., y Cervantes, M. (2014). *Planeación, diseño y layout de instalaciones: Un enfoque por competencias* (primera ed.). Grupo Editorial Patria.
https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/39458?fs_q=Layoutyprev=fs
- Rebaza, J. (2021). *Distribución de planta para incrementar la productividad en el taller de mantenimiento y reparación de empresa Chang Asociados Sac. [Tesis de Grado, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, Perú]*.
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8092/Rebaza%20Rojas%2c%20Jhon%20Paul.pdf?sequence=1yisAllowed=y>

- Riascos, J. (2022). *Propuesta para el Mejoramiento de la Distribución en Planta Mediante la Metodología SLP en la Empresa Juanchito Ltda. [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño, Colombia]*.
http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7726/1/2022_Jhonny%20Nemecio%20Riascos%20Riascos.pdf
- Rodriguez, J. (8 de Noviembre de 2019). *5 Porqués ¿Cómo aplicar esta metodología?* SPC consulting group: <https://spcgroup.com.mx/5-porque-como-aplicar-correctamente-esta-metodologia/>
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: Paso a paso* (primera ed.). Marge Books.
<https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/117567>
- Torres, K., Flórez, L., Sánchez, C., y Castañeda, N. (2020). Metodología SLP para la Distribucion en Planta de Empresas productoras de guada laminada encolada (GLG). *Ingeniería*, 25(2), 103-116.
doi:<https://doi.org/10.14483/23448393.15378>