

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado Bachillerato en Ingeniería Industrial

Rediseño del espacio físico para el aumento de la capacidad en el
área de subensables, Planta Boston Scientific.

AUTOR

Royner Rojas Bustos

TUTOR

Ing. Alejandro Leiva González.

LECTOR

Ing. Jesarela Martínez Azofeifa

SAN JOSÉ, JULIO, 2023

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se realizó en la empresa *Boston Scientific*, ubicada en el Coyol de Alajuela, la cual se dedica a la fabricación de instrumentos médicos para las áreas de Cardiología, Neurología, Vascular, Gastroenterología, Neumología, entre otros.

La investigación tiene como objetivo determinar cuán efectiva es la distribución de planta actual, esto con el fin de desarrollar una nueva distribución de planta que permita un aumento de capacidad en el área de Subensables.

El análisis y desarrollo de herramientas ingenieriles pretende detectar las deficiencias y reconocer las ventajas con las que cuenta el área; además, realizar un manejo del tiempo y el espacio de una manera más eficiente centrado en el uso de procedimientos que ayuden a efectuar traslados más productivos en la planta. Asimismo, elaborar un rediseño de esta que permita un método más conveniente para realizar sus operaciones y aumentar su capacidad productiva.

Mediante el análisis de diagramas de Ishikawa y matrices de priorización, se determinaron los factores críticos que deben mitigarse de inmediato, ya que generan reprocesos, y por medio del análisis de la planeación sistemática de la distribución de planta (SLP) se comprobó que no existe una distribución de planta adecuada.

La distribución de planta que se realizó es por producto, o también conocido como distribución por flujo de producto, ya que permite enfocar el proceso en un mismo departamento o área. Con dicha distribución, la maquinaria se situaría una cerca de la otra según sea la secuencia del proceso, de manera tal que cuando termine un proceso, inmediatamente inicie el siguiente y finalice con el proceso de las unidades.

Y dada esta modificación, se logra determinar que el aumento de capacidad podría ser de un 6% mensual, lo cual ayuda al área a alcanzar un mejor porcentaje en su “surge” y se alinea a los objetivos generales.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	4
CARTA DE REVISIÓN, FILOLOGÍA	5
CARTA DE INCORPORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AL TFG	6
DECLARACIÓN JURADA	7
SOLICITUD DE DEFENSA	8
RESUMEN EJECUTIVO	9
TABLAS	14
FIGURAS.....	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	18
Generalidades de la Empresa.....	19
Planteamiento del Problema	20
Objetivos.....	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Justificación	21
Antecedentes.....	21
Proyecciones	24
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	25
Conceptos Generales	25

	11
Producción	25
Productividad	25
Eficacia	26
Eficiencia	26
Ingeniería industrial	26
Proceso de control básico.....	26
Distribución de planta.....	27
Tipos de Distribuciones en Planta.....	27
Rediseño de procesos.....	28
Muestreo	28
Tamaño de muestra	29
Herramientas para describir el problema.....	30
Diagrama de Flujo.....	30
Análisis FODA.....	32
Diagrama SIPOC	33
Diagrama spaghetti	34
Diagrama de recorridos.....	36
Herramienta para medir las consecuencias.....	37
Estudio de tiempos.....	37
Herramienta para analizar las causas.....	38
Diagrama de Pareto.....	38
Ocho tipos de desperdicios según la Metodología Lean.....	39
Cursograma analítico	41
Simbología del cursograma analítico.....	41

	12
Matriz de priorización.....	43
Herramientas para el diseño	46
Diagrama Relacional de Espacios.....	46
Herramienta para el Control de la Propuesta.....	47
Indicadores.....	47
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	50
Enfoque.....	50
Cuantitativo.....	50
Cualitativo.....	50
Mixto.....	51
Alcance	51
Exploratorio	51
Correlacional.....	51
Descriptivo.....	52
Explicativo	52
Diseño.....	52
Diseño experimental	52
Diseño no experimental	52
Variables.....	53
Muestra	55
Instrumentos	56
Recolección de Datos	56
Métodos de Análisis	58
Cronograma	59

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN	62
Descripción del Problema.....	62
Distribución actual de la planta.....	63
Medición de las consecuencias.....	65
Estudio de tiempo	67
Matriz de Priorización.....	70
Análisis de las Causas.....	70
Diagrama de recorridos.....	74
Diagrama de Ishikawa.....	76
Matriz de priorización.....	79
Diagrama de Pareto.....	86
Diagrama Analítico.....	87
Tiempo estándar	89
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
Conclusiones.....	90
Recomendaciones	91
CAPÍTULO VI. PROPUESTA.....	92
Propuesta (A).....	92
Diagrama de recorrido	93
Propuesta B.....	95
Diagrama de recorridos propuesta B	96
Propuesta C.....	98
Análisis de la propuesta.....	100
Matriz de priorización propuesta	101

	14
Análisis económico	102
Costos para la Implementación de la Propuesta A.....	102
Beneficios Esperados de la Propuesta.....	107
Plan de implementación	111
Requerimientos para la implementación	111
APÉNDICES	113
REFERENCIAS	118

TABLAS

Tabla 1. Variables	53
Tabla 2. Muestra.....	55
Tabla 3. Instrumentos	56
Tabla 4. Recolección de datos.....	56
Tabla 5. Método de análisis.....	58
Tabla 6 Dimensiones en m ²	64
Tabla 7 Estudio de tiempos	67
Tabla 8 Matriz de priorización de estudio de tiempos	70
Tabla 9. Áreas	71
Tabla 10 Relaciones	71
Tabla 11. Resultado de Proximidades	74
Tabla 12 Impacto Propuesta.....	102
Tabla 13 Matriz de priorización	102
Tabla 14. Desglose de porcentajes patronales.....	103
Tabla 15. Salario Técnico de Equipos.....	103

Tabla 16. Salario Ingeniero de Proyecto	103
Tabla 17. Ingeniero de Manufactura	104
Tabla 18. Guía de Producción	104
Tabla 19. Costo Total de la Inversión	105
Tabla 20. Incremento de la capacidad	108
Tabla 21 Comparación de Surge	109

FIGURAS

Figura 1. Fórmula tamaño muestra población infinita	29
Figura 2. Fórmula tamaño población finita	30
Figura 3. Símbolos para creación de un flujograma.....	31
Figura 4. Ejemplo de Matriz FODA.....	33
Figura 5. Ejemplo Diagrama Espagueti	35
Figura 6 Ejemplo de Diagrama de recorridos	37
Figura 7. Fórmula tamaño muestra	38
Figura 8. Simbología cursograma analítico.....	41
Figura 9. Ejemplo cursograma analítico	42
Figura 10. Ejemplo de Importancia Relativa	44
Figura 11. Ejemplo de escala	44
Figura 12. Matriz L ponderada.....	45
Figura 13. Criterios	46
Figura 14. Diagrama de GANTT	59
Figura 15. Estructura de desglose del trabajo WBS.....	61
Figura 16. Layout Subensamble.....	63
Figura 17 Distribución de tiempos por turnos.....	65

Figura 18. Diagrama de relaciones.....	72
Figura 19 Hoja de trabajo de relación de actividades.	73
Figura 20. Diagrama de recorridos actual	75
Figura 21. Diagrama Ishikawa Subensables	76
Figura 22. Matriz de prioridad Factor edificio.....	79
Figura 23. Resumen de datos	80
Figura 24. Datos ordenados.....	80
Figura 25. Gráfico de Pareto Factor Edificio	80
Figura 26. Matriz de prioridad Factor Espera	81
Figura 27. Resumen de datos	81
Figura 28. Datos ordenados.....	82
Figura 29. Gráfico de Pareto Factor Espera	82
Figura 30. Matriz de prioridad factor Movimiento	83
Figura 31. Resumen de datos	83
Figura 32. Datos ordenados.....	83
Figura 33. Diagrama de Pareto Factor Movimiento.....	84
Figura 34 Matriz de prioridad factor maquinaria	85
Figura 35 Resumen de datos	85
Figura 36. Datos ordenados.....	85
Figura 37. Diagrama de Pareto factor Maquinaria.....	86
Figura 38. Diagrama de Pareto.....	87
Figura 39. Diagrama analítico.....	88
Figura 40. Análisis de capacidad.....	89
Figura 41. Distribución de Planta propuesta	92

Figura 42. Diagrama de recorrido propuesta A.....	94
Figura 43 Distribución de planta propuesta B.....	95
Figura 44 Diagrama de recorridos propuesta B	96
Figura 45 Distribución de planta propuesta C.....	98
Figura 46 Diagrama Analítico Propuesta	100
Figura 47. Desglose por unidad.....	105
Figura 48. Costo del Incremento de Unidades	106
Figura 49. Flujo de efectivo	107
Figura 50. Análisis VAN/TIR	107
Figura 51. Layout Liberación de espacio	110
Figura 52. <i>Gantt</i> de Implementación.....	111

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Este proyecto es desarrollado en la compañía *Boston Scientific*, una transnacional que se encarga de la confección de dispositivos médicos para realizar endoscopias, intervenciones cardiacas, urológicas y pélvicas, entre otras.

Como punto de línea de investigación, se enfoca en el diseño, desarrollo o mejoramiento del espacio físico, ya que se ha iniciado la cotización de nueva maquinaria para la mejora de algunos de los dispositivos que actualmente se producen, y además el mejoramiento del sistema productivo con el incremento de la capacidad del área de subensambles.

Dentro de este primer capítulo de introducción, se presentarán todas las generalidades de la empresa, como su reseña histórica, misión, visión, valores, ubicación. Asimismo, el planteamiento del problema, objetivo general y específicos, justificación, antecedentes y proyecciones de la investigación.

En el segundo capítulo del proyecto se encuentra el marco teórico, el cual consiste en la definición de cada una de las herramientas ingenieriles sobre localización y distribución de planta, así como aquellas que ayudan a encontrar la raíz de los problemas y su causa-efecto, también herramientas de mejora continua que van a ser utilizadas en el trabajo de manera clara y concisa.

Seguidamente, el tercer capítulo corresponde al marco metodológico; la formulación de este capítulo busca descubrir los supuestos del estudio para hacer una reconstrucción de los datos a partir de conceptos, además, significa detallar cada aspecto desarrollado dentro del proyecto de investigación que deben justificarse por parte del investigador. Sirve para responder al “cómo” de la investigación. También, se exponen los tipos de datos que se buscan para dar respuesta a los objetivos, así como la debida descripción de los diferentes métodos y técnicas que se emplearán para obtener la información necesaria.

En el capítulo cuatro, se procede a poner en evidencia el análisis realizado en el trabajo, ya que lo que se busca en este capítulo es relacionar los resultados obtenidos con las bases teóricas que se describieron en

el capítulo dos. Además, es el espacio para tabular los resultados, realizar los gráficos necesarios y relacionarlos con la teoría.

El capítulo cinco aborda las conclusiones a las que se llega con la investigación y se recomienda soluciones a la empresa con base en el proyecto.

Por último, en el sexto capítulo se presentarán los hallazgos que la investigación arrojó. Por ejemplo, la propuesta de rediseño que se ha realizado, el análisis económico efectuado y se establecerá el porcentaje de aumento de capacidad que se propondrá.

Generalidades de la Empresa

A continuación, se presentarán las generalidades de la empresa y aspectos específicos del proyecto.

Historia

Boston Scientific se dedica a colaborar con los profesionales de la salud para desarrollar una amplia cartera de innovaciones significativas que mejoran los resultados, reducen los costos, aumentan la eficacia y, lo que es más importante, ayudan a personas en lugares del todo del mundo a vivir más tiempo y más sanos.

Tienen 25 000 empleados en 40 países de los seis continentes, todos con el compromiso de trabajar de forma sostenible y con responsabilidad en las comunidades en las que viven y trabajan.

Misión

Boston Scientific se dedica a transformar vidas mediante soluciones médicas innovadoras que mejoran la salud de pacientes de todo el mundo.

Valores

- Solidaridad: Actuamos con integridad y compasión para apoyar a los pacientes, clientes, nuestra comunidad, entre otros.
- Innovación útil: Fomentamos un entorno de creatividad para transformar nuevas ideas en servicios y soluciones innovadoras que crean valor para los pacientes, clientes y empleados.
- Alto desempeño: Nos esforzamos por lograr un alto rendimiento en beneficio de nuestros pacientes, médicos y accionistas.

- Colaboración global: Trabajamos en colaboración para buscar oportunidades globales que amplíen el alcance de nuestras soluciones médicas.
- Diversidad: Aceptamos la diversidad y valoramos los talentos, las ideas y las experiencias únicas de nuestros empleados.
- Espíritu ganador: Nos adaptamos al cambio y actuamos con rapidez, agilidad y responsabilidad para mejorar aún más la atención al paciente.

Planteamiento del Problema

La correcta asignación de los recursos como máquinas, equipos y recurso humano, son la base para la supervivencia de cualquier organización, por esta razón, las empresas deben utilizar de forma eficiente los recursos que poseen.

La empresa en este momento necesita realizar una nueva distribución de planta ya que, dado su crecimiento en los últimos años, ha tomado la decisión de implementar una nueva maquinaria más eficiente en una de sus áreas, con el fin de poder dar abasto con la demanda proyectada para este 2023.

Luego de algunos análisis, se identificó un problema con la falta de capacidad del área de subensables, ya que se proyecta un alza en la demanda de los productos que se producen, además, se cuenta con un espacio reducido por la falta de distribución optimizada, todo esto conlleva a plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo elaborar un rediseño de planta adecuado para aumentar la capacidad del área de subensables en la compañía *Boston Scientific* con el fin de dar abasto con la demanda proyectada para el 2023?

El planteamiento del problema y la pregunta de investigación permiten tener una idea clara de cómo se debe desarrollar el proyecto y dan una apertura para exponer los objetivos de la investigación

Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos a desarrollar para el proyecto.

Objetivo General

Rediseñar el espacio físico para el incremento en la capacidad en el área de subensables, para cumplimiento de la demanda de producción en la Planta *Boston Scientific*.

Objetivos Específicos

- Definir la situación actual de capacidad con la cuenta la compañía.
- Cuantificar el porcentaje de unidades de dispositivos médicos que no se alcanzan por la falta de capacidad en el área afectando clientes internos y externos además de políticas internas.
- Demostrar por medio del uso de diferentes herramientas de ingeniería industrial la causa del problema, atacando las actividades que tenga un balance entre impacto y esfuerzo.
- Proponer soluciones que se han evaluado previamente según el análisis de las causas del problema, obteniendo resultados que favorezcan la capacidad de respuesta del área.
- Definir los indicadores adecuados que permitan el control y seguimiento de la propuesta.

Justificación

El mundo está en constante cambio y por esta razón las empresas que surgen son aquellas que tienen una constante actualización, innovación e implementación de mejoras que benefician al negocio, con el propósito de buscar buenas utilidades que vengan de nuevas oportunidades de negocio o de la reducción de costos. Además de mejorar el servicio que se les brinda a los clientes tanto internos como externos creando fidelidad entre ellos y la empresa, puesto que para la empresa el cliente es el factor más importante de todo negocio.

Boston Scientific es una transnacional que desde su fundación ha tenido como principal objetivo crear dispositivos médicos de alta calidad y al menor costo posible, esto se logra con un estricto control de gastos en todas sus plantas alrededor del mundo. La calidad en el servicio constituye hoy en día uno de los elementos esenciales que toda organización debe de tomar en cuenta y, por consiguiente, los responsables de los servicios tienen que determinar lo que sus clientes desean para buscar satisfacerlos.

Rediseñar un espacio de la planta trae beneficios directos como el aumento de la capacidad de la producción de la empresa, menores tiempos de producción, disminución de las horas extra, baja en los gastos operativos y una mayor competitividad para la empresa.

Antecedentes

Pantoja *et al.* (2017) en su artículo, plantea el modelo p-mediana modificado y el uso de *Quadratic Assignment Problem* (QAP). Asimismo, otro método es la selección multicriterio, el cual propone una agrupación por producto con criterios geométricos similares y da como resultado el máximo aprovechamiento de los recursos de una planta, aumenta la productividad y disminuye los costos y

tiempos a la hora de producir; esto se cumple gracias a la combinación de tres mecanismos, en donde se inicia con el modelo p-mediana modificado para el agrupamiento de las máquinas, seguidamente el QAP y la selección multicriterio.

Gómez (2018), en su tesis llamada *Plan Estratégico Para Aumentar la Capacidad Instalada de Producción de la Empresa Terra Plantas*, busca realizar un plan estratégico para lograr que la empresa estudiada logre un crecimiento, y con esto aumente la capacidad de producción y así evitar el faltante de plantas para ser entregadas a los clientes. El mayor problema al que se enfrenta es el faltante de plantas para cumplir con la demanda de los clientes, lo que provoca pérdidas significativas en los últimos 7 meses. Se realizó primeramente un diagnóstico para determinar la capacidad de producción y la capacidad necesaria de demanda para cumplir con todos los encargos, además se calculó el punto de equilibrio con el fin de conocer la cantidad de unidades que se deben de vender para que la empresa tenga utilidades. Para finalizar, se realizó un análisis de costo/beneficio donde se definió cuales propuestas son aconsejables aplicar, a través de un análisis del valor actual neto y la tasa interna de retorno para medir la rentabilidad del proyecto.

Calderón (2018) en su trabajo de graduación *Diseño de la Distribución en Planta para la Línea de Producción en la Empresa Tejidos Marko's* pretende diseñar una distribución para una línea de producción específica de la planta de producción. Se realizó un diagnóstico del sistema de producción, donde se examinó el flujo de materiales y se observó que existen demoras a la hora de transportar los materiales debido a la distribución actual de la planta. Conjuntamente, se identificaron puntos duplicados de trabajo y mala distribución del tamaño de los pasillos. Se realizó un análisis de los tres tipos de distribución en la planta que existen para determinar cuál es el más apropiado para el proyecto. Además, se analizaron diferentes teorías que permitieron conocer la distribución existente, y se planteó una propuesta de mejora para optimizar el espacio y tener mayor control del proceso productivo.

Mejía *et al.* (2018), en su artículo *Propuesta de rediseño de distribución de espacios de almacenamiento, layout. Mercatec* realiza un estudio sobre la importancia de una redistribución de espacios y cómo esta puede agregar valor en la operación de almacenamiento si se minimizan recorridos y se maximizan los espacios disponibles, además puede mejorar el flujo de los materiales y la información, así que optimiza tanto el almacenamiento como el recurso humano. Por otra parte, aporta el uso de la metodología Delphi, la teoría de flujos y la espina de pescado, estos consisten una serie de encuestas a personas expertas del

área de almacén y con sus respuestas se definen las modificaciones que se deben realizar para mejorar el uso de espacio, reducir el tiempo y los costos.

El artículo científico *Distribución en planta, análisis y diseño* realizado por Barojas *et al.* (2019), trata sobre el desarrollo de técnicas para la distribución de plantas, se basa en la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) y sus etapas. La primera es la observación de productos y sus cantidades para llevar a cabo un análisis ABC y establecer prioridades; luego, un diagrama de recorridos para analizar el proceso de producción de la compañía con el fin de determinar las etapas necesarias del proceso, y por último, un diagrama relacional de recorridos y actividades junto con un diagrama relacional de espacios, para lograr una distribución lógica y secuencial de la planta y las actividades relacionadas, y así eliminar retrasos y movimientos innecesarios.

Ovalle *et al.* (2019) en su artículo *Los sistemas de trabajo desde el campo profesional de la ingeniería industrial: revisión de la literatura* comentan que los sistemas de trabajo vinculan a las personas con las tareas y elementos que los componen, esto bajo ciertas condiciones que puede relacionarse a la empresa o el ambiente, y lo convierte en un factor fundamental de análisis para el logro de los objetivos organizaciones. Se da una revisión a tres categorías específicas: gestión del trabajo, medición del trabajo, métodos del trabajo. Y concluye en que la medición del trabajo aún es considerada como una de las técnicas más utilizadas por los ingenieros industriales como base para la estandarización de los tiempos de operación y como técnica fundamental para eliminar actividades innecesarias que no agregan valor al proceso y afectan el funcionamiento del sistema de trabajo.

Por otra parte, Argüelles *et al.* (2019), en su artículo *Estudio de localización y distribución de planta para una maquiladora de productos textiles de la región de Misantla* realiza un estudio sobre la localización y distribución de la planta para una empresa de textiles y propone una metodología que se realiza en dos fases. La primera es la localización, y en esta se realiza un diagnóstico y se aplica el método Brown y Gibson, el cual está basado en la combinación de los factores críticos, objetivos y subjetivos, y la segunda fase es de distribución, en la cual se realiza un análisis de flujo de producción, de relaciones de actividades, análisis de espacios y la evaluación de alternativas. Al desarrollar esta metodología, logra una disminución de trayectos, ya que se ordenan las áreas de trabajo, y esto confirma que la aplicación de esta metodología ayuda a las empresas a planear y organizar el diseño de las empresas.

González (2020), en su trabajo de graduación llamado *Diseño de una herramienta para el análisis y control de la capacidad de las estaciones en una línea de producción de una empresa de dispositivos*

médico, plantea el problema que tiene la empresa de dispositivos médicos para medir la capacidad del área y para despachar las ordenes de producción a tiempo, todos estos problemas generan altos costos, los cuales se intentan solventar mediante el pago de horas extras. A raíz de esto, se diseña una herramienta que determine cuáles son las estaciones con problemas críticos y así trabajar en ellas aumentando la demanda, y con esto reducir la cantidad de ordenes que se entregan atrasadas y reducir el pago de horas extra. Se realizan estudios de tiempo y análisis de varianza para determinar los cuellos de botella, y con herramientas como mapeo de procesos y diagramas de hilos se identificaron las oportunidades de mejora en temas de capacidad, optimización del espacio físico y distancias recorrida.

En el proyecto de graduación *Rediseño de procesos de producción para el aprovechamiento de la capacidad instalada en el Departamento de Implementación y Entrega de la empresa Experian Information Solutions*, Vargas (2020) se propone realizar un rediseño de los procesos en el departamento de implementación y entrega de la compañía, con el fin de incrementar la utilización de la capacidad instalada de la empresa. Durante la investigación, la toma de tiempos evidenció que el departamento contaba con más de un cuello de botella y problemas significativos de carga de trabajo en los diferentes departamentos relacionados con el proceso. Y para que estos puntos tuvieran mejoras, se propuso el uso de herramientas como Kaizen para promover una cultura de mejora continua; además de la creación de una matriz de complejidad para facilitar la distribución de las cargas de trabajo.

Por otro lado, en el proyecto de graduación elaborado por Araya (2021), llamado *Propuesta de redistribución de planta para la disminución de desperdicios y tiempos de producción en el taller de Ebanistería Tuca*, se realiza una redistribución de la planta del taller de ebanistería, el cual mayoritariamente trabaja por encargo y no con producción en masa. Se examinan aspectos como la estructura y los recorridos que son llevados a cabo y el funcionamiento general del taller, para esto se utiliza la herramienta *Systematic Layout Planning (SLP)*, y se toman en consideración los criterios según las relaciones de proximidad entre las diferentes actividades que forman parte del proceso productivo; por medio del Gráfico P-Q se logra determinar el tipo de distribución que más le favorece a la empresa. Se realizan al final tres propuestas de redistribución con sus respectivos costos y se elige la que va acorde con la proyección de crecimiento de la compañía, ya que esta aumentará la evolución, calidad y estándares de los procesos y productos.

Proyecciones

A continuación, se establecen los resultados que se esperan alcanzar mediante la realización de la investigación y sus objetivos.

- Determinar la situación actual de la empresa en cuanto a localización y distribución del área.
- Establecer mejoras para el aumento de la capacidad.
- Reducir los tiempos de traslado durante el proceso de producción.
- Diseñar una nueva redistribución del área basado en el flujo de la producción.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

A continuación, en este capítulo se presentan las herramientas que van a ser utilizadas para llevar a cabo el presente trabajo, con el fin de que sirvan de guía al lector y pueda comprender la terminología empleada en el desarrollo de los capítulos siguientes. Adicionalmente, se detallan los conceptos, procedimientos y teorías extraídas de diferentes libros, de esta forma se toma como base la teoría necesaria para el desarrollo y análisis de la situación y propuesta del proyecto.

Conceptos Generales

A continuación, se definirán los conceptos básicos utilizados para el desarrollo de esta investigación.

Producción

Se plantea como una serie de actividades que se realizan de forma continua que dan como resultado el producto o productos que se desarrollan mediante el manejo de recursos, los cuales son necesarios en el proceso de producción, estos recursos deben ser escogidos de forma conveniente (Cuatrecasas, 2012, p. 16).

Productividad

Con respecto a la productividad se menciona que:

Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los resultados empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc.

En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. (Gutiérrez, 2010, p. 21).

El anterior autor indica además que “es usual ver la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia” (p. 21).

Eficacia

La eficacia busca el logro de lo planteado mediante la utilización de recursos. Mientras se cumplan los objetivos planeados, se es eficaz (Gutiérrez, 2010, p. 21).

Eficiencia

Por su parte la eficiencia busca que los recursos utilizados para el alcance de los resultados planificados no se desperdicien y en consecuencia también buscar la manera de utilizarlos de la mejor forma posible y así optimizándolos (Gutiérrez, 2010, p. 21).

Ingeniería industrial

Baca (2015) indica que:

De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, la ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad (p. 1).

Proceso de control básico

“La función general de control es la medición y corrección del desempeño para garantizar que los objetivos de la empresa se alcancen” (Koontz et al, 2012, p. 496).

Koontz también indica que:

Las técnicas y los sistemas de control son en esencia los mismos para controlar el efectivo, los procedimientos administrativos, la ética organizacional, la calidad del producto y cualquier otra cosa. El proceso de control básico, en cualquier lugar y para lo que sea que se controle, incluye tres pasos (p. 496).

Con respecto a los pasos mencionados por Koontz *et al.* (2012) argumentan los siguientes:

1. Establecer estándares
2. Medir el desempeño contra estos estándares
3. Corregir las variaciones de los estándares y planes (p. 496).

Distribución de planta.

Durán, (2007) define la distribución de planta como: “La colocación de los departamentos o talleres en la construcción, la ubicación de las máquinas en los puestos de trabajo, los lugares de almacenamiento, las oficinas e instalaciones para servicio del personal y las interrelaciones entre ellos” (p. 64).

El autor indica que el objetivo principal de la distribución de planta es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica y al mismo tiempo que sea la más segura y satisfactoria para los empleados (p. 65).

Algunas de las ventajas más importantes que el autor muestra en su libro al implementar una distribución de planta correctamente son las siguientes:

Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores:

- Ahorros de áreas ocupadas.
- Elevación de la moral y la satisfacción del trabajador.
- Incremento de la producción.
- Disminución de los retrasos en la producción.
- Acortamiento del tiempo de fabricación.
- Una supervisión más fácil y mejor.
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios y condiciones.

Tipos de Distribuciones en Planta

Las distribuciones en planta pueden dividirse en tres grandes grupos, según el Centros Europeos de Empresas Innovadoras de la Comunidad Valenciana (2008), las cuales se explican a continuación:

Distribución por posición fija: según el autor anterior “es la distribución en planta en la que el material permanece en su ubicación definitiva desde el inicio del proceso. El personal, el equipo y los materiales auxiliares que se incorporen serán los que realicen todos los movimientos” (p. 15).

Distribución por procesos: “aquella en la que las máquinas se encuentran fijas en una posición y son los trabajadores quienes acuden a ellas con los materiales” (p.15).

Distribución en Cadena, en línea o por producto: “un producto o tipo de producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija, el material está en movimiento. Esta distribución dispone cada operación inmediatamente al lado de la siguiente” (p. 25).

Método Systematic Layout Planning. (SLP)

El SLP fue desarrollado por Richard Muther en 1968, y lo define como un procedimiento sistemático multicriterio y relativamente simple, para la resolución de problemas de distribución en plantas de diversa naturaleza. El método es aplicable a problemas de distribución en instalaciones industriales, locales comerciales, hospitales, entre otros. Establece una serie de fases y técnicas que, describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. (Baca 2015, p. 226)

En el libro Baca, (2015) los procedimientos del SLP se desarrollan en tres pasos. El primer paso consiste en recopilar información pertinente sin desperdiciar tiempos y recursos con información inapropiada. El segundo paso es analizar y describir los flujos de materiales, personas y productos que se moverán a través de las instalaciones, para este análisis se utilizan herramientas como las gráficas y los diagramas de relación de actividades. El tercer y último paso realiza un análisis de la información recopilada, para llevar a cabo las actividades en cada una de las áreas en términos de equipo, recursos humanos y finalmente en requerimiento de espacios (p.226).

Continuando con el autor anterior, indica que la metodología SLP abarca distintos métodos simplificados de distribución, por lo cual, se le puede emplear en diferentes instalaciones industriales o de servicio. Su ejecución se puede plasmar en empresas manufactureras ya existentes o nuevas, también puede aplicarse en laboratorios, oficinas, áreas de servicio, almacén, entre otros.

Rediseño de procesos

Según Bravo (2009), es “identificar los procesos, las variables críticas y valores idealizados que interesan a los clientes. Inventar propuestas consistentes, con responsabilidad social y en armonía con el propósito de la organización” (p.45).

Muestreo

López y Sandra (2017) la definen como:

Conocer determinadas características de una población, a partir de una selección de unidades de ésta, con el menor coste posible en dinero, tiempo y trabajo. Podemos aproximarnos al conocimiento de estas características sin necesidad de tener que obtener la información exhaustiva de toda la población, como en el censo, garantizando la representatividad y sabiendo que cometeremos un determinado error estadístico, que se puede determinar de antemano en cada caso, por el hecho de tener una parte del todo (p.6).

Tamaño de muestra

Según el autor anterior, “para el cálculo de los tamaños muestrales hay que tener en cuenta los tamaños de las poblaciones o universos y si se van a estimar medias aritméticas (variables cuantitativas o métricas) o proporciones (variables cualitativas o categoriales)” (p.19).

El autor presenta las fórmulas para determinar el tamaño de la muestra dependiendo del tipo de población, a continuación se detallan:

Tamaño de muestra población infinitas

En la Figura 1 se presenta la fórmula necesaria para determinar el tamaño de la muestra en la población infinita.

Figura 1. Fórmula tamaño muestra población infinita

$$n = \frac{4 * p * q}{e^2}$$

Nota: Metodología de la investigación social cuantitativa.

- * = símbolo de multiplicación.
- n = tamaño de la muestra.
- p = porcentaje del resultado que se investiga.
- 4 = Cuadrado del puntaje ‘z’ equivalente a 2 Desvíos estándares, para un intervalo de confianza del 95,5%.
- e^2 = cuadrado del error de estimación.
- q = porcentaje complementario (q =100 - p)

Tamaño de muestra población finitas

En la Figura 2 se presentará la fórmula necesaria para determinar el tamaño de la muestra en la población finita.

Figura 2. Fórmula tamaño población finita.

$$n = \frac{4 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + (4 * p * q)}$$

Nota: Metodología de la investigación social cuantitativa

- n = tamaño de la muestra.
- *= símbolo de multiplicación.
- N = tamaño de la población.
- p = porcentaje del resultado que se investiga.
- 4 = Cuadrado del puntaje 'z' equivalente a 2 Desvíos estándares, para un intervalo de confianza del 95,5%.
- e² = cuadrado del error de estimación.
- q = porcentaje complementario (q =100 – p).

Herramientas para describir el problema

Seguidamente, se explican las herramientas que se utilizarán para la descripción o definición del problema de estudio. Estas herramientas son importantes ya que serán las que se utilizarán para detallar y desgranar las cuestiones que conlleva el problema principal de esta investigación.

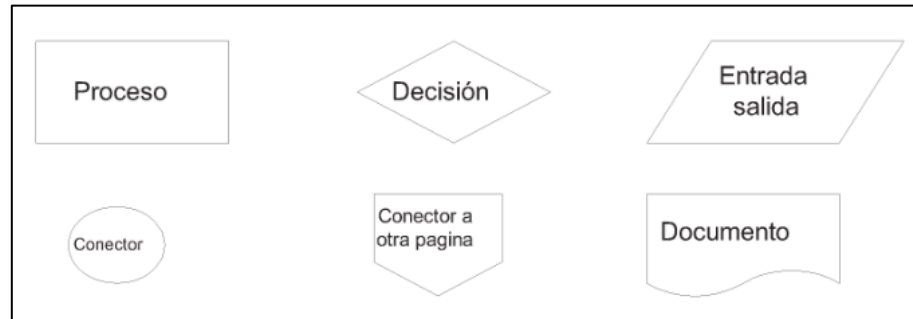
Diagrama de Flujo

Mandonado (2012) define que el diagrama de flujo de la siguiente forma:

Es una representación gráfica que muestra todos los pasos de un proceso y la forma como éstos se relacionan entre sí. Esta representación ayuda a visualizar mejor como es el proceso y, por tanto, ayuda a identificar qué áreas de este pueden mejorarse, la exacta visualización del proceso es esencial para que la gente trabaje en la dirección correcta. Se puede hacer un diagrama de flujo de cualquier proceso: el de la elaboración de una factura, el del flujo de materiales, los pasos necesarios para hacer una venta, el procedimiento a seguir para utilizar un producto (p.107).

A continuación, en la Figura 3 se muestra la simbología utilizada para la elaboración de un diagrama de flujo.

Figura 3. Símbolos para creación de un flujograma



Nota: Gestión de procesos, José Ángel Maldonado.

Etapas para la elaboración de un Diagrama de Flujo

Los pasos, según Aldana *et al.* (2010), para elaborar un diagrama de flujo son los siguientes:

- Identificar las ideas principales para desarrollar el diagrama de flujo.
- Identificar quién lo empleará y cómo.
- Determinar los límites del proceso que se va a describir.
- Establecer el alcance del proceso que se va a describir.
- Identificar y listar las principales actividades/subprocesos que están incluidos en el proceso que se va a describir y su orden cronológico.
- Si el nivel de detalle definido incluye actividades menores, listarlas también.
- Identificar y listar los puntos de decisión.
- Construir el diagrama respetando la secuencia cronológica y asignando los correspondientes símbolos (p. 198).

Ventajas de los Diagramas de Flujo:

Según Aldana *et al.* (2010), “Un diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución” (p. 116)

El autor anterior define el objetivo principal como: “Representar gráficamente las distintas etapas de un proceso y sus interacciones, para facilitar la comprensión de su funcionamiento. Es útil para analizar el

proceso actual, proponer mejoras, conocer los clientes y proveedores de cada fase, representar los controles, etc.” (p. 116)

Algunas otras ventajas de los diagramas de flujo son:

- Los diagramas de flujo favorecen la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos.
- Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto. Además, permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso.
- Se identifican los pasos redundantes, los flujos de los re-procesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.
- Muestran las interfases cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de estas (p.117).

Análisis FODA

Según Sánchez (2020), el análisis FODA se define como: “Una herramienta clave para hacer una evaluación pormenorizada de la situación actual de una organización o persona sobre la base de sus debilidades y fortalezas, y en las oportunidades y amenazas que ofrece un entorno” (p. 16).

Cada sigla del análisis FODA representa una de las 4 variables que se estudian: F es Fortalezas, D es debilidades, O es oportunidades y A es amenazas. La manera de visualizar un FODA es como una matriz de cuatro cuadrantes donde en cada una se enlistan las principales características de cada categoría.

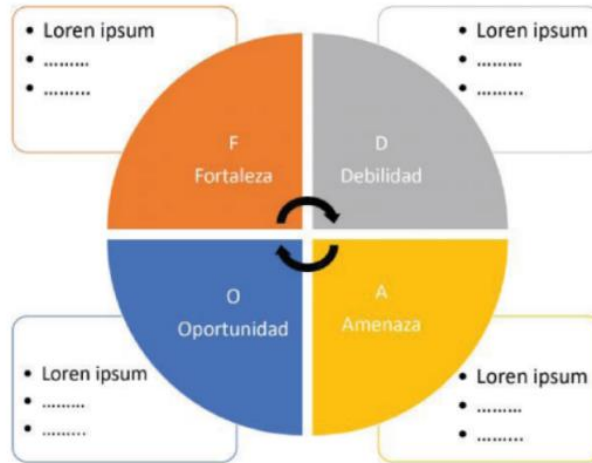
Pasos para realizar un análisis FODA

A continuación, se describe el proceso para realizar un análisis FODA según Sánchez (2020):

- En primer lugar, hay que identificar las oportunidades y amenazas, así como las fortalezas y debilidad a través del estudio del micro y macroentorno y de un concienzudo análisis interno.
- Justo después hay que cumplir la matriz FODA o DAFO.
- En tercer lugar, realizaríamos el análisis CAME, herramienta para corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explotar las oportunidades anteriormente identificadas.
- Luego seleccionaría la estrategia de la compañía.
- Por último, definiríamos y planificaríamos las acciones a implementar (p.19)

En la figura 4 se podrá ver un ejemplo de este cuadrante:

Figura 4. Ejemplo de Matriz FODA



Nota: Álvarez *et al.*, Tesina aplicación de herramientas Lean Manufacturing en procesos transaccionales

Diagrama SIPOC

Mac Neil (2022), indica que:

El diagrama SIPOC proporciona un panorama general de un proceso a través de la documentación de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes. Muestra cómo los participantes de un proceso reciben materiales o datos unos de otros y, a menudo, se utiliza para mejorar o comprender los procesos asociados con la experiencia del cliente (párr. 1).

El autor también indica que:

Los diagramas SIPOC no están diseñados para proporcionar demasiados detalles, sino que brindan a las partes interesadas un mapa general de los procesos para ayudarlos a tomar decisiones y generar ideas de mejora. Por lo tanto, los diagramas SIPOC son solo una de las herramientas para la gestión de procesos de negocios (BPM), la cual implica investigar procesos, planificar cómo mejorarlos e implementar dichas mejoras (párr. 2).

El acrónimo SIPOC proviene de estos cinco componentes:

- Proveedores (Suppliers): la fuente de las entradas del proceso

- Entradas (Inputs): los recursos que necesitas para que el proceso funcione
- Proceso (Process): los pasos generales que componen el proceso
- Salidas (Outputs): los resultados del proceso
- Clientes (Customers): las personas que reciben los resultados o salidas, o se benefician del proceso (Macneil, 2022, párr. 3).

Para realizar este diagrama, Gutiérrez (2010) determina los siguientes pasos:

- Delimitar el proceso al que se le va a hacer el diagrama y se hacer un diagrama de flujo general, en el que se especifican las cuatro o cinco etapas principales.
- Identificar las Salidas del proceso, que son los resultados (bienes o servicios) que genera el proceso.
- Especificar a los Usuarios/clientes, que son quienes reciben o se benefician con las salidas del proceso.
- Establecer las Entradas (materiales, información, etc.), que son necesarias para que el proceso funcione adecuadamente.
- Por último, identificar a los Proveedores, que son quienes proporcionan las entradas. (pp. 200-201).

¿Para qué se utiliza el diagrama SIPOC?

Los diagramas SIPOC por lo general se utilizan en la gestión de proyectos Lean como parte de la metodología de mejora de procesos Six Sigma. Esta metodología tiene como objetivo minimizar los defectos y las irregularidades de un producto final; por esa razón, es ideal para mejorar la fabricación o cualquier proceso asociado con la experiencia del cliente. El componente central de Lean Six Sigma es el proceso DMAIC, que significa definir (define), medir (measure), analizar (analyze), mejorar (improve) y controlar (control). El diagrama SIPOC entra en juego durante la fase “definir” del proceso DMAIC (Macneil, 2022, párr. 6).

Diagrama spaghetti

De acuerdo con Allen (2010), este diagrama también conocido como gráfico espagueti se define como:

Un proceso de diseño de pasos revisados para reducir el desperdicio del proceso al eliminar el transporte innecesario de información o materiales. Este tipo de transporte se denomina "viaje de piezas", en ingeniería industrial porque los artículos son partes que viajan en equipos de manejo de materiales (p.128).

Para la creación de este diagrama el autor anterior indica que:

La creación de un diagrama de espagueti requiere del flujo del proceso en la instalación. El flujo se proporciona en las rutas de las instalaciones. Las rutas de las instalaciones incluyen una ubicación del producto definida por un área en la instalación y una breve descripción de lo que se está haciendo en esa área. Cuando se realiza el análisis del diagrama de espagueti, se utiliza la distancia total del viaje (p.128).

Los pasos para crear un diagrama spaghetti son los siguientes:

- Paso 1. Obtenga un diagrama o dibujo de diseño de instalación existente o cree uno.
- Paso 2. Obtenga una hoja de ruta existente o cree una utilizando un producto típico que pasa por la instalación.
- Paso 3. Dibuje una curva continua desde la primera ubicación en la hoja de ruta hasta las ubicaciones restantes. Subjetivamente, los flujos que parecen complicados indican oportunidades de mejora.
- Paso 4. Calcule la distancia total de viaje (TTD) sumando la distancia recorrida usando:

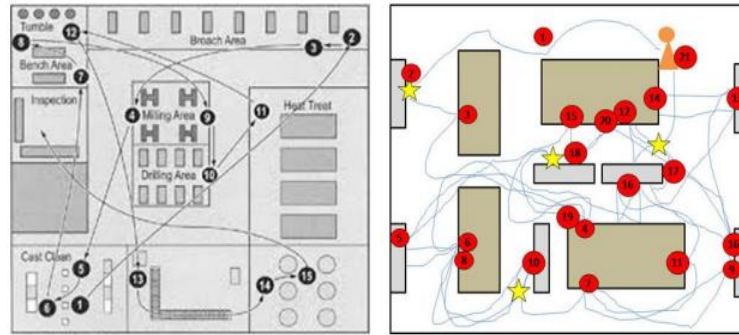
$$TTD = \sum_i n_i d_i$$

Donde n_i es el número de veces que se recorre la ruta y d_i es la distancia para el i^{th} ruta y la suma es sobre todas las rutas.

- Paso 5. Calcule el tiempo de viaje utilizando la distancia recorrida a una velocidad de caminata de 4,4 pies/s o la velocidad del dispositivo utilizado para mover el producto o la información. La velocidad se multiplica por la distancia.
- Paso 6. Estudie el diagrama de espagueti e identifique flujos con distancias de viaje de partes altas y áreas en la instalación que rara vez o nunca se usan.
- Paso 7. Acerque los procesos o reorganícelos para reducir el TTD.
- Paso 8. Repita los pasos 4 a 7 usando nuevos diseños según sea necesario. (Allen, T,2010, p.128)

A continuación, en la Figura 5 se observará un ejemplo de este diagrama:

Figura 5. Ejemplo Diagrama Espagueti



Nota: Álvarez et al, Tesina aplicación de herramientas Lean Manufacturing en procesos transaccionales

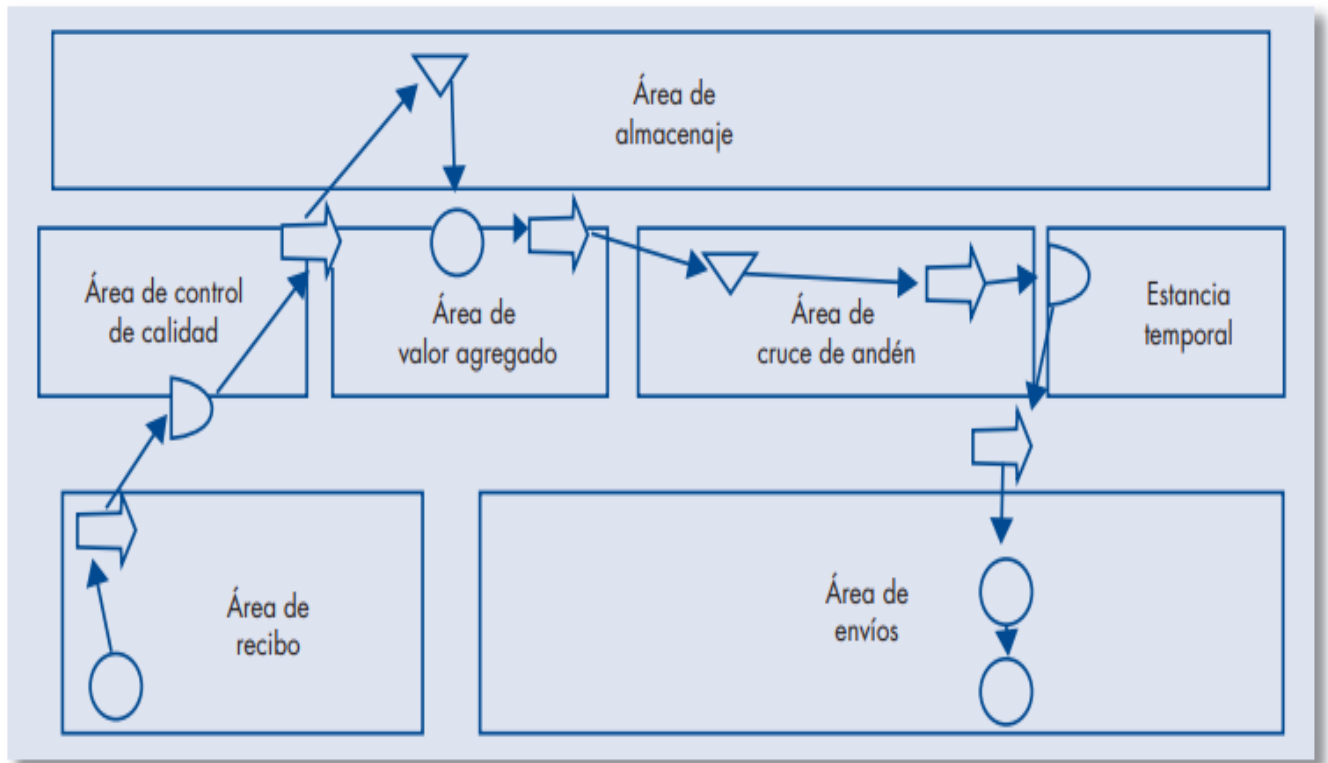
Diagrama de recorridos

Según Baca (2015), el diagrama de recorridos es:

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. El diagrama debe estar a escala y, por lo general, se ocupan los planos arquitectónicos de las instalaciones para su realización; sobre éstos se dibujan directamente los símbolos de las actividades que coinciden y se detallan aquellas contenidas en el diagrama de flujo de proceso (p.81).

En la figura 6, podremos observar una ejemplificación del diagrama de recorridos, el cual básicamente se encarga de demostrar de manera grafica el diagrama analítico, por ende, se utilizan la misma simbología del diagrama analítico únicamente que sobre el Layout del área que se está analizando.

Figura 6 Ejemplo de Diagrama de recorridos



Nota: Baca (2015)

Herramienta para medir las consecuencias

De igual forma, a continuación, se describirán las herramientas que ayudarán a la medición de las consecuencias del problema descrito.

Estudio de tiempos

Baca (2015) explica que un estudio de tiempo es:

La técnica básica (y principal) de la MT. Su objetivo es registrar los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronometro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas (p. 187).

Entiéndase MT como la medición del trabajo.

El autor anterior, indica que los pasos para realizar este estudio son los siguientes:

1. Seleccionar el trabajo.
2. Seleccionar un operario “calificado”: el objetivo debe ser el trabajador promedio, es decir, que trabaje de manera constante y con un ritmo normal.
3. Análisis del trabajo: Se deberá describir detalladamente el método a estudiar, incluyendo el área de trabajo, materiales e insumos y las herramientas y/o equipo utilizado.
4. Dividir el trabajo en elementos: con el objetivo de efectuar mediciones de una manera más sencilla, identificar y separar actividades improductivas, observar condiciones que originen fatiga.
5. Efectuar mediciones de prueba y ejecutar una muestra inicial: además de servir de práctica permite determinar parámetros para establecer el número real de observaciones (tamaño de muestra).
6. Determinar el tamaño de la muestra: con los parámetros de la muestra inicial y el nivel de confianza determinar el tamaño de la muestra. La fórmula por utilizar se puede observar en la Figura 7.

Figura 7. Fórmula tamaño muestra

$$\text{Número de observaciones} = \left(\frac{40 * \sqrt{\text{tamaño muestra inicial} * \text{sumatoria (observaciones)}^2 - (\text{sumatoria obs})^2}}{\text{sumatoria de las observaciones}} \right)^2$$

Nota: Baca, Introducción a la Ingeniería Industrial.

7. Cronometrar.
8. Calificar la actuación del operario: se valora el ritmo de trabajo.
9. Estimación de tolerancia: Después de calcular el tiempo básico, es necesario agregar tolerancias, para determinar el tiempo estándar.
10. Cálculo del estándar: El último paso en un ET es el cálculo del tiempo estándar o tiempo tipo. Para su determinación es necesario calcular el tiempo básico y añadir el tiempo por compensación o tolerancias (pp. 187-190).

Herramienta para analizar las causas

Esta herramienta se enfoca en definir la causa del problema planteado al inicio de esta investigación. Luego de este análisis, se podrán considerar diferentes posibles soluciones para el problema planteado.

Diagrama de Pareto

Según López (2016), el diagrama de Pareto se define como:

Un gráfico de barras similar al histograma en el cual se encuentran ordenadas de mayor a menor las posibles causas que originan los problemas, también conocido como la regla 80:20 debido a que el 20% es el responsable de originar el 80% de las causas. (p.84).

Según Gutiérrez (2014), estos son los pasos necesarios para la elaboración del Pareto:

- Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, además de tener claro qué objetivo se persigue.
- Discutir y decidir el tipo de datos que se van a necesitar y los posibles factores que sería importante estratificar.
- Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a recabar, definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar quién será el responsable de ello.
- Al terminar de obtener los datos, construir una tabla en la que se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
- Construir una gráfica de barras para representar los datos, ordenando las categorías por su impacto.
- Con la información del porcentaje acumulado, graficar una línea acumulada.
- Documentar referencias del DP, como títulos, periodo, área de trabajo, etcétera.
- Interpretar el DP y, si existe una categoría predominante, llevar a cabo un análisis de Pareto de segundo nivel con la finalidad de localizar los factores que influyen más en la misma (p.197).

Ocho tipos de desperdicios según la Metodología Lean.

De acuerdo con la universidad Mexicana CETYS de educación continua, en un artículo publicado en el año 2021, indica que la Metodología Lean es originario del occidente en el año 1988. En el año 1996, se publicó el primer libro que se titula “5 principios que guían el Lean”. Esta técnica se remonta a los años treinta bajo otro nombre: el Método Toyota, y se ha modificado con el pasar de los años, ya que inicialmente el Método Toyota contaba únicamente con siete y en las últimas ediciones se ha agregado un octavo desperdicio.

A continuación, universidad Mexicana CETYS define los ocho desperdicios de esta manera:

- Defecto: Los productos defectuosos son una gran pérdida tanto de tiempo como de dinero. Estos defectos podrían ser el causante de una falla en los estándares de calidad, errores de planificación y de estructuras incompletas.
- Sobreproducción: Este es uno de los mayores desperdicios que manejan las empresas. Por lo general, la producción no logra seguir el ritmo de la demanda y cuando se produce más de lo necesario, el stock se va acumulando en los depósitos. Es habitual creer que esta se da porque no se toman en cuenta los cambios de mercado, pero también pueden ser consecuencia de procesos poco confiables.

Por esta razón, es importante realizar estadísticas para predecir las demandas, estimar los tiempos de producción y poder actuar de manera oportuna.

- Inventarios: Una mala gestión de inventarios inicia en los depósitos de las empresas que cuentan con una sobreproducción de stock. Los materiales que no se utilizan ocupan un mayor espacio en los almacenes y dificultan las búsquedas específicas y genera gastos.

Por esta razón, las empresas deben de realizar únicamente pedidos en la medida que sea necesario con el fin de optimizar el espacio.

- Desperdicios de talento: Cuando la utilización de los recursos humanos no es capitalizada de forma correcta representa un grave problema. Esto sucede normalmente cuando los trabajadores realizan labores que están por debajo de su capacidad.

Esto genera que los empleados al no sentirse valorados empiezan a buscar nuevas opciones de trabajo, y con esto la compañía pierde talentos brillantes.

- Exceso de transporte: Cuando se traslada el producto más veces de las que realmente necesarias, genera un desperdicio de recursos y de tiempo. Esto puede evitarse mediante la optimización, la gestión y la organización de espacios de trabajo.
- Sobre procesamiento: Esto sucede cuando la actividad aumenta significativamente los costos y los tiempos de producción. En la mayoría de los casos, este sobre procesamiento se produce cuando el proceso de producción no está bien diseñado o bien es redundante en sus líneas productivas. Una de las formas de evitar estos casos, es realizar un análisis de los procesos y simplificarlos.
- Exceso de movimiento: Este desperdicio está referido a los movimientos de las personas; cualquier tipo de movimiento que no añada valor a los productos son un desperdicio. Un ejemplo

de ello son los casos en donde el personal debe ir en búsqueda de herramientas que son compartidas con otros depósitos.

- **Tiempos de espera:** El tiempo es dinero cuando una producción no puede continuar porque se está a la espera de personas, piezas, materiales, documentos o herramientas, significando una gran pérdida de tiempo. Una de las mejores formas de evitar estas situaciones es simplificando las autorizaciones y optimizando la disponibilidad de las herramientas. (CETYS Universidad, párr.7-22).

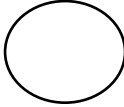
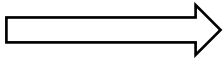
Cursograma analítico


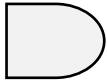
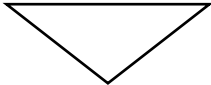
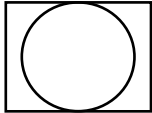
Este diagrama permite visualizar y detallar la secuencia de los elementos que conforman un proceso, esto mediante descripciones de cada paso utilizando una simbología que corresponde a cada actividad, a su vez, este permite el registro de duración por cada elemento (actividad) como las distancias que se adjudican a los diversos transportes. Se puede utilizar este diagrama en el operario, materiales y equipo; y la estructura no variaría la única diferencia es el objeto de estudio. Adicional a esto, el cursograma debe contar con un resumen de todas las actividades realizadas, es decir, número total de los elementos que se realizaron en el proceso, así como especificar si es un método actual o propuesta (Baca, 2015, pp. 178-179).

Simbología del cursograma analítico

Para comprender mejor la herramienta del cursograma analítico y cómo utilizarla se presenta a continuación, la respectiva simbología que se puede visualizar en la Figura 8.

Figura 8. 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 9 se presenta la estructura general del cursograma analítico.

Figura 9. 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

Según Camisón, Cruz, y González (2006) la Matriz de priorización es una herramienta que sirve para priorizar actividades, temas, características de productos o servicios, etc., a partir de criterios de ponderación conocidos y se utilizan para la toma de decisiones (p. 1270).

El mismo autor describe la matriz de priorización de método del criterio analítico completo como el más laborioso y costoso, aunque está justificada su utilización, por lo tanto, a continuación, se describe para qué utilizar la herramienta (p. 1272).

¿Para qué utilizarlo?

1. La decisión por tomar es crítica para la organización.
2. Existe más de un criterio que puede ser aplicado en la toma de decisiones.
3. Todos los criterios son relevantes y significativos.

Implementación.

1. Definir el objetivo a conseguir: Se trata de definir claramente cuál es el objetivo por alcanzar.

2. Creación del listado de criterios a aplicar a las opciones generadas: Mediante una discusión en grupo el equipo debe establecer una serie de criterios para poder llevar a cabo el proceso de priorización entre las opciones, es muy importante que los criterios sean juicios, es decir, no neutrales, de forma que reflejen el resultado deseado.
3. Juzgar la importancia relativa de cada criterio en comparación con los otros criterios: A partir del listado de criterios generado (1, 2 y 3), el siguiente paso es determinar la importancia de cada uno de ellos, es decir, valorar cada criterio asignándole una puntuación. Para ello, se representa una matriz donde figuren en ambos lados la lista de criterios, como se muestra en la Figura 10 (p. 1272).

Figura 10. Ejemplo de Importancia Relativa

	Mejora en la satisfacción del cliente	Menor coste de implantación	Rapidez en la implantación	Total fila (% Total Global)
Mejora en la satisfacción del cliente				
Menor coste de implantación				
Rapidez en la implantación				
Total columna				

Nota: Camisón, Cruz y González.

4. El siguiente paso es comparar la importancia relativa de cada criterio respecto al resto de los criterios utilizando una escala predefinida. Para ello, haremos la siguiente pregunta criterio por criterio: ¿Cómo de importante / preferente es el criterio 1 frente al criterio 2?, y así sucesivamente. Las respuestas se registran en la matriz de forma numérica, utilizando, por ejemplo, una escala como:

1= Igualdad en importancia/Preferencia.

2= Mas importante/ Preferido.

5= Significativamente más importante/ Preferido.

A continuación, en la Figura 11 se muestra una escala para el desarrollo del diagrama (p. 1273).

Figura 11. Ejemplo de escala

	Mejora en la satisfacción del cliente	Menor coste de implantación	Rapidez en la implantación	Total fila (% Total Global)
Mejora en la satisfacción del cliente		5	5	
Menor coste de implantación			2	
Rapidez en la implantación				
Total columna				

Nota: Camisón, Cruz y González.

La matriz presentada en la Figura 10 se lee por filas y la interpretación de la misma es la siguiente: para el equipo de trabajo, el criterio 1 «mejora en la satisfacción del cliente» es significativamente más importante que el criterio 2 «menor coste de implantación» y que el criterio 3 «rapidez en la implantación» (se cumplimentan con un 5 la segunda y tercera celda). En la segunda fila, observamos que el criterio 2 es menos importante que el criterio 1, por lo que la primera celda está en blanco, pero se considera más importante que el criterio 3 (celda con un 2). En la tercera fila, el criterio 3 se considera menos importante que el 1 y el 2 (celdas en blanco). Para completar esta matriz registraremos en las celdas en blanco los valores inversos a sus simétricos. A continuación, se suman las puntuaciones de cada columna y se anota el total obtenido y se suman los totales de todas las columnas y se registra en el Total Global, posteriormente, se suman los valores de cada fila de la matriz y se divide el valor total obtenido de cada fila entre el Total Global para convertirlo en un porcentaje.

Este porcentaje es la puntuación ponderada que se utilizará como multiplicador en la matriz final de comparación de todas las opciones, cada opción con base en la combinación de todos los criterios y en este paso se construye una matriz en L donde se registran en las diferentes opciones en las filas y todos los criterios en las columnas como se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Matriz L ponderada

	Mejora en la satisfacción del cliente	Menor coste de implantación	Rapidez en la implantación	Total fila (% Total Global)
Mejora en la satisfacción del cliente		5	5	10 (0,78)
Menor coste de implantación	1/5		2	2,2 (0,17)
Rapidez en la implantación	1/5	1/2		0,7 (0,05)
Total columna	0,4	5,5	7	12,9

Nota: Camisón, Cruz y González

De la lectura de esta matriz de la Figura 12 se deduce que los distintos criterios tienen los pesos específicos, como se observa en la Figura 13.

Figura 13. Criterios

Criterios	Ponderación
Mejora en la satisfacción del cliente	78 %
Menor coste de implantación	17 %
Rapidez en la implantación	5 %

Nota: Camisón, Cruz y González

5. Comparar todas las opciones consideradas con los criterios ponderados: Ahora se debe analizar cómo cada una de las actividades u opciones contribuye a satisfacer cada uno de los criterios seleccionados. (pp. 1273-1274)

Herramientas para el diseño

A continuación, se presentan las herramientas que ayudarán en el diseño de la propuesta, el objetivo primordial de estas herramientas será brindar una guía utilizando metodologías específicas que ayudarán a la solución del problema del proyecto de investigación.

Diagrama Relacional de Espacios

De acuerdo con Torres (2020) este diagrama se define como:

Un gráfico en el que las áreas son representadas como nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U, X) dada en el análisis de las relaciones entre actividades de acuerdo con el código de líneas (A cuatro líneas, EN tres líneas, I dos líneas, X línea curva punteada). En este se detalla no solo el tipo de operación que se efectúa en cada área, sino que permite analizar el hecho de que efectivamente las relaciones tipo A, en su mayoría, se encuentran adyacentes y las de tipo X se encuentran separadas, por lo que cumplen el objetivo de la metodología SLP (Torres, 2020, pp. 108-109).

Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

Según Torres (2020), lo primero que se debe de tener en cuenta para realizar un diagrama relacional de espacios es definir la estructura y la forma en una representación a escala del tamaño que ocupa cada área proporcional al espacio requerido en la planta física (p.109).

Pasar en limpio y comprobar el diagrama teórico final, este será el punto de partida de la distribución en cuanto se le incluyan los espacios y los factores influyentes.

Herramienta para el Control de la Propuesta

Con respecto a las herramientas que se detallan a continuación, la finalidad de estas mantener el proceso bajo control, además, permiten realizar un seguimiento de lo que se está haciendo y cómo se organiza la empresa para llevar a cabo las funciones, con base en la propuesta diseñada.

Indicadores

De acuerdo con el Departamento Administrativo de la Función Pública (DAFP) (2020), los indicadores son:

Una expresión cualitativa o cuantitativa observable que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, la que comparada con periodos anteriores o bien frente a una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo (p.17).

El autor menciona que existen varios tipos de indicadores, los cuales se presentan a continuación.

Tipos de indicadores

A continuación, se presenta los tipos de indicadores que existen, además de una breve explicación de estos.

- **Eficiencia:** Busca establecer el cumplimiento de planes y programas de la entidad, previamente determinados, de modo tal que se pueda evaluar la oportunidad (cumplimiento de la meta en el plazo estipulado), al igual que la cantidad (volumen de bienes y servicios generados en el tiempo).
- **Efectividad:** Se relaciona con la medición del nivel de satisfacción del usuario que aspira a recibir un producto o servicio en condiciones favorables de costo y oportunidad, y con el establecimiento de la cobertura del servicio prestado
- **Economía:** La capacidad de autofinanciamiento (cuando la institución tiene atribuciones legales para generar ingresos propios), la ejecución de su presupuesto de acuerdo con lo programado y su capacidad para recuperar préstamos y otros pasivos.
- **Ambientales:** Con la aplicación de este tipo de indicadores se puede tener beneficios como la reducción de los costos, debido al uso razonable de los insumos, por ejemplo el agua, la energía, entre otros (pp. 24-31).

Para elaborar un indicador, el autor brinda una serie de preguntas, las cuales dan una mejor perspectiva:

- ¿Qué se hace con esta pregunta? Se pretende que la entidad describa sus actividades principales, que permiten cumplir con la razón de ser por la cual fue creada.
- ¿Qué se desea medir? Debe realizarse la selección de aquellas actividades que se consideren prioritarias. Para ello se trata de establecer una relación valorada (por ejemplo, de 0 a 10), según el criterio que se establezca y permita priorizar todas las actividades.
- ¿Quién utilizará la información? Una vez descritas y valoradas las actividades, se deben seleccionar los destinatarios de la información, ya que los indicadores deben definir sustancialmente en función de quién los va a utilizar.
- ¿Cada cuánto se debe medir? Debe precisarse la periodicidad con la que se desea obtener la información. Depende del tipo de actividad y del destinatario de la información, los indicadores habrán de tener una u otra frecuencia temporal en cuanto a su presentación.
- ¿Con qué se compara? Finalmente, deben establecerse referentes respecto a su estructura, proceso o resultado, que pueden ser tanto internos a la organización, como externos a la misma y que servirán para efectuar comparaciones (pp. 34-35).

Una vez respondidas estas preguntas, se procede a la construcción de los indicadores, según el

autor anterior.

- **Identificación y/o revisión de productos y objetivos que serán medidos**

Este será el punto de partida para asegurar la coherencia de los indicadores que se pretende construir, su análisis definirá el tipo de medición y los esfuerzos necesarios para obtener la información, pero cómo determinar lo que se considera estratégico para la organización.

- **Establecer medidas de desempeño claves**

El número y tipo de indicadores dependerá de los objetivos determinados para la evaluación de las características de la entidad y del nivel de la organización que se pretendan desarrollar.

- **Asignar las responsabilidades**

El paso siguiente a la identificación de lo que se medirá es establecer las responsabilidades institucionales para el cumplimiento en el manejo de la información, tanto para alimentar el indicador como para su análisis y presentación de resultados.

- **Establecer referentes comparativos**

Es posible establecer un referente respecto de otras entidades similares o comparables o respecto de datos históricos, todo dependerá de las necesidades planteadas desde los objetivos iniciales.

- **Construir fórmulas**

La construcción de la fórmula debe asegurar que su cálculo obtenga información de las variables que se están tratando de medir, es decir el resultado del indicador (pp. 35-37).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el procedimiento metodológico que se va a utilizar para brindar una respuesta a la pregunta de investigación anteriormente definida. Se incluirán aspectos como enfoque, alcance, diseño, variables, muestra, instrumentos, recolección de datos, método de análisis y cronograma del proyecto. Además, se procederá a la selección del enfoque, diseño y alcance que se adecuen según las características presentes en la investigación.

Enfoque

A continuación, se presentan las características de cada uno de los enfoques según la metodología de investigación.

Cuantitativo

De acuerdo con Hernandez *et al.* (2014), este enfoque se define de la siguiente forma:

Representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica (p. 4).

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

Cualitativo

Hernandez *et al.* (2014), indica que 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. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en

ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio (p. 7).

Mixto

Estos se definen como:

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)

Según las descripciones anteriores, se llega a la conclusión de que el actual proyecto tiene un enfoque cuantitativo, ya que se procede a la recolección de datos fundamentados en la medición, se presentan mediante números, y se deben de analizar con métodos estadísticos y se finaliza con la elaboración de una propuesta de mejora dados los resultados obtenidos.

Alcance

A continuación, se presentan las descripciones de los cuatro tipos de alcances según la metodología de la investigación cuantitativa.

Exploratorio

Este alcance se utiliza según *Hernandez et al.* (2014) “cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tiene muchas dudas o no se ha abordado antes” (p. 91).

Correlacional

Este enfoque, según *Hernández et al.*, pretende responder a preguntas de investigación con un contexto específico. Y además indica que:

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 (2014, p. 93).

Descriptivo

En este alcance se busca:

Especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis. Es decir, únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández *et al.*, 2014, p. 92).

Explicativo

Este enfoque está dirigido según Hernández *et al.* (2014) a:

Responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (p. 95).

Tomando en consideración todos los conceptos anteriores, el alcance que mejor se adapta al proyecto es el explicativo, ya que, como bien se dice en la definición, lo que busca es responder a las causas de los eventos y en qué consisten estas además del porqué se relacionan con dos o más variables.

Diseño

Luego del planteamiento del problema y la definición del alcance, se procede a la selección del diseño. En este apartado se responde la pregunta de investigación y los objetivos planteados.

Diseño experimental

El diseño experimental según Hernandez *et al.* (2014), se define como: “Un estudio donde se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (efectos) dentro de una situación de control para el investigador” (p. 129).

Diseño no experimental

Este autor también define este diseño como: “Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (Hernández *et al.* 2014, p. 152)

En este caso, el diseño no experimental tiene dos vertientes:

Transversales o Transeccionales, las cuales se definen como: “Investigaciones que recopilan datos en un momento único” (Hernández *et al.*, 2014, p. 154).

Longitudinal o evolutiva, que de acuerdo con este mismo autor son: “Estudios que recaban datos 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).

Según los conceptos anteriores, se define que el proyecto actual se ejecutará mediante el diseño No experimental-transversal, ya que el investigador se basará en recopilar datos sin manipulación en su ambiente natural y además será en un momento determinado.

Variables

Las variables de análisis en un proyecto de investigación se definen como toda aquella información que se puede medir o recolectar. En la Tabla 1, se muestra la información requerida para establecer cuáles serán los medios y como se logrará obtener dicha información con el fin de cumplir con los objetivos específicos planteados.

Tabla 1. Variables

Objetivos específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Definir la situación actual de capacidad con la cuenta la compañía	Capacidad	Propiedad de una cosa de contener otras dentro de ciertos límites. (Real Academia Española, s.f.).	Cantidad de producto que se produce en una jornada laboral.	Hoja de recolección de datos, observación.
Cuantificar el porcentaje de unidades de dispositivos médicos que no se alcanzan por la falta de capacidad en	Unidades no producidas	Unidad: Cantidad que se toma por medida o término de	Total de unidades programadas/ Total de unidades producidas	Hoja de recolección de datos, Observación.

<p>el área afectando clientes internos y externos además de políticas internas.</p>		<p>comparación de las demás de su especie. (Real Academia Española, s.f.)</p> <p>No producido: No elaborar o crear o dar algo como fruto (Real Academia Española, s.f.)</p>		
<p>Demostrar por medio de la utilización de diferentes herramientas de ingeniería industrial la causa del problema, atacando las actividades que tenga un balance entre impacto y esfuerzo.</p>	<p>Causa del problema</p>	<p>Aquello que se considera como fundamento u origen de algo (Real Academia española, s.f.).</p>	<p>Causas recurrentes/ Total de causas</p>	<p>Hoja de recolección de datos</p>
<p>Proponer soluciones que se han evaluado previamente según el análisis de las causas del problema, obteniendo resultados que favorezcan la capacidad de respuesta del área.</p>	<p>Soluciones</p>	<p>Acción y efecto de resolver una duda o dificultad. (Real Academia española, s.f.)</p>	<p>Resultados obtenidos/Resultados pendientes</p>	<p>Hoja de Control/Checklist</p>

Definir los indicadores adecuados que permitan el control de la propuesta	Indicadores	Que indica o sirve para indicar (Real Academia española, s.f.)	Total de indicadores implementados/ Total de indicadores propuestos.	KPI, Observación, Hoja de recolección de datos
---	-------------	--	---	--

Nota: Royner Rojas Bustos

Muestra

En la Tabla 2 se desarrollarán los tipos de muestra que serán tomados para realizar la investigación, además se definirá a que población se le realizará el estudio necesario.

Hernández *et al.* (2014) define la muestra como “un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión; además de que debe ser representativo de la población” (p. 173).

Tabla 2. Muestra

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Cantidad de producto que se produce en una jornada laboral.	Poblacional	Producto	100% de los productos por 1 mes.
Unidades no producidas	Poblacional	Unidades	100% de las unidades por 1 mes.
Total de causas	Probabilística aleatoria simple	Causas	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * \sigma^2}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2 + NE^2}$
Resultados obtenidos	Probabilística aleatoria simple	Mejoras	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * \sigma^2}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2 + NE^2}$
Total de indicadores implementados	Poblacional	Indicadores	100% de los indicadores implementados.

Nota: Royner Rojas Bustos.

Instrumentos

En la Tabla 3 se indicarán los instrumentos de medición del proyecto, los cuales ayudarán a la determinación de cómo y con qué se van a medir las muestras anteriores, así como los recursos que se requieren para lograr los indicadores.

Tabla 3. Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Cantidad de producto que se produce en una jornada laboral.	Informes	Informáticos
Unidades no producidas	Informes	Informáticos
Causas recurrentes/ Total de causas	Hojas de observación	Materiales
Resultados obtenidos	Hoja de datos	Materiales
Total de indicadores implementados	Hoja de datos	Materiales

Nota: Royner Rojas Bustos

Recolección de Datos

Según las variables preestablecidas, se procede con la recolección de datos, la cual se refiere a la recopilación o medición de información relevante que permitirá obtener respuestas de las hipótesis del proyecto de investigación y se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Recolección de datos

Indicador	Fuente de los datos	Métodos de recolección de los datos	Beneficios esperados
------------------	----------------------------	--	-----------------------------

Cantidad de producto que se produce en una jornada laboral.	Sistema	Se ingresa al sistema donde se confirman las unidades producidas, y se genera un reporte, se filtra la información requerida por cada una de las cada una de las jornadas laborales.	Determinar el estado actual de la producción para realizar el análisis de este.
Unidades no producidas	Sistema	Se ingresa al sistema donde se confirman las unidades producidas, y se genera un reporte. Se filtra la información requerida por cada una de las jornadas laborales. Y se analizará contra la meta indicada al área.	Determinar la cantidad de unidades que no se logra producir en los diferentes turnos.
Causas recurrentes/ Total de causas	Visitas y observaciones en la empresa y el proceso	Se realizarán visitas tres veces a la semana para observar el proceso, y se llevará una bitácora de los problemas que se presentan.	Definir los causantes del problema, con el fin de buscar una solución efectiva.
Resultados obtenidos	Proceso de producción e información gerencial.	Visitas al piso para para observar el proceso y apuntar los datos importantes, además de hablar con el encargado para recolectar información relevante.	Permite determinar el avance de las propuestas de mejoras del proceso
Total de indicadores implementados	Proceso de producción e información gerencial.	Visitas al piso para observar el proceso y apuntar los datos importantes, además de hablar con el encargado para recolectar información relevante.	Determinar el cumplimiento esperado del proceso de producción.

Nota: Royner Rojas

Métodos de Análisis

En la Tabla 5 se hace énfasis en los indicadores y las razones por las cuales se van a analizar. También información previamente analizada de herramientas que brinden respuestas y conclusiones positivas. Se explican los programas para el análisis, así como el porqué del uso de estos.

Tabla 5. Método de análisis

Indicador	Análisis Por Realizar	Programa	Uso
Cantidad de producto que se produce en una jornada laboral.	Por medio de una hoja de verificación en Excel, se obtendrá la cantidad de productos producido al final de la jornada la cual ya fue validada por el supervisor del departamento. Y con esto se realizará una proyección basada en la producción acumulada con el fin de analizar si se debe mantener el plan de producción inicial que no contempla extras, o si existe la necesidad de tiempo extra para cumplir con la meta mensual establecida	Pizarra y Excel	La información que proporciona este estudio sirve para determinar la situación actual del proceso.
Unidades producidas no	Por medio de una hoja de verificación en Excel, se obtendrá el porcentaje de productos producidos al final de la jornada, la cual ya fue validada por el supervisor del departamento. Luego de verificar si esta cantidad no se cumplió, se realizará un Pareto para identificar las principales causas.	Pizarra y Excel	La información que proporciona este estudio sirve para conocer el nivel de productividad que presenta la empresa actualmente
Causas recurrentes/ Total de causas	Por medio de un Ishikawa, se podrá determinar las causantes de los problemas de producción.	Excel	Conocer el causante del problema para poder atacarlo.

Resultados obtenidos	Por medio de una matriz impacto/esfuerzo se establecerán cuáles serán atacados con un esfuerzo mínimo	Excel	Conocer el avance de las mejoras propuestas.
Total de indicadores implementados	Con la ayuda de una hoja de Excel, se analizará el cumplimiento de los indicadores establecidos. Total de indicadores implementados/Total de indicadores propuestos.	Excel	Información relevante del estado del proceso para su control.

Nota: Royner Rojas Bustos

Cronograma

A continuación, se presenta la Figura 14, un diagrama de GANTT, el cual contiene los capítulos que serán abarcados para llevar a cabo este trabajo. Consta de seis capítulos, los cuales se desarrollan en 27 semanas, se muestra además la duración de las actividades; con esto se obtiene una mejor gestión del tiempo, además, existe una claridad de las actividades a realizar el tiempo que cada una de ellas va a tomar.

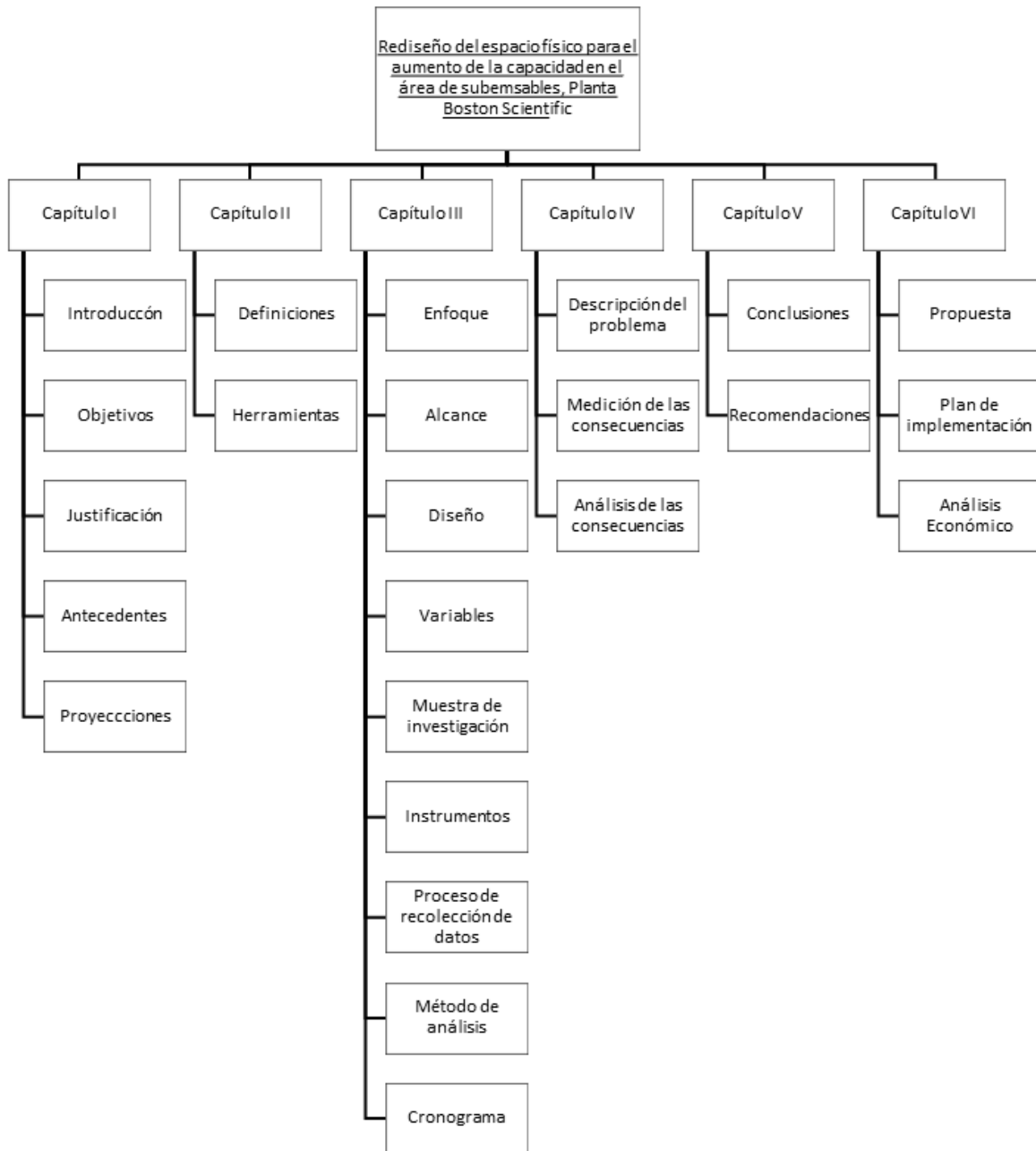
Figura 14. Diagrama de GANTT

Actividades	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Referencias y Antecedentes																											
Formato de documento	■																										
Artículos Científicos		■																									
Libros		■																									
Tesis		■																									
Capítulo I																											
Introducción			■																								
Generalidades de la empresa			■																								
Objetivos			■																								
Justificación			■																								
Antecedentes			■																								
Proyecciones			■																								
Capítulo II																											
Definiciones				■																							
Herramientas				■																							
Capítulo III																											
Enfoque					■																						
Alcance					■																						
Diseño					■																						
Variables					■																						
Muestra 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: Royner Rojas Bustos

A continuación, en la Figura 15 se muestra la estructura de manera desglosada del trabajo, conocido por sus siglas en inglés como WBS; se representa en tres niveles: el primero, muestra el objetivo de la tesis que consta en el rediseño del espacio físico para el aumento de la capacidad en el área de subensables, Planta *Boston Scientific*; en el segundo nivel, se encuentran los capítulos que conforman este trabajo, seis en total, y en el tercer nivel, se encuentran las actividades que se deben de realizar para completar cada uno de los seis capítulos.

Figura 15. Estructura de desglose del trabajo WBS



Nota: Royner Rojas Bustos

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

A continuación, se desarrollará el cuarto capítulo del proyecto, el cual consiste en mostrar la situación actual de la empresa, en este caso del Área de subensamble de *Boston Scientific*. Este capítulo es evaluado por medio de tres fundamentos, se inicia con la descripción del problema, seguidamente, se miden las consecuencias que traen a la empresa esos problemas, y se finaliza con el análisis de las causas.

Descripción del Problema

Una buena práctica de las empresas es contar con una estrategia de ubicación y distribución de planta. En el área donde se estudia este caso la planta de manufactura *Boston Scientific*, en el área de Subensamble han proyectado un incremento en la demanda de las unidades que procesan.

A raíz del incremento de la demanda, han tenido que recurrir a realizar tiempos extras de producción, lo cual no es sustentable para la planta económicamente, ya que al cliente no se le aumenta el precio del producto por ineficiencias internas o falta de capacidad.

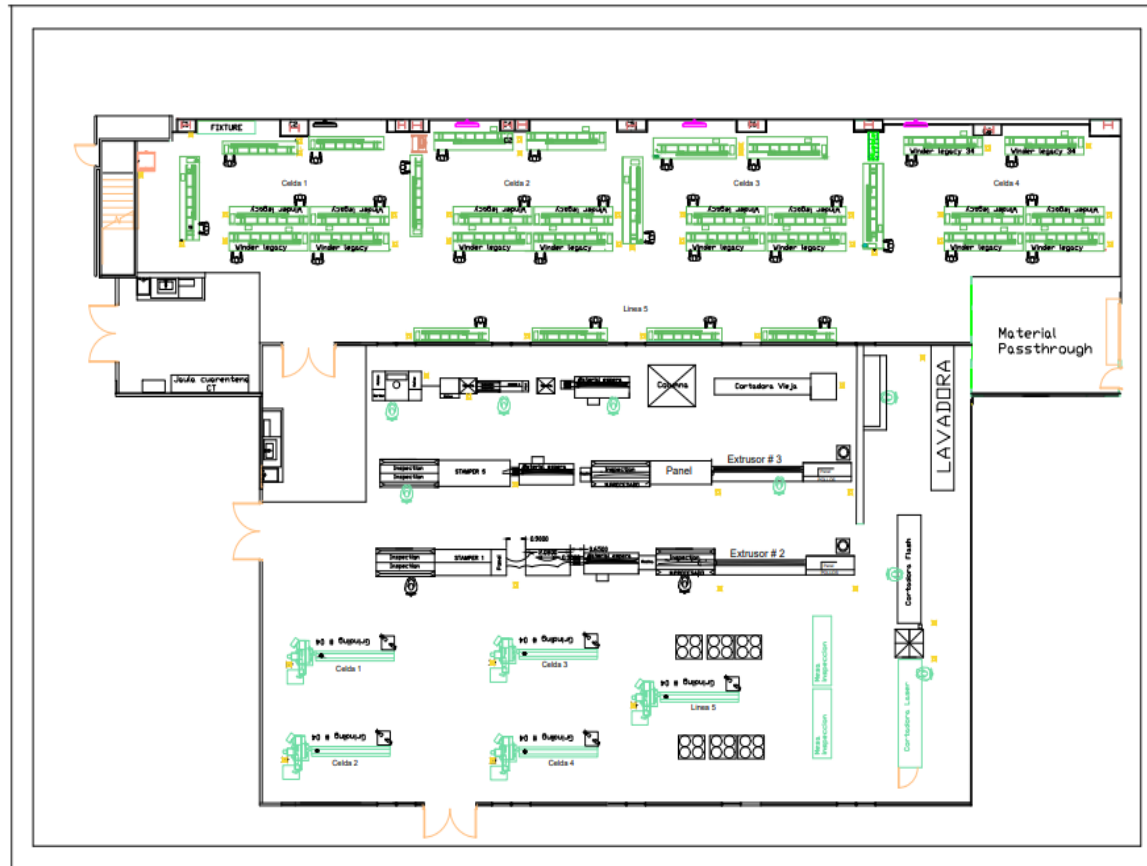
El área se presenta una problemática, ya que la elaboración del dispositivo se debe realizar en dos cuartos llamados Cuarto 1 y Cuarto 2. Estos dos cuartos requieren de normas diferentes para su ingreso, en Cuarto 1 se realiza un proceso llamado *Winding* (Bobinado) donde las maquinas bobinan un cable alrededor de un cable más denso llamado mandril Produciendo *Coils* (Cable embobinado). Este proceso, por su naturaleza, genera partículas de hollín, y por esta razón, para su ingreso se requieren de dispositivos de seguridad como: lentes de protección y tapones auditivos. En el momento que los *Coils* (Cable embobinado) están listos, se empaican y se almacenan en bines, para ser trasladados al Cuarto 2, donde inicia un proceso llamado *Grinding* (rectificado), en este se le realiza una rectificación al *Coil* (Cable embobinado) en un extremo de la unidad. Para ingresar del Cuarto 2, las personas se deben de colocar un cobertor de cabello, un cobertor de barba (si aplica), debe realizar un lavado y secado de manos, debido a que es un espacio controlado.

El proceso cuenta con dos etapas, cuando se trasladan las unidades de *Winding* (bobinado) a *Grinding* (rectificado) realizadas por el mismo operario. Esto genera que el operario, al tener que abandonar su estación, deje de producir unidades y se reduce la capacidad ya que el proceso de *Winding* (bobinado) es el cuello de botella del área. Para determinar lo descrito anteriormente, se ha realizado una toma de tiempos de forma aleatoria en los tres turnos del área.

Distribución actual de la planta

Es importante para el desarrollo de este capítulo, tener una idea clara de la distribución actual de la planta, en la siguiente Figura 16 se muestra el Layout del área de subensamble.

Figura 16. Layout Subensamble



Nota: Departamento de Facilidades

La Figura 16 representa una idea clara del área subensables, el cual está dividido en dos cuartos: el primer cuarto, llamado Cuarto 1, tiene un área de 537.55 m² y es donde se inicia el proceso productivo, y además se encuentra el Cuarto 2, que tiene un área de 789m² y es donde se finaliza el proceso, para un total de 1646m².

A continuación, en la Tabla 6 se mostrará la dimensión de cada una las áreas que conforman el área de producción.

Tabla 6 Dimensiones en m²

Localización	Área en M²
Winding	537,55m ²
Lavado de manos	8 m ²
Grinding	789m ²
Área de Fixture	1,45m ²
Área de Materia Prima	274m ²
Área de Técnicos	12m ²
Área Administrativa	24m ²
Locker	58m ²
Baños	5,75m ²

Nota: Royner Rojas Bustos.

Deficiencias actuales observadas

En una observación del área se logró determinar diferentes situaciones que deben ser tomadas en cuenta para la distribución de planta:

- Actualmente, el proceso cuenta con el desperdicio de transporte muy marcado.
- Por la naturaleza del producto elaborado en Cuarto 1, este no requiere de las políticas de calidad de Cuarto 2, pero dada la ubicación de los procesos dentro del área de trabajo, estos deben de cumplir con las políticas al ser trasladadas de un cuarto al otro para seguir el proceso de producción.
- Saturación en la transición entre los cuartos.

Medición de las consecuencias

La medición de consecuencias tiene como fin identificar y asignar una calificación o rango a los riesgos de una distribución de planta inadecuada.

Estudio de tiempos y movimientos

Al analizar la herramienta de los 8 desperdicios, se identificó que el problema era principalmente el transporte. Por lo cual, la investigación se dirige a utilizar la herramienta de estudio de tiempos. Por tanto, se quiere investigar el motivo de los problemas de transporte en esta área. Como se analizó anteriormente, las áreas de *Winding* y el transporte tienen una relación muy importante con el área *Grinding*, esto quiere decir que se deberán de estudiar los tiempos de recorrido entre estas dos áreas.

El siguiente estudio se basa en comprender no solo cuánto tiempo se está requiriendo para una tarea determinada, sino además toma en consideración condiciones que puede sufrir el personal a la hora de realizar sus labores diarias. Al aplicar este método de ingeniería, se podrá determinar el tiempo estándar de estos recorridos.

Objeto de estudio

Para la toma de tiempos en los recorridos y procesos, se elige a operarios con tres diferentes niveles de experiencia, con el objetivo de reducir el grado de error en el resultado. Se explica el objetivo de la medición para que no realicen tareas fuera de lo acostumbrado y se inicia con la toma de tiempos por medio de cronometraje. La jornada de trabajo completa es de 9.5 horas en el turno A, 6.5 horas para turno B y 8 horas para turno C; tanto Turno A y Turno C cuentan con 0.83 horas de alimentación y el turno B tiene un tiempo de 0.50 horas. A continuación se muestra los tiempos efectivos por cada turno:

- Turno A 7.5 horas.
- Turno B 4.85 horas.
- Turno C 5.55 horas.

En la figura 17 se observa la distribución de tiempos por turno

Figura 17 Distribución de tiempos por turnos

TIEMPO BRUTO	TURNO A			TURNO B			SABADOS TURNO B			TURNO C		
	6:00 AM			3:30 PM			7:00 AM			12:00 AM		
	3:30 PM			10:00 PM			2:30 PM			8:00 AM		
	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos
	6.00	360	21,600	15.50	930	55,800	7.00	420	25,200	0.00	0	0
	15.50	930	55,800	22.00	1320	79,200	14.50	870	52,200	8.00	480	28,800
TOTAL TIEMPO BRUTO	9.50	570	34,200	6.50	390	23,400	7.50	450	27,000	8.00	480	28,800

#	DEMORA DE COMIDAS	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos
1	Desayuno	0.33	20	1,200				0.33	20	1,200	0.33	20	1,200
2	Almuerzo	0.50	30	1,800				0.50	30	1,800			
3	Cena				0.50	30	1,800				0.50	30	1,800
	TIEMPO DEMORAS DE COMIDAS	0.83	50	3,000	0.50	30	1,800	0.83	50	3,000	0.83	50	3,000

#	DEMORAS T. PRODUCTIVO	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos
1	Cambio de Lote	0.40	24	1,440	0.30	18	1,080	0.10	6	360	0.40	24	1,440
2	Reunion Arranque de Turno	0.12	7	420	0.12	7	420	0.12	7	420	0.12	7	420
3	Ergonomicos 1	0.05	3	180	0.05	3	180	0.05	3	180	0.05	3	180
4	Ergonomicos 2	0.05	3	180	0.05	3	180	0.05	3	180	0.05	3	180
5	Baños 1	0.08	5	300	0.08	5	300	0.13	8	480	0.08	5	300
6	Baños 2	0.08	5	300	0.08	5	300	0.13	8	480	0.08	5	300
7	Esfuerzos de Opex	0.08	5	300	0.08	5	300	0.08	5	300	0.08	5	300
8	Reunion cierre turno	0.00	0	0	0.00	0	0	0.07	4	240	0.00	0	0
9	Reunion Diaria	0.00	0	0	0.00	0	0	0.08	5	300	0.00	0	0
10	Reunion mensual	0.05	3	180	0.05	3	180	0.05	3	180	0.05	3	180
11	Salida Toma del Bus Noche	0.00	0	0	0.08	5	300	0.00	0	0	0.00	0	0
12	Limpieza despues comidas	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13	Seteo de Equipos	0.17	10	600	0.17	10	600	0.17	10	600	0.17	10	600
14	Parada de Calidad	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0
15	5s	0.08	5	300	0.08	5	300	0.08	5	300	0.08	5	300
16													
17													
18													
19													
20													
	TIEMPO DEMORAS EN TIEMPO PRODUCTIVO	1.17	70	4,200	1.15	69	4,140	1.12	67	4,020	1.17	70	4,200

TIEMPO TOTAL DEMORAS	2.00	120	7,200	1.65	99	5,940	1.95	117	7,020	2.00	120	7,200
-----------------------------	-------------	------------	--------------	-------------	-----------	--------------	-------------	------------	--------------	-------------	------------	--------------

TIEMPO NETO REGULAR POR TURNO (SIN HABER REBAJADO EL DOWNTIME TODAVIA)	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos	Horas	Minutos	Segundos
	7.50	450	27,000	4.85	291	17,460	5.55	333	19,980	6.00	360	21,600

DIAS AL MES	20	20	4	24	TIEMPO TOTAL NETO
--------------------	-----------	-----------	----------	-----------	--------------------------



CAMBIOS (▲) DE LOTE EN LA LINEA			
Turno	▲ / Turno	Min / ▲	Min / turno
A	4	6.0	24
B LV	3	6.0	18
B Sab	1	6.0	6
C	4	6.0	24

Nota: Área Subensambles

Tamaño de la muestra

Se realiza el cálculo del tamaño de la muestra a utilizar según la población que se va a analizar, esto con la intención de que los datos obtenidos sean representativos de la población, a continuación se observa el resultado obtenido.

$$\text{Tamaño de Muestra} = \frac{1,96^2(0,5*0,5)}{0,10^2 + \frac{(1,96^2*(0,5*0,5))}{141}}$$

$$\text{Tamaño de Muestra} = 57$$

Estudio de tiempo

A continuación, como se presenta en la tabla 7, esta cuenta con 5 elementos y 15 ciclos por cada elemento, en total se registraron en 4 tablas. Las muestras tomadas fueron realizadas en los 3 turnos que actualmente cuenta el área como se presenta a continuación en la Tabla 7

Tabla 7 Estudio de tiempos

Estudio de tiempos																			
Proceso	#	Elementos	Observacion (Segundos)															Promedio	Desviación Estandar (s)
			Turno A					Turno B					Turno C						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDADES	1	Tiempo de Ciclo RJ4 240. (por unidad)	26,0	26,2	25,6	27,5	26,4	25,9	25,0	27,6	26,2	26,2	25,2	26,5	26,2	26,40	26,17	26,2	0,7
	2	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	260,0	262,0	260,5	260,3	259,0	260,0	260,0	258,0	260,0	259,8	260,5	260,1	260,0	259,40	260,50	260,0	0,9
	3	Celda 1 al area de lavado.	38,5	38,0	40,0	39,5	38,6	40,1	39,3	39,8	39,8	40,2	40,9	38,5	39,7	40,30	40,15	39,6	0,8
	4	Lavado de manos a C2.	58,6	59,4	60,3	58,7	59,8	60,5	59,8	60,8	60,6	59,8	57,9	59,4	60,3	58,90	59,99	59,6	0,8
	5	Colocacion de cobertores de cabello.	25,00	23,25	24,50	25,35	24,55	25,10	24,89	24,58	25,34	24,88	24,95	25,16	25,00	25,12	25,10	24,9	0,5
	6	Traslado Area de lavado al Area de Grinding.	55,00	50,50	49,52	48,57	48,99	50,00	49,85	48,99	47,25	49,50	49,35	49,25	49,87	47,99	50,00	49,6	1,7
	7	Colocar paquete de unidades en bins	60,0	59,4	60,3	60,0	59,8	60,5	60,0	60,8	60,6	59,8	59,0	59,4	60,3	58,90	60,00	59,9	0,6
	8	Regreso de c1 (Grinding) a C2 (Winder).	120,00	118,70	120,64	119,98	119,60	121,00	120,00	121,68	121,14	119,60	117,98	118,72	120,50	117,80	120,00	119,8	1,1
	9	Colocacion de unidades en bandeja de proceso	60,00	60,00	60,32	60,00	59,80	60,50	59,84	60,84	60,57	59,00	57,89	59,36	60,25	60,00	67,00	60,4	2,0
	10	Proceso de Grinding (por unidad)	4,50	4,50	4,30	4,35	4,56	4,58	3,99	4,50	4,65	4,50	4,50	4,26	4,58	4,50	4,55	4,5	0,2
	11	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	259,20	260,00	260,58	259,16	258,34	261,36	259,20	260,00	261,66	260,00	260,00	256,44	260,28	260,00	259,20	260	1,2
	12	Confirmacion y almacenamiento.	180,00	178,05	180,96	179,97	179,40	181,50	180,00	182,52	181,71	179,40	176,97	178,08	180,75	176,70	180,00	180	1,7

Estudio de tiempos																			
Proceso	#	Elementos	Observacion (Segundos)															Promedio	Desviación Estandar (s)
			Turno A					Turno B					Turno C						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDADES	1	Tiempo de Ciclo RJ4 240. (por unidad)	26,0	26,2	25,6	27,5	26,4	25,9	25,0	27,6	26,2	26,2	25,2	26,5	26,2	26,40	26,17	26,2	0,7
	2	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	266,1	262,8	250,0	260,0	262,2	257,9	261,6	260,0	260,0	262,3	265,0	260,0	252,9	260,44	260,00	260,1	4,1
	3	Celda 1 al area de lavado.	40,0	39,0	38,0	39,5	38,6	39,0	39,3	38,0	44,8	40,2	39,0	38,5	39,7	45,30	45,15	40,3	2,6
	4	Lavado de manos a C2.	66,6	59,4	60,3	58,7	59,8	60,5	59,8	60,8	60,6	67,8	65,9	55,4	56,3	54,90	55,99	60,2	4,0
	5	Colocacion de cobertores de cabello.	31,00	29,25	30,50	31,35	20,55	21,10	20,89	20,58	21,34	20,88	22,95	23,16	23,00	23,12	23,10	24,2	4,1
	6	Traslado Area de lavado al Area de Grinding.	59,00	54,50	53,52	50,57	50,99	52,00	51,85	50,99	43,25	45,50	45,35	45,25	45,87	43,99	46,00	49,2	4,6
	7	Colocar paquete de unidades en bins	65,0	64,4	65,3	65,0	62,8	63,5	63,0	63,8	63,6	53,8	53,0	53,4	54,3	52,90	54,00	59,8	5,4
	8	Regreso de c1 (Grinding) a C2 (Winder).	126,00	124,70	126,64	122,98	122,60	124,00	123,00	124,68	116,14	114,60	112,98	113,72	115,50	112,80	115,00	119,7	5,3
	9	Colocacion de unidades en bandeja de proceso	60,00	60,00	60,32	60,00	59,80	60,50	59,84	60,84	60,57	59,00	57,89	59,36	60,25	60,00	67,00	60,4	2,0
	10	Proceso de Grinding (por unidad)	4,50	4,50	4,30	4,35	4,56	4,58	3,99	4,50	4,65	4,50	4,50	4,26	4,58	4,50	4,55	4,5	0,2
	11	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	259,20	260,00	260,58	259,16	258,34	261,36	259,20	260,00	261,66	260,00	260,00	256,44	260,28	260,00	259,20	260	1,2
	12	Confirmacion y almacenamiento.	132,00	185,00	185,00	185,97	185,40	187,50	183,00	185,52	184,71	182,40	179,97	181,08	180,00	181,00	175,00	180	13,5

Estudio de tiempos																			
Proceso	#	Elementos	Observacion (Segundos)															Promedio	Desviación Estandar (s)
			Turno A					Turno B					Turno C						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDADES	1	Tiempo de Ciclo R/J4 240. (por unidad)	26,0	26,2	25,6	27,5	26,4	25,9	25,0	27,6	26,2	26,2	25,2	26,5	26,2	26,40	26,17	26,2	0,7
	2	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	260,0	259,5	258,0	260,3	259,0	260,0	263,0	258,0	258,5	259,8	260,5	258,7	257,9	259,40	260,50	259,5	1,3
	3	Celda 1 al area de lavado.	38,5	38,0	40,0	39,5	38,6	40,1	39,3	39,8	39,8	40,2	40,9	38,5	39,7	40,30	40,15	39,6	0,8
	4	Lavado de manos a C2.	58,6	59,4	60,3	58,7	59,8	60,5	59,8	60,8	60,6	59,8	57,9	59,4	60,3	58,90	59,99	59,6	0,8
	5	Colocacion de cobertores de cabello.	25,00	23,25	24,50	25,35	24,55	25,10	24,89	24,58	25,34	24,88	24,95	25,16	25,00	25,12	25,10	24,9	0,5
	6	Traslado Area de lavado al Area de Grinding.	55,00	50,50	49,52	48,57	48,99	50,00	49,85	48,99	47,25	49,50	49,35	49,25	49,87	47,99	50,00	49,6	1,7
	7	Colocar paquete de unidades en bins	60,0	59,4	60,3	60,0	59,8	60,5	60,0	60,8	60,6	59,8	59,0	59,4	60,3	58,90	60,00	59,9	0,6
	8	Regreso de c1 (Grinding) a C2 (Winder).	120,00	118,70	120,64	119,98	119,60	121,00	120,00	121,68	121,14	119,60	117,98	118,72	120,50	117,80	120,00	119,8	1,1
	9	Colocacion de unidades en bandeja de proceso	60,00	60,00	60,32	60,00	59,80	60,50	59,84	60,84	60,57	59,00	57,89	59,36	60,25	60,00	67,00	60,4	2,0
	10	Proceso de Grinding (por unidad)	4,50	4,50	4,30	4,35	4,56	4,58	3,99	4,50	4,65	4,50	4,50	4,26	4,58	4,50	4,55	4,5	0,2
	11	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	259,20	260,00	260,58	259,16	258,34	261,36	259,20	260,00	261,66	260,00	260,00	256,44	260,28	260,00	259,20	260	1,2
	12	Confirmacion y almacenamiento.	180,00	178,05	180,96	179,97	179,40	181,50	180,00	182,52	181,71	179,40	176,97	178,08	180,75	176,70	180,00	180	1,7

Estudio de tiempos																			
Proceso	#	Elementos	Observacion (Segundos)															Promedio	Desviación Estandar (s)
			Turno A					Turno B					Turno C						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDADES	1	Tiempo de Ciclo R/J4 240. (por unidad)	26,0	26,2	25,6	27,5	26,4	25,9	25,0	27,6	26,2	26,2	25,2	26,5	26,2	26,40	26,17	26,2	0,7
	2	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	260,0	259,5	258,0	260,3	259,0	260,0	263,0	258,0	258,5	259,8	260,5	258,7	257,9	259,40	260,50	259,5	1,3
	3	Celda 1 al area de lavado.	38,5	38,0	40,0	39,5	38,6	40,1	39,3	39,8	39,8	40,2	40,9	38,5	39,7	40,30	40,15	39,6	0,8
	4	Lavado de manos a C2.	58,6	59,4	60,3	58,7	59,8	60,5	59,8	60,8	60,6	59,8	57,9	59,4	60,3	58,90	59,99	59,6	0,8
	5	Colocacion de cobertores de cabello.	25,00	23,25	24,50	25,35	24,55	25,10	24,89	24,58	25,34	24,88	24,95	25,16	25,00	25,12	25,10	24,9	0,5
	6	Traslado Area de lavado al Area de Grinding.	55,00	50,50	49,52	48,57	48,99	50,00	49,85	48,99	47,25	49,50	49,35	49,25	49,87	47,99	50,00	49,6	1,7
	7	Colocar paquete de unidades en bins	60,0	59,4	60,3	60,0	59,8	60,5	60,0	60,8	60,6	59,8	59,0	59,4	60,3	58,90	60,00	59,9	0,6
	8	Regreso de c1 (Grinding) a C2 (Winder).	120,00	118,70	120,64	119,98	119,60	121,00	120,00	121,68	121,14	119,60	117,98	118,72	120,50	117,80	120,00	119,8	1,1
	9	Colocacion de unidades en bandeja de proceso	60,62	61,35	62,32	60,70	56,80	57,50	56,84	57,84	57,57	61,80	58,89	60,36	61,25	59,90	61,99	59,7	2,0
	10	Proceso de Grinding (por unidad)	4,50	4,50	4,30	4,35	4,56	4,58	3,99	4,50	4,65	4,50	4,50	4,26	4,58	4,50	4,55	4,5	0,2
	11	Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	264,00	263,50	262,00	264,30	261,00	262,00	265,00	260,00	263,50	264,80	260,00	263,70	262,90	264,00	265,50	260	4,4
	12	Confirmacion y almacenamiento.	180,00	178,05	180,96	179,97	179,40	181,50	180,00	182,52	181,71	179,40	176,97	178,08	180,75	176,70	180,00	180	1,7

Nota : Royner Rojas Bustos

Según la Tabla 7 se puede evidenciar el tiempo en el que se incurre en cada una de las actividades, con un mayor énfasis en el tiempo de traslado de material de cuarto 1 al cuarto 2 para finalizar el proceso de las unidades, ya que este es el enfoque para eliminar desperdicios y aprovechar en lo oportuno el tiempo para incrementar la producción como resultado de un incremento en la capacidad.

Es importante aclarar que los tiempos de ciclo de Winding y Grinding son por unidad, los otros tiempos son calculados entre 325 unidades para obtener el valor de tiempo equivalente a una unidad.

Matriz de Priorización

Como resultado en la toma de tiempos, es necesario identificar cuál actividad es la más crítica y aumenta la operación con el objetivo de atacarlo estratégicamente en un orden de prioridad y con la ayuda de la herramienta de matriz de priorización la Tabla 8, esta lo que realiza es un análisis de sumatoria, peso y la clasificación en cada actividad.

Tabla 8 Matriz de priorización de estudio de tiempos

<i>Actividad</i>	<i>Tiempo en segundos</i>	<i>% Relativo</i>	<i>% Acomulado</i>	<i>Clasificación</i>
<i>Regreso de C1 (Grinding) a C2 (Winder).</i>	2279	57,92%	57,92%	A
<i>Traslado Área de lavado al Área de Grinding.</i>	838	21,29%	79,21%	A
Celda 1 al área de lavado.	235	5,97%	85,17%	B
Confirmación y almacenamiento.	180	4,57%	89,75%	B
Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	110	2,80%	92,54%	B
Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	110	2,80%	95,34%	C
Colocar paquete de unidades en bins	60	1,52%	96,86%	C
Colocación de unidades en bandeja de proceso	60	1,52%	98,39%	C
Tiempo de Ciclo RJ4 240.	26	0,67%	99,05%	C
Lavado de manos a C2.	22	0,57%	99,62%	C
Colocación de cobertores de cabello.	10	0,26%	99,89%	C
Tiempo de Ciclo de Grinding	5	0,11%	100,00%	C
Total	3935	100%	-	-

Nota: Royner Rojas Bustos

Análisis de las Causas

En este apartado se estudiarán los diferentes componentes que forman parte del problema general de investigación. Se desarrollarán diferentes herramientas de ingeniería para analizar la situación de una forma más amplia y sencilla con el fin de brindar alternativas de solución a los problemas.

Gráfica de Relaciones de la Distribución de Planta actual

La gráfica de relaciones, así como su nombre lo indica, permite observar la relación que existe entre las áreas en común destinada a la producción de los *Wires* dispositivos de Subensambles; para el desarrollo de la gráfica se segrega dicha área. En Tabla 9 se muestran las siguientes áreas:

Tabla 9. Áreas

Cód.	Áreas
1	Winding
2	Almacenamiento
3	La lavado de manos
4	Grinding
5	Área de Fixture
6	Área de Materia prima
7	Área de técnicos
8	Área administrativa
9	Lokers
10	Baños

Nota: Royner Rojas Bustos

En el análisis de la gráfica de relaciones se consideran las áreas de Subensamble, además los motivos con sus respectivos códigos. Con el fin de identificar con facilidad las relaciones y la proximidad que mantienen, se representan con un color en específico. En la Tabla 10 se muestran los colores de la relación por actividad.

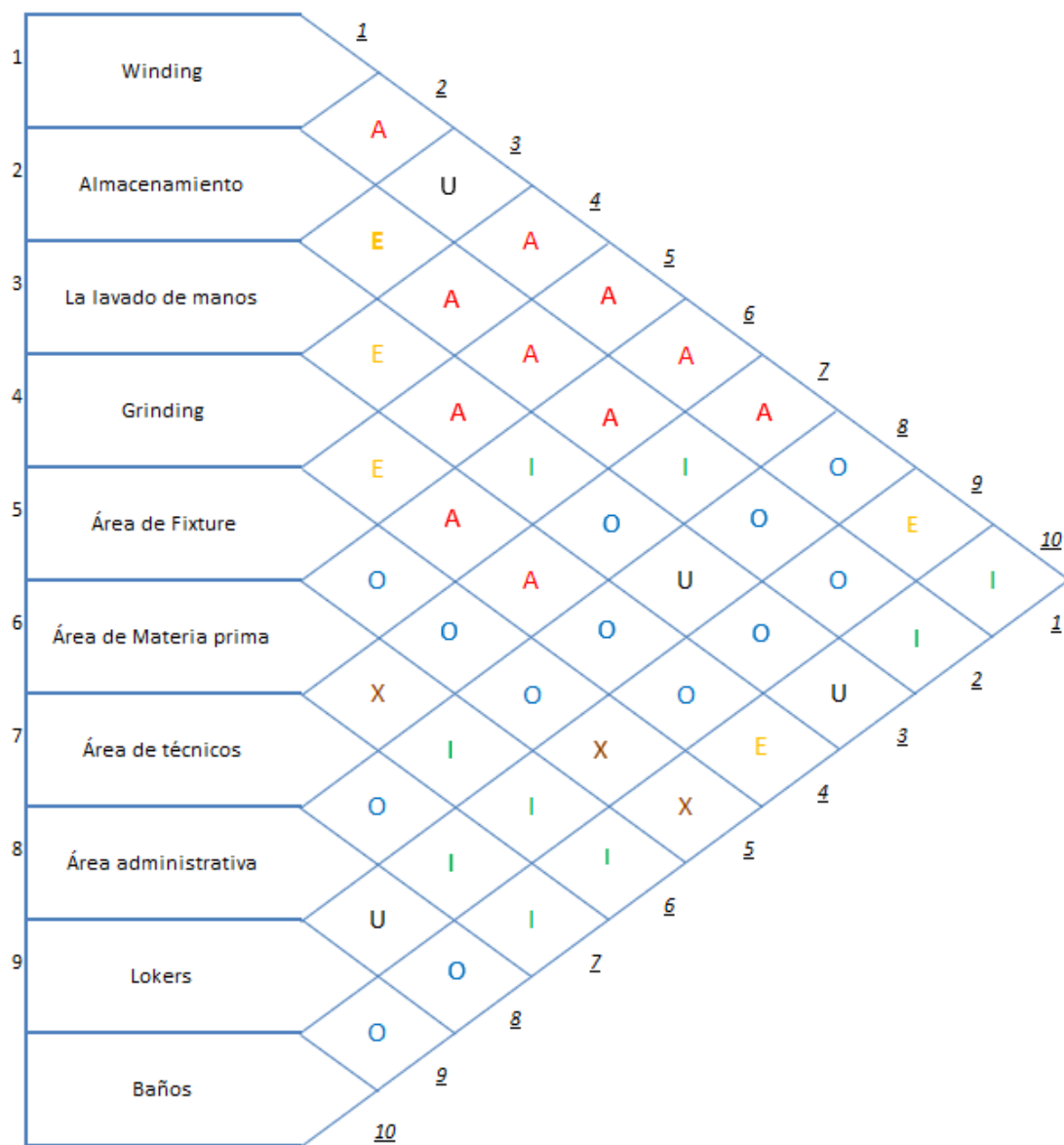
Tabla 10 Relaciones

Relaciones	
A	Absolutamente Necesario
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin Importancia
X	No deseable

Nota: Royner Rojas Bustos

Una vez establecidas las relaciones por actividad, códigos y motivos, el siguiente paso es desarrollar el diagrama de relaciones, este permite visualizar la relación de las actividades de manera más ordenada y basado en la distribución de planta actual. La Figura 18 representa la gráfica de relaciones.

Figura 18. Diagrama de relaciones



Nota: Royner Rojas Bustos

El análisis de la gráfica o matriz de relaciones se realizó por medio de “la regla del dedo” con la cual se definen las relaciones entre áreas y la misma consiste en contar la cantidad de relaciones iguales y realizar una sumatoria, el resultado de la cantidad de relaciones es la base para calcular el porcentaje de la relación y la cantidad de relaciones realizadas.

A continuación, en la figura 19 se muestra el cálculo de las proximidades, con base en las relaciones por actividad.

Figura 19 Hoja de trabajo de relación de actividades.

Hoja de trabajo de relación de actividades						
No. Área	A	E	I	O	U	X
Winding	2,4,5,6,7	9	10	8	3	0
Almacenamiento	4,5,6	3	7,1	8,9	0	0
La lavado de manos	5	4	6	7	8, 10	10
Grinding	6,7	5,10	0	8,9	0	0
Área de Fixture	0	0	0	6,7,8	0	9, 10
Área de Materia prima	0	0	8,9	8,9, 10	0	0
Área de técnicos	0	0	9, 10	8	0	0
Área administrativa	0	0	0	10	9	0
Lokers	0	0	0	10	0	0
Baños	0	0	0	10	0	0

Nota: Royner Rojas Bustos.

La Tabla 11 muestra la sumatoria de las proximidades y el porcentaje respectivo para las cuarenta y cinco relaciones, de las cuales el 24% corresponde a once absolutamente necesarias, cinco relaciones especialmente importantes para un 11%, nueve importantes que comprenden el 20%, trece ordinarias que su porcentaje es de 29%, cuatro relaciones sin importancia que dan como resultado 9% de las relaciones, y por último tres relaciones no

deseadas que comprenden el 7%, para obtener el 100% de las relaciones. Lo indicado anteriormente, demuestra que la relación entre las áreas es inaprovechable, ya que se requiere tener al menos cinco relaciones absolutamente necesarias, diez especialmente importantes, quince importantes, veinte ordinarias, cincuenta sin importancia y cinco no deseables, sin embargo, eliminar o reducir las relaciones no deseables y las relaciones sin importancia permite darle valor al proceso y que la distribución de planta se vuelva óptima y permita un crecimiento a nivel operativo. Realizar cambios en la distribución del taller es el principio para aumentar y dar valor al producto terminado, con el fin de cumplir las expectativas del cliente interno y externo.

Tabla 11. Resultado de Proximidades

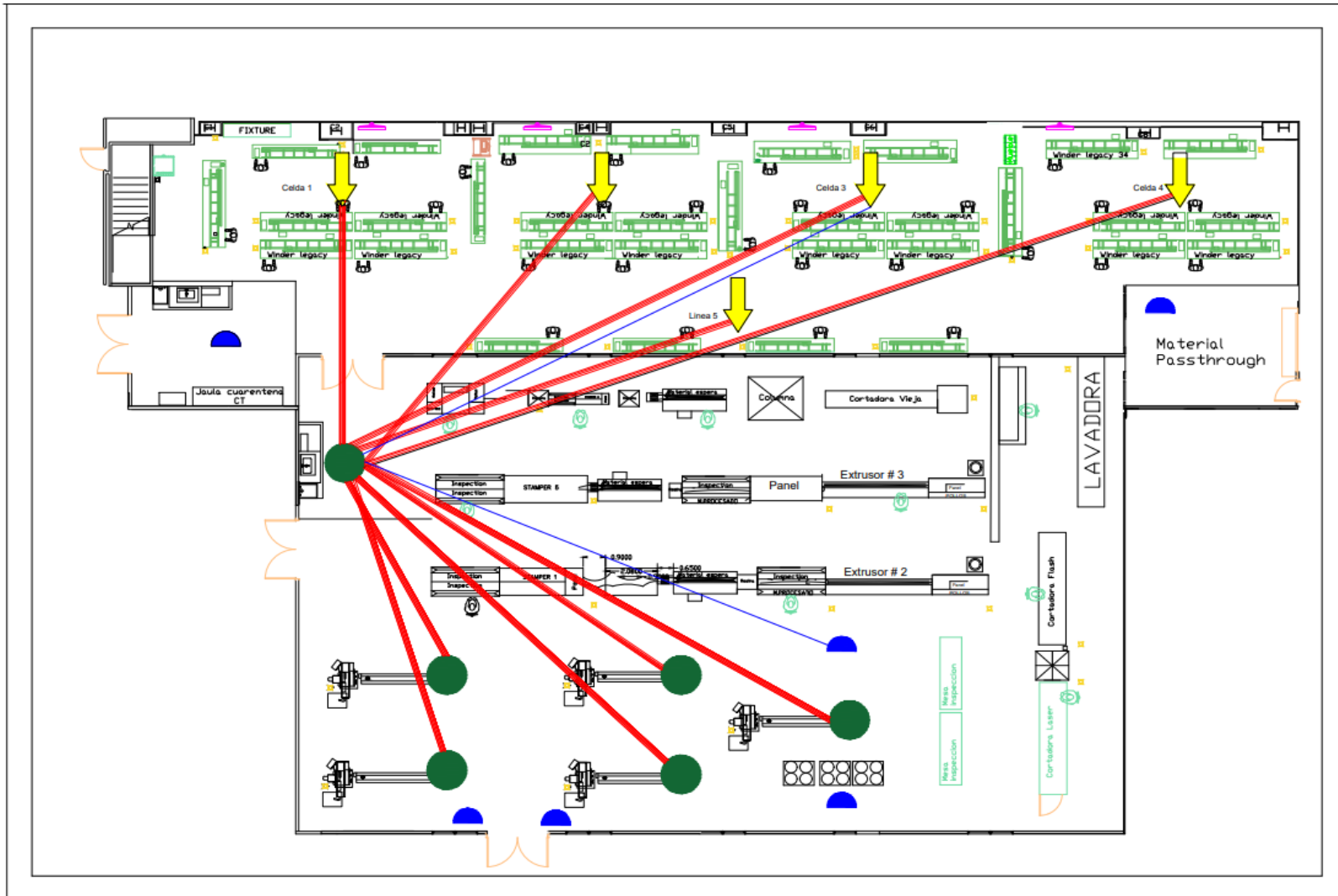
Relación por actividad	Porcentaje de la relación	Cantidad de relaciones	Recomendación
A	11	24%	5%
E	5	11%	10%
I	9	20%	15%
O	13	29%	20%
U	4	9%	50%
X	3	7%	5%
Σ	45	100%	105%

Nota: Royner Rojas Bustos

Diagrama de recorridos

A continuación, en la siguiente Figura 20 se puede observar el recorrido de una forma visualmente amigable para comprenderlo, donde viaja la materia con un primer paso del proceso y donde se unen entre las siguientes operaciones, transporte, control de calidad que se realiza desde la fuente por medio de las inspecciones de producto finalizando con el almacenamiento de las piezas listas en el proceso del área.

Figura 20. Diagrama de recorridos actual



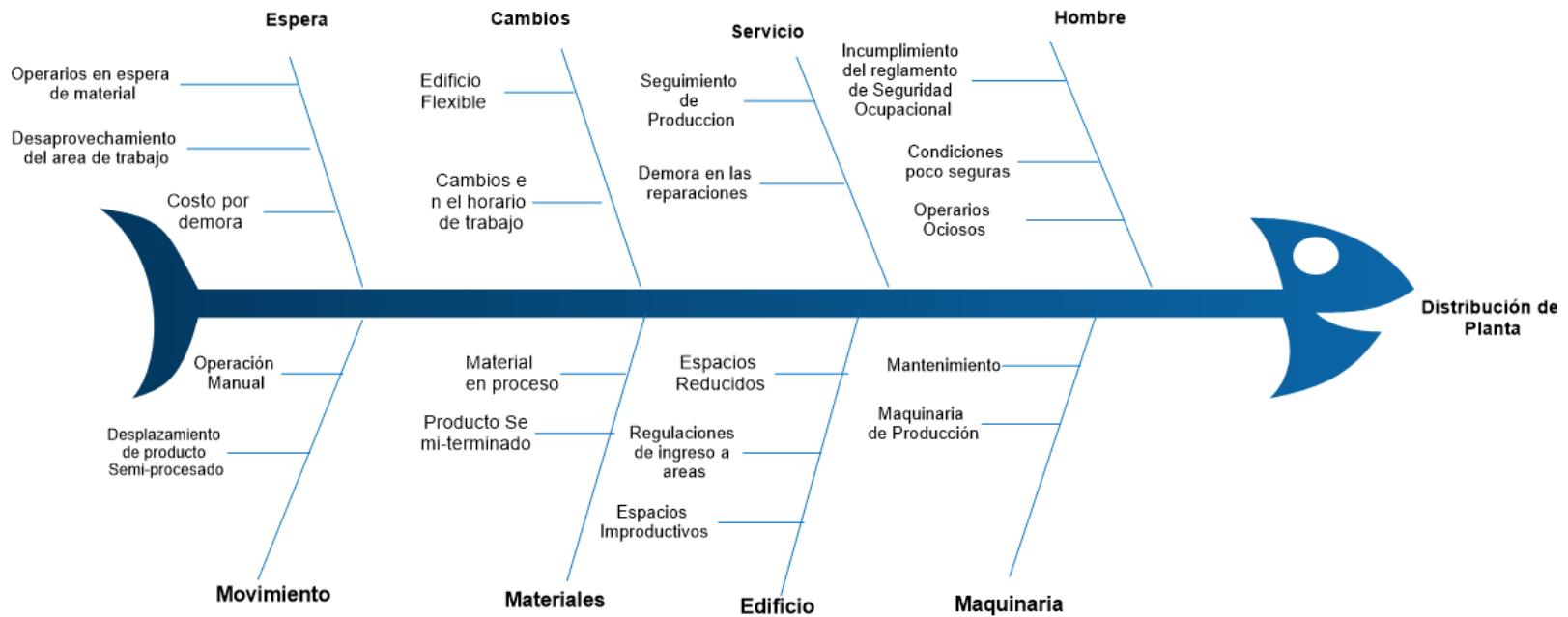
Nota: Royner Rojas

Diagrama de Ishikawa

El análisis de las herramientas utilizadas anteriormente, permiten determinar los problemas que presenta la distribución de planta actual. Como parte de la situación actual, es necesario analizar los factores que afectan dicha distribución, con el fin de lograr una nueva propuesta para la distribución de la planta.

A continuación, en la Figura 21, se muestra un diagrama de Ishikawa con los diferentes factores que impactan la distribución de la planta a trabajar.

Figura 21. Diagrama Ishikawa Subemsables



Nota: Royner Rojas Bustos

Todos los factores mencionados en la Figura 21, son la base para realizar una correcta distribución de planta. Analizar cada uno de ellos crea un método ordenado que indica los detalles que pueden afectar el proceso. A continuación, se describe cada uno de los factores.

Factores hombre.

En toda distribución de planta se debe de tomar en cuenta las condiciones de trabajo y la seguridad de los trabajadores, en este caso se identifican causas de incumplimiento de algunas reglas de salud ocupacional y esto trae consigo problemas de seguridad para que los trabajadores realicen sus labores, además, dado al largo recorrido que deben de realizar entre los diferentes cuartos, los operarios tienen tiempo ocioso en su estación de trabajo.

Factor servicio.

Este factor lo componen los elementos que interactúan dando un servicio al personal del área de subensamble, como lo es el departamento de mantenimiento, el cual cuando la maquinaria falla, debe realizar una validación de las dos máquinas que interactúan y este se hace un proceso lento dada la distancia entre ellas, además también se trabaja de la mano del departamento de ingeniería, ya que con cada paro debe de realizar una validación del proceso ejecutado y cuando va a afectar el paro a la meta establecida.

Factor cambio.

El cambio es una parte esencial de todo concepto de mejora, y su frecuencia y rapidez es cada día mayor. A la hora de planear una nueva distribución, una cosa es segura y es que las condiciones de trabajo afectarán, y será una afectación grande o pequeña en dicha distribución.

Por lo tanto, se debe de planear la nueva distribución del área con base en las necesidades del área, un edificio más flexible y un cambio en los horarios son los factores de cambio del área de Subensables, esto enfocado en una mejor distribución del tiempo y en un aumento de capacidad.

Factor espera.

Con una distribución de planta correcta, el flujo de los materiales se ve reducido en un nivel óptimo. El objetivo siempre debe ser que el movimiento de los materiales sea de una forma clara y veloz a través de la planta. En el momento que los materiales son detenidos o se encuentran en un lugar de espera, cuesta dinero.

En el caso del área de subensables, tener operarios en espera de material, ya que pasa de un cuarto a otro, y el desaprovechamiento del área de trabajo, genera un costo por demora.

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. Para la mayoría de las industrias, la manera en la que se trasladan o transportan los materiales tiene una gran influencia sobre la distribución de la planta.

Entre los factores que causan problemas en el área de Subensables está la operación manual y el desplazamiento de producto semiterminado entre cuartos.

Factor material.

El objetivo de la producción es transformar tratar o montar material de modo que se logre cambiar su forma o características, con el fin de producir un producto. Por esta razón, la distribución de estos elementos afecta directamente la producción, ya que depende de los materiales sobre los que los operarios trabajan.

El material en proceso y los productos semiterminados son los factores que afectan al área de subensables.

Factor edificio.

El edificio tiene una importancia vital tanto en una distribución que sea de cero, o a la hora de reordenar un espacio vigente. Este influirá en la distribución, sobre todo si ya existe al momento de proyectarla. De aquí que las consideraciones del edificio se transformen en seguida en limitaciones de la libertad de acción del distribuidor. Por su misma cualidad de permanencia, el edificio crea una cierta rigidez en la distribución

Factor maquinaria.

Uno de los objetivos de una mejor distribución, es lograr una utilización efectiva de la maquinaria, y el no uso de esta es inconveniente. Por esta razón, una correcta distribución debe usar las máquinas en su completa capacidad. En el caso de subensable el mantenimiento de las máquinas de producción genera pérdidas de dinero.

Matriz de priorización

Su función, como su nombre lo indica, es establecer cuál de los elementos deben de priorizarse con el fin de tomar decisiones, por esta razón con base en los factores establecidos en la Figura 20 Diagrama de Ishikawa área de Subensambles, se le ha indicado una calificación a cada causa involucrada en los problemas de los factores que forman parte de la distribución de planta, estas calificaciones fueron asignadas por el Supervisor de Producción y el investigador del proyecto.

Se utilizaron calificaciones de 25,50,75 y 1, estas permiten realizar una sumatoria con el fin de obtener un peso que determina el nivel de importancia en cada factor, los pesos son el resultado de la división de la sumatoria de la fila entre el resultado de la sumatoria de la cada columna y la clasificación es el resultado de multiplicar la nota asignada por el supervisor, la del investigador u el resultado del peso.

Análisis de las causas de los factores de la distribución de planta

Al momento de conocer los factores de mayor peso en la distribución de planta, es importante priorizar las causas más importantes o críticas que afectan la distribución de planta actual del área de subensables.

Factor edificio

De acuerdo con el análisis del diagrama de Ishikawa, se determinó que las causas del factor edificios son las siguientes:

1. Espacios reducidos
2. Regulaciones al ingreso de áreas
3. Espacios improductivos

Con el fin de determinar cuál de las causas es el componente más crítico se desarrolla la Figura 22 la cual es la matriz de priorización para este factor.

Figura 22. Matriz de prioridad Factor edificio

Matriz de Prioridad Factor Edificio						
Supervisor de Producción	50	50	50	Sumatoria	Peso	Clasificación
Investigador	50	25	75			
Sub Causa	Espacios reducidos	Regulaciones al ingreso de áreas	Espacios improductivos			
Espacios reducidos		0,5	0,75	1,25	0,33	833
Regulaciones al ingreso de áreas	0,50		0,50	1,00	0,27	333
Espacios improductivos	0,75	0,75		1,50	0,40	1500
Total	1,25	1,25	1,25	3,75	1,00	2667

Nota: Royner Rojas Bustos

Identificada cuál es la causa más importante, se procede a realizar un resumen de los datos, tomando en consideración el peso, la sumatoria y la clasificación, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23. Resumen de datos

ID	Causa	Sumatoria	Peso	Clasificación
ER	Espacios reducidos	1,25	33%	833
RA	Regulaciones al ingreso de áreas	1	27%	333
EI	Espacios improductivos	1,5	40%	1500
Total		3,75	100%	2667

Nota: Royner Rojas Bustos

Con la clasificación de las causas identificadas, se procede a ordenar los datos en la Figura 24 para calcular el porcentaje relativo y acumulado. Estos datos nos permiten visualizar el nivel de importancia y enfocar la solución en las causas que conforman el 80% del total.

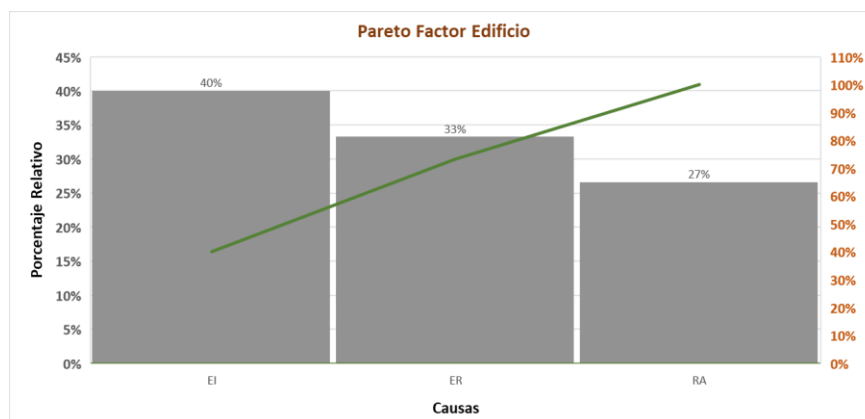
Figura 24. Datos ordenados

ID	Causa	Sumatoria	Peso	% Acumulado
EI	Espacios improductivos	1,5	40%	40%
ER	Espacios reducidos	1,25	33%	73%
RA	Regulaciones al ingreso de áreas	1	27%	100%

Nota: Royner Rojas Bustos

Por medio del análisis del diagrama de Pareto en la Figura 25, se demuestra que los componentes más críticos son: espacios improductivos y espacios reducidos.

Figura 25. Gráfico de Pareto Factor Edificio



Nota Royner Rojas Bustos

El área tiene muchos años de haber sido instalada en la planta de producción y dado el tamaño de esta hay áreas que no se han desarrollado de la mejor manera y otras son muy estrechas. Esto afecta la eficiencia del proceso y genera que la demanda sea menor.

Por esta razón, es importante realizar un análisis del espacio y realizar un reordenamiento del área con el fin de crear un espacio más productivo y que esto impacte el incremento de la demanda.

Factor Espera

De acuerdo con el análisis del diagrama de Ishikawa, se determinó que las causas del factor esperan son las siguientes:

1. Operarios en espera de material
2. Desaprovechamiento del área de trabajo
3. Costos por demora

Con el fin de determinar cuál de las causas es el componente más crítico, se desarrolla la Figura 26 la que es la matriz de priorización para este factor.

Figura 26. Matriz de prioridad Factor Espera

Matriz de Prioridad Factor Espera						
Supervisor de Producción	75	50	50	Sumatoria	Peso	Clasificación
Investigador	75	75	50			
Sub Causa	Operarios en espera de material	Desaprovechamiento del área de trabajo	Costo por demora			
Operarios en espera de material		0,75	1,00	1,75	0,39	2188
Desaprovechamiento del área de trabajo	0,25		1,00	1,25	0,28	1042
Costo por demora	0,75	0,75		1,50	0,33	833
Total	1	1,5	2	4,50	1,00	4063

Nota: Royner Rojas Bustos

Identificada la causa más importante, se procede a realizar un resumen de los datos, tomando en consideración el peso, la sumatoria y la clasificación, como se muestra en la Figura 27.

Figura 27. Resumen de datos

ID	Causa	Sumatoria	Peso	Clasificación
OM	Operarios en espera de material	1,75	39%	2188
DT	Desaprovechamiento del área de trabajo	1,25	28%	1042
CM	Costo por demora	1,50	33%	833
	Total	4,50	100%	4063

Nota: Royner Rojas Bustos

Con la clasificación de las causas identificadas, se procede a ordenar los datos en la Figura 28 para calcular el porcentaje relativo y acumulado, estos datos nos permiten visualizar el nivel de importancia y enfocar la solución en las causas que conforman el 80% del total.

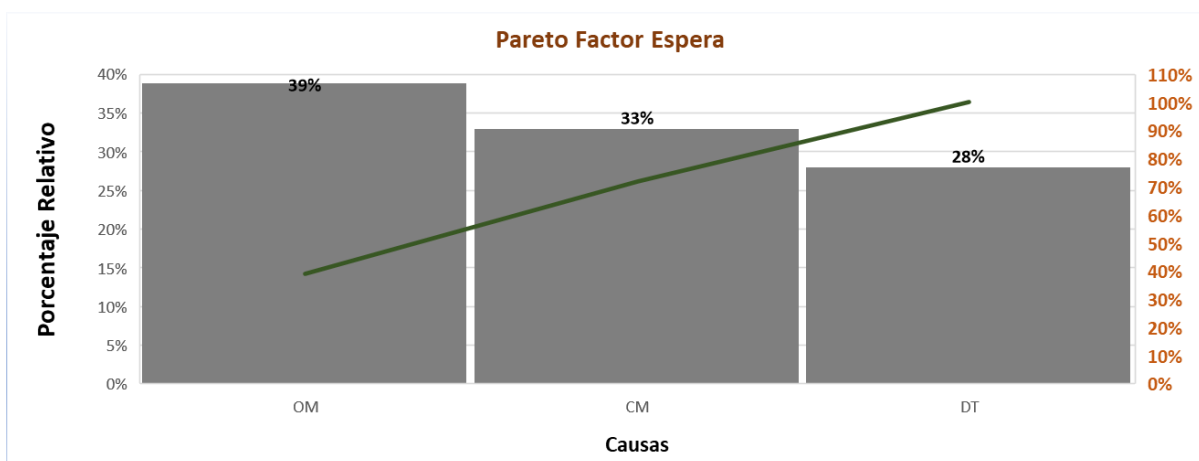
Figura 28. Datos ordenados

ID	Causa	Sumatoria	Peso	% Acumulado
OM	Operarios en espera de material	1,75	39%	39%
CM	Costo por demora	1,5	33%	72%
DT	Desaprovechamiento del área de trabajo	1,25	28%	100%

Nota: Royner Rojas Bustos

Por medio del análisis del diagrama de Pareto en la Figura 29, se demuestra que los componentes más críticos son: operarios en espera de material y costos por demora.

Figura 29. Gráfico de Pareto Factor Espera



Nota Royner Rojas Bustos

Los operarios a la espera de material es el factor de mayor riesgo ya que, debido a la actual distribución del área, existen dos áreas que trabajan en conjunto, pero entre ellas hay una distancia larga y un proceso de puesta de equipo de seguridad que retrasa de manera significativa y de manera directa. Esto genera que el segundo factor se vea afectado, pues tener operarios improductivos genera costos por demora.

Factor movimiento

De acuerdo con el análisis del diagrama de Ishikawa, se determinó que las causas del factor movimiento son las siguientes:

1. Operaciones manuales
2. Desplazamiento de producto
3. Desplazamiento de operario

Con el fin de determinar cuál de las causas es el componente más crítico, se desarrolla la Figura 30 que constituye la matriz de priorización para este factor.

Figura 30. Matriz de prioridad factor Movimiento

Matriz de Prioridad Factor Movimiento						
Supervisor de Producción	50	75	50	Sumatoria	Peso	Clasificación
Investigador	75	75	50			
Sub Causa	Operaciones manuales	Desplazamiento de producto	Desplazamientos Operarios			
Operaciones manuales		0,25	0,25	0,50	0,12	441
Desplazamiento de producto	1,00		1,00	2,00	0,47	2647
Desplazamientos Operarios	1,00	0,75		1,75	0,41	1029
Total	2	1	1,25	4,25	1,00	4118

Nota: Royner Rojas Bustos

Identificada cuál es la causa más importante, se procede a realizar un resumen de los datos, tomando en consideración el peso, la sumatoria y la clasificación, como se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Resumen de datos

ID	Causa	Sumatoria	Peso	Clasificación
OM	Operaciones manuales	0,50	12%	441
DP	Desplazamiento de producto	2,00	47%	2647
D	Desplazamientos Operarios	1,75	41%	1029
Total		4,25	100%	4118

Nota: Royner Rojas Bustos

A partir de la clasificación de las causas identificadas, se procede a ordenar los datos en la Figura 32 con el fin de calcular el porcentaje relativo y acumulado, estos datos nos permiten visualizar el nivel de importancia y enfocar la solución en las causas que conforman el 80% del total.

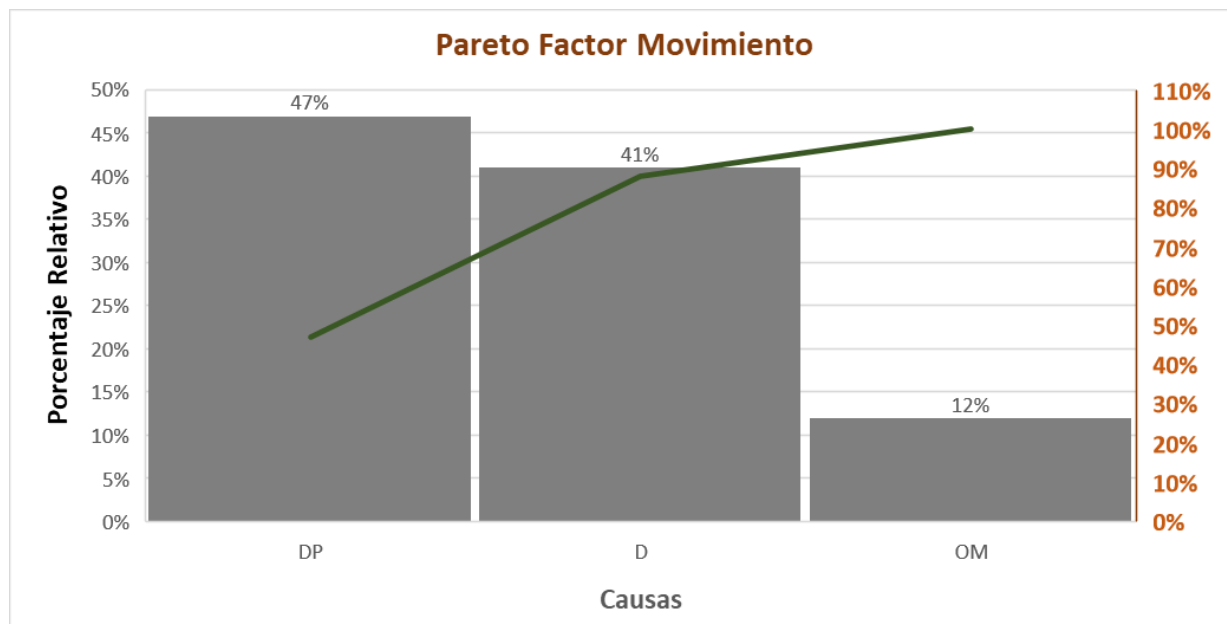
Figura 32. Datos ordenados

ID	Causa	Sumatoria	Peso	% Acumulado
DP	Desplazamiento de producto	0,5	47%	47%
D	Desplazamientos Operarios	2	41%	88%
OM	Operaciones manuales	1,75	12%	100%

Nota: Royner Rojas Bustos

Por medio del análisis del diagrama de Pareto en la Figura 33, se demuestra que los componentes más críticos son: desplazamiento de producto y desplazamiento de operarios.

Figura 33. Diagrama de Pareto Factor Movimiento



Nota Royner Rojas Bustos

Estos dos factores de riesgo están directamente ligados, ya que el producto es desplazado por el operario que los realiza, esto causa que se pierda productividad a la hora que el operario del cuarto 1 debe de parar su producción en su máquina y trasladarse al cuarto 2 para entregar el producto semiterminado al siguiente proceso que se le debe de realizar.

Factor maquinaria

De acuerdo con el análisis del diagrama de Ishikawa, se determinó que las causas del factor maquinaria son las siguientes:

1. Mantenimiento de equipos
2. Maquinaria de producción
3. Fixture-Moldes

Con el fin de determinar cuál de las causas es el componente más crítico, se desarrolla la Figura 34, la matriz de priorización para este factor.

Figura 34 Matriz de prioridad factor maquinaria

Matriz de Prioridad Factor Maquinaria						
Supervisor de Producción	75	50	25	Sumatoria	Peso	Clasificación
Investigador	75	50	50			
Sub Causa	Mantenimiento de equipos	Maquinaria de producción	Fixtures- Moldes			
Mantenimiento de equipos		0,50	0,25	0,75	0,23	1298
Maquinaria de producción	1,00		1,00	2,00	0,62	1538
Fixtures- Moldes	0,25	0,25		0,50	0,15	192
Total	1,25	0,75	1,25	3,25	1,00	3029

Nota: Royner Rojas Bustos

Identificada cuál es la causa más importante, se procede a realizar un resumen de los datos, tomando en consideración el peso, la sumatoria y la clasificación, como se muestra en la Figura 35.

Figura 35 Resumen de datos

ID	Causa	Sumatoria	Peso	Clasificación
ME	Mantenimiento de equipos	0,75	23%	938
MP	Maquinaria de producción	2,00	62%	1111
FM	Fixtures- Moldes	0,50	15%	486
	Total	3,25	100%	2535

Nota: Royner Rojas Bustos

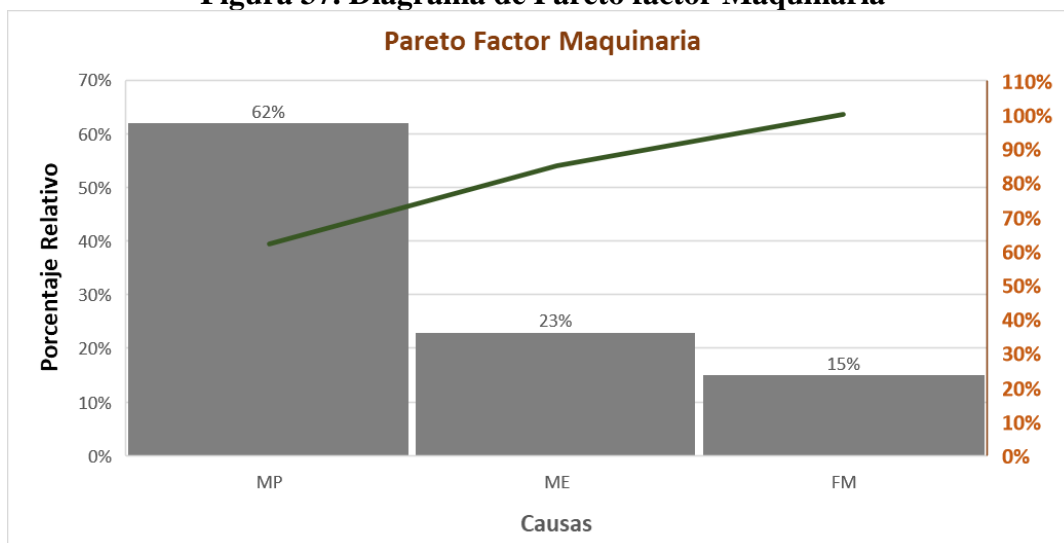
Con base en la clasificación de las causas identificadas, se procede a ordenar los datos en la Figura 36 con el fin de calcular el porcentaje relativo y acumulado, estos datos nos permiten visualizar el nivel de importancia y enfocar la solución en las causas que conforman el 80% del total.

Figura 36. Datos ordenados

ID	Causa	Sumatoria	Peso	% Acumulado
MP	Maquinaria de producción	0,75	62%	62%
ME	Mantenimiento de equipos	1,75	23%	85%
FM	Fixtures- Moldes	2	15%	100%

Nota: Royner Rojas Bustos

Por medio del análisis del diagrama de Pareto en la Figura 37, se demuestra que los componentes más críticos son: maquinaria de producción y mantenimiento de equipos.

Figura 37. Diagrama de Pareto factor Maquinaria

Nota Royner Rojas Bustos

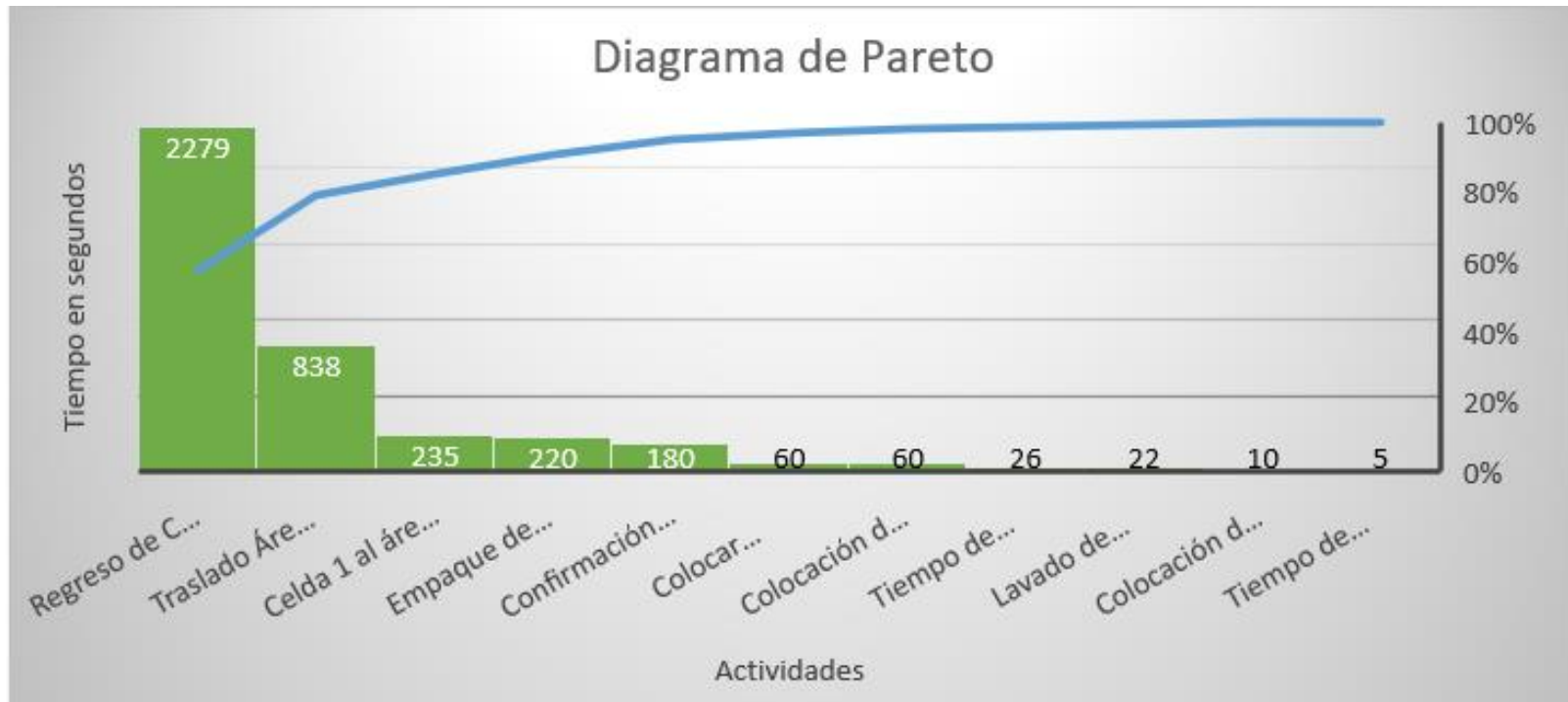
El proceso de mantenimiento tiende a ser más lento ya que las máquinas se encuentran muy lejanas entre sí, además la maquinaria que se encuentra en cuarto 1 es un cuello de botella por esta razón en caso de tener que priorizar se debe de hacer primero en cuarto 1 y luego en cuarto 2, además esto afecta directamente la productividad de estas, ya que si una falla la otra debe de parar, si no, se acumulará material.

Diagrama de Pareto

A continuación, en la Figura 38 se puede observar el gráfico que muestra dónde los transportes son los que tardan el mayor tiempo, esto es el punto crítico que genera una oportunidad de mejora en el proceso y la oportunidad de aprovechar estas ineficiencias para producir unidades con ese tiempo y de esta forma incrementar la capacidad del área.

El tiempo no aprovechado por el operario actualmente genera un cuello de botella en algunas ocasiones cuando debe pasar del cuarto 1 a cuarto 2 por la necesidad de lavar y hacer colaciones de protecciones por las condiciones en el siguiente proceso.

Figura 38. Diagrama de Pareto



Nota: Royner Rojas Bustos.

Diagrama Analítico

Como se observa en la Figura 39 el diagrama analítico presenta las actividades y transportes que actualmente presenta el proceso de producir el producto RJ4 240. Con los tiempos que se toman al final, se hace una distribución por unidad, el total de tiempos entre la cantidad de unidades que se procesa dando como resultado un tiempo de 32.79 segundos por unidad, esto incluye cinco operaciones, cero inspecciones, tres trasportes y dos almacenamientos.

Figura 39. Diagrama analítico

Diagrama analítico									
Diagrama Num: 1		Hoja Núm 1 de 1		Resumen					
Objeto: Coil RJ4 240		Actividad		Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Proceso para producir RJ4 240		Operación		7					
Método: Actual/Propuesto		Transporte		3					
Lugar: Cuarto de Sub ensambles.		Espera		0					
Operario (s): Turno A, B Y C.		Inspección		0					
Fecha: 18/03/202		Almacenamiento		2					
Aprobado por: Esteban Villalobos.		Distancia (m)		78,2					
Fecha: 12/05/2023		Tiempo (segundos)		34,12					
Compuesto por: Royner Rojas Bustos.		- Costo		N/A	N/A	N/A			
Aprobado por: Esteban Villalobos.		- Mano de obra							
		- Material							
		Total							
Descripción	Cantidad Muestras	Tiempo Segundos	Distancia Metros	Símbolo					Observaciones
Tiempo de Ciclo RJ4 240.	15	26,19	0,0	●					
Empaque de unidades (Paquetes 325 unidades).	15	0,80	0,0						
Celda 1 al area de lavado.	15	0,12	12,7						
Lavado de manos a C2.	15	0,18	0,0	●					
Colocacion de cobertores de cabello.	15	0,08	0,0	●					
Traslado Area de lavado al Area de Grinding.	15	0,15	26,5						
Colocar paquete de unidades en bines	15	0,18	0,0	●					
Regreso de c1 (Grinding) a C2 (Winder).	15	0,37	39,0						
Colocacion de unidades en bandeja de proceso	15	0,18	0	●					
Proceso de Grinding	15	4,50	0	●					
Empaque de unidades (Paquetes 325 unidades).	15	0,80	0	●					
Confirmacion y almacenamiento.	15	0,55	0						
Total	15	34,12	78,22	7	0	0	3	2	

Nota: Royner Rojas Bustos.

Análisis de Capacidad

En la Figura 40 se puede observar el análisis de capacidad además de la demanda proyectada para lo que resta del año 2023 y el año 2024. En esta tabla se contempla el tiempo disponible productivo de cada turno, los días disponibles por cada mes, la cantidad de máquinas con las que se cuenta y, un punto muy importante, la cantidad de unidades por horas (output). Se puede ver según los meses

que el *surge capacity* (capacidad de responder a un cambio en la demanda) se mantienen en la mayoría de los casos por debajo del 10% que es el límite permitido según la política de la compañía.

Figura 40. Análisis de capacidad

Process	Shift	Input	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
Winder Legacy	Shift I	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Winder Legacy	Shift II	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Winder Legacy	Shift II (Sat)	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Winder Legacy	Shift III	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Available time	Regular	Work days	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
Shift I	7,50	Wk days reg win	22	20	21	20	22	22	14	21	21	19	21	22	20	17	20	21	23	
Shift II	4,85	Sat reg win	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	3	5	4	4	
Shift II (Saturday)	5,55	Total hrs	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
Shift III	6,00	Winder Legacy	14 109	13 320	13 533	13 320	14 109	14 109	9 867	13 533	13 533	12 745	13 533	14 109	13 320	10 869	13 320	13 533	14 684	
		Total units	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
TC	34,1	Winder Legacy	1 488 626	1 405 410	1 427 910	1 405 410	1 488 626	1 488 626	1 041 112	1 427 910	1 427 910	1 344 694	1 427 910	1 488 626	1 405 410	1 146 828	1 405 410	1 427 910	1 549 343	
Output	105,5	Demanda	1 350 260	1 365 000	1 350 000	1 365 202	1 250 658	1 352 689	952 000	1 332 500	1 250 025	1 250 000	1 250 000	1 250 000	1 052 630	1 250 000	1 352 526	1 356 400		
		Diff	138 366	40 410	77 910	40 208	237 968	135 937	89 112	95 410	177 885	94 694	177 910	238 626	155 410	94 198	155 410	75 384	192 943	
		Surge Capacity	9%	3%	5%	3%	16%	9%	9%	7%	12%	7%	12%	16%	11%	8%	11%	5%	12%	

Nota: Departamento de Planning

Este es un problema que debe enfrentar la compañía de alguna forma; algunas opciones que están en el panorama podría ser la compra de nuevas tecnologías, pero su inversión es significativa. Esto puede generar un arranque que vaya a reducir la capacidad al inicio durante unos meses, ya que todo proyecto de implementación requiere de una estabilización y el personal pasa por una curva de aprendizaje.

Tiempo estándar

El tiempo estándar del proceso actual se calculó según la cantidad de personas que tenemos en el proceso, la cantidad de unidades que logran producir en una hora y el tiempo disponible productivo, basándonos en esos factores, el tiempo estándar actual es de 0.0113.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el capítulo actual se presentan las conclusiones y recomendaciones que se llegaron a lo largo de la ejecución del proyecto, así como los resultados obtenidos. Además, se presentan las mejoras visualizadas y el estado actual y futuro de la empresa.

Conclusiones

Actualmente, las herramientas de ingeniería aplicadas a la distribución de planta proporcionaron datos vitales para conocer los factores críticos del proceso y las razones por las que se deben mitigar. De esta manera, es posible establecer prioridades, y de esto se concluye que se deben buscar mejoras en el diseño de la planta que impacten en el proceso general y causen un incremento en la eficiencia.

Se determina mediante un estudio de tiempos que la distribución de planta está generando aproximadamente en un promedio de 100.800 unidades al mes no se alcanzan a producir equivalente a un 7%, esta área fue una de las primera instaladas en la planta del Coyol de Alajuela hace ya algunos años atrás; fue traído desde México y a hoy aún no se le han realizado mejoras.

Identificar las principales causas de los problemas demostró que no son necesarias modificaciones en los procedimientos, ya que estos permiten realizar el producto con base en sus necesidades; sin embargo, la mala distribución del área tiene una influencia negativa sobre los factores involucrados en la distribución de la planta.

Proponer soluciones como una nueva distribución de planta mejorará de manera significativa el proceso de fabricación de los dispositivos médicos, esto recortará los tiempos de recorrido y aportará un aumento significativo que facilitará soluciones al aumento de la capacidad que requiere la planta.

Los indicadores para dar seguimiento a la propuesta estarán basados en herramientas que demuestren por medio del seguimiento diario que las propuestas realizadas tienen una mejora significativa tanto en tiempos de ciclo como en aumento de capacidad.

Las anteriores conclusiones se realizan con base en los resultados obtenidos, estos confirman que una mejor distribución de planta genera una maximización de todos los factores involucrados en el proceso y genera un impacto positivo a la planta en sus metas de capacidad.

Recomendaciones

Las recomendaciones tienen como fin establecer cuáles son las acciones por tomar para mejorar el proceso y maximizar los recursos de la empresa. Estas nacen ante la ausencia de mejoras que fueron halladas durante la investigación. A continuación, se plantean las recomendaciones el área de Subensables.

Se recomienda modificar la distribución de planta actual, con el fin de mejorar el flujo del recorrido de los dispositivos médicos y para aportar valor al producto terminado. Esta es únicamente un nuevo reacomodo físico y no altera la manera en la que se produce el producto. Esta distribución se basa en tres elementos fundamentales: relación y espacio, debido a que las áreas implicadas en el proceso de fabricación del producto reducirán los problemas entre áreas de trabajo.

Debido a que, a la hora de la puesta en marcha, la nueva distribución va a impactar positivamente en la cantidad de unidades producidas, esto a su vez debe ser tomado en cuenta en el área de bodega, ya que el stock aumentara y deberán considerarse mayores espacios de almacenamiento.

El área debe de considerar un tipo de distribución en tipo Celda, para aprovechar al máximo el espacio del área donde se ejecuta el primero proceso, y de esta manera iniciar y finalizar el proceso en un mismo espacio y así reducir los tiempos de traslado.

Al ser la seguridad un punto fundamental, y dado que se realizará una nueva distribución, se recomienda realizar nuevamente una demarcación de las áreas de trabajo, con el fin de cumplir distribuciones ergonómicas y además mejorar las relaciones entre las actividades.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

A continuación, el siguiente capítulo del proyecto propone presentar tres propuestas con el fin de mejorar la distribución de la planta, de acuerdo con los problemas evidenciados en la situación actual. Se pretende sugerir distribuciones amigables con el flujo de los procesos que se realizan en el área con el fin de lograr un aumento en la capacidad, y producir más unidades eliminando los desperdicios.

Las alternativas de propuestas se plantearon de acuerdo con los siguientes enunciados:

1. ¿Son todos los recorridos necesarios o pueden eliminarse?
2. ¿La única solución es una nueva distribución?

Por lo tanto, se procede con el planteamiento de 3 propuestas, las cuales se basan en el modelo de planeación sistemática conocida como SLP la cual permite obtener datos básicos, determinar el equipo y maquinaria requerida para cumplir con el proceso, fijar el número de unidades de cada maquina y tipo de equipo, así como calcular el espacio total requerido para la fabricación.

A continuación, se plantean tres propuestas para la empresa:

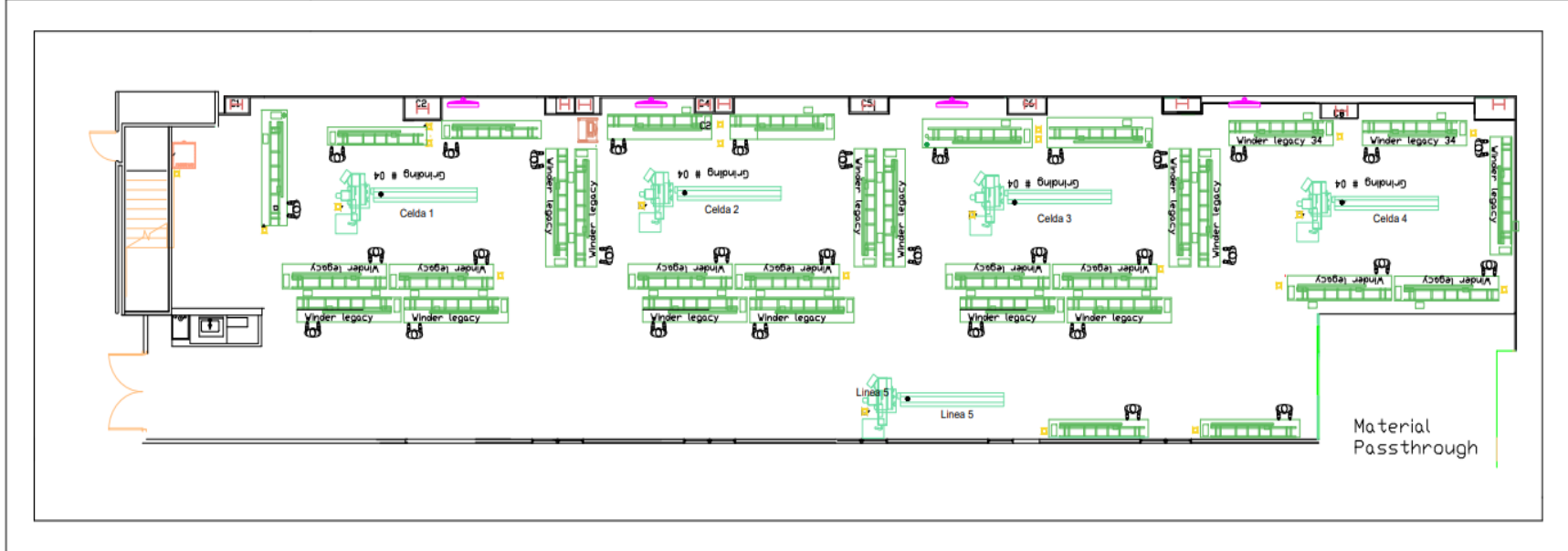
Propuesta (A)

La propuesta A consiste en realizar una distribución por producto, o también conocido como distribución por flujo de producto, ya que esta permite enfocar el proceso en un mismo departamento o área. Con dicha distribución, la maquinaria se situaría una cerca de la otra según sea la secuencia del proceso; de manera que, cuando termine un proceso, inmediatamente inicie el siguiente, y finalice con el ciclo de las unidades.

Esta distribución tiene como fin fabricar un mayor volumen de productos de una forma más fluida y sacando el mayor provecho al espacio y al tiempo que se utiliza para la producción de este, así también eliminando los transportes que están dentro de la operación sin dejar de lado los temas de calidad que puedan impactar de forma negativa la producción de las unidades.

En la Figura 41 se presenta el plano con la distribución de planta para la propuesta.

Figura 41. Distribución de Planta propuesta



Nota: Royner Rojas

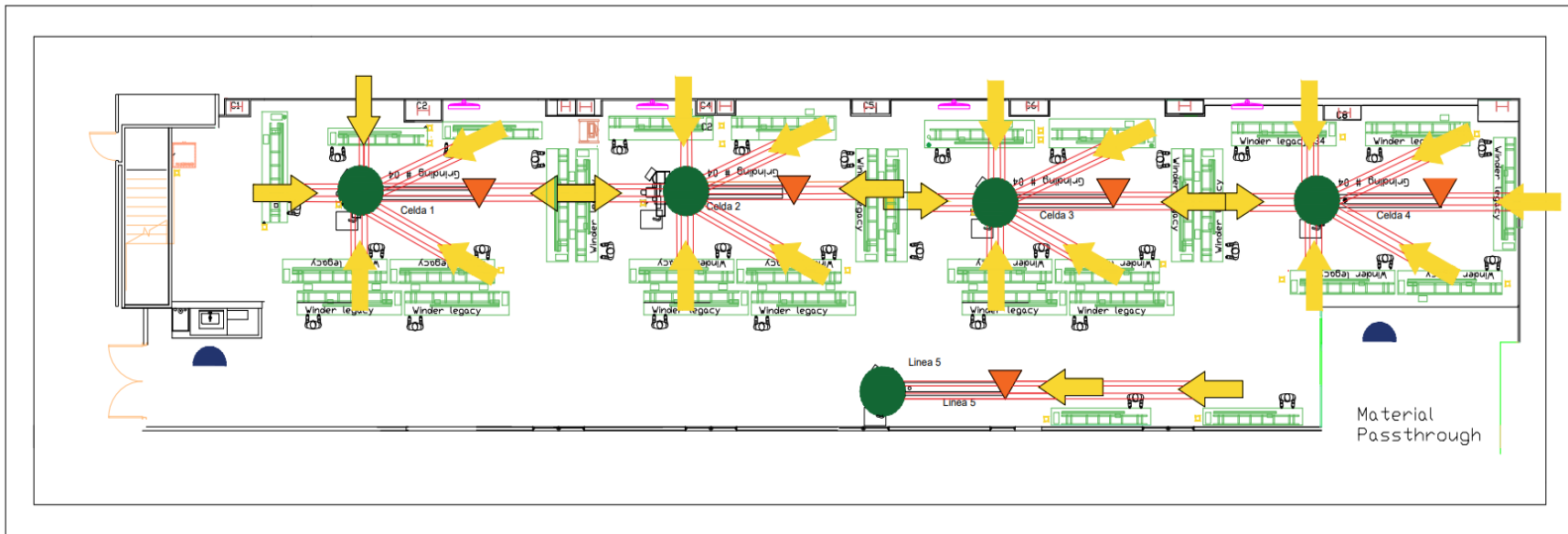
Esta distribución plantea la reubicación de las maquinas que se encuentran en el cuarto 2 al cuarto 1 sin alterar las características del edificio. Al ejecutar los movimientos de la maquinaria del cuarto 2 donde se realizan los pasos finales de la producción del producto, se pretende eliminar pasos como los recorridos de un cuarto hacia al otro, el tiempo de lavado de manos y la colocación de implementos solicitados por el equipo de calidad, y con esto hacer un mejor uso del tiempo de producción e impactar positivamente la capacidad.

Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido se realiza con base a la propuesta (A) y permite demostrar de manera clara el recorrido de la materia prima y de los operarios.

A continuación en la figura 42 se muestra el diagrama de recorrido.

Figura 42. Diagrama de recorrido propuesta A



Nota Royner Rojas

La propuesta A logra una manera más eficiente del uso del espacio, ya que ni el material ni los trabajadores se deben de trasladar largas distancias y esto beneficia a la eficiencia del proceso.

Algunas de las desventajas que este tipo de flujo puede presentar es que si una de las maquinas se daña puede afectar toda la línea de producción, si es muy lenta tambien va a ser esta la que marque el tiempo de producción o si el producto presenta alguna modificación la estructura de producción deberá sufrir modificaciones tambien.

Propuesta B

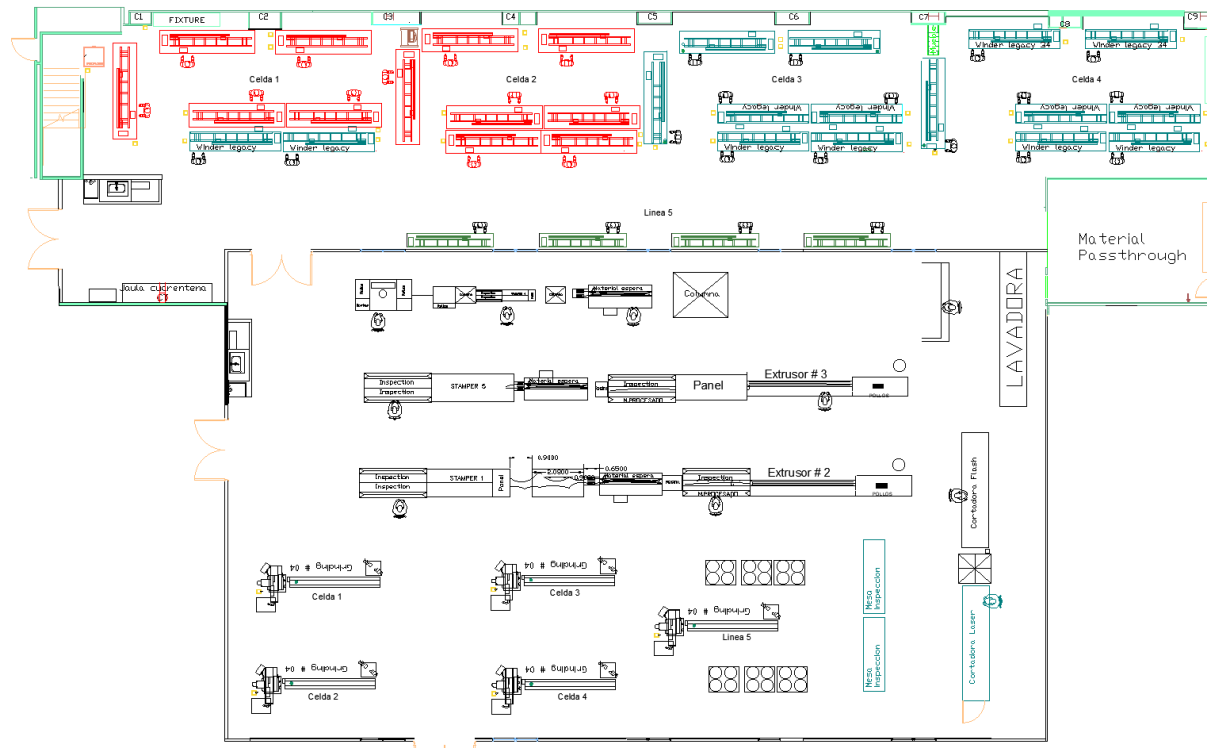
Consiste en la adquisición de nueva tecnología para el área, esto permitiría tener equipos más rápidos o incluso que sean capaces de realizar dos unidades en mismo ciclo, donde su diseño contemple dos niveles en los cuales en ambos se realice el proceso de enhebración del Coil.

El objetivo principal sería proponer el cambio de la flota de una manera paulatina, iniciando por dos celdas las cuales contemplan 6 equipos cada una para un total de 12.

En este caso se tendría una distribución por proceso ya que el primer proceso que es la enhebración del Coil que se realiza en el cuarto 1 como actualmente se realiza, pero con una diferencia en la cantidad de unidades que se producen, todas estas serían trasladadas como es habitual al cuarto 2 para finalizar su proceso productivo. En este caso el beneficio además del aumento de la capacidad es que los cambios se realizarían sobre la misma huella de espacio lo que facilita la implementación ya que no es necesario buscar espacios adicionales en el área de trabajo o modificar la distribución actual del proceso.

En la figura 43, se pueden observar que las maquinas nuevas serían las resaltadas en rojo, las cuales están ocupando el espacio anterior de las maquinas que ya se utilizaban.

Figura 43 Distribución de planta propuesta B



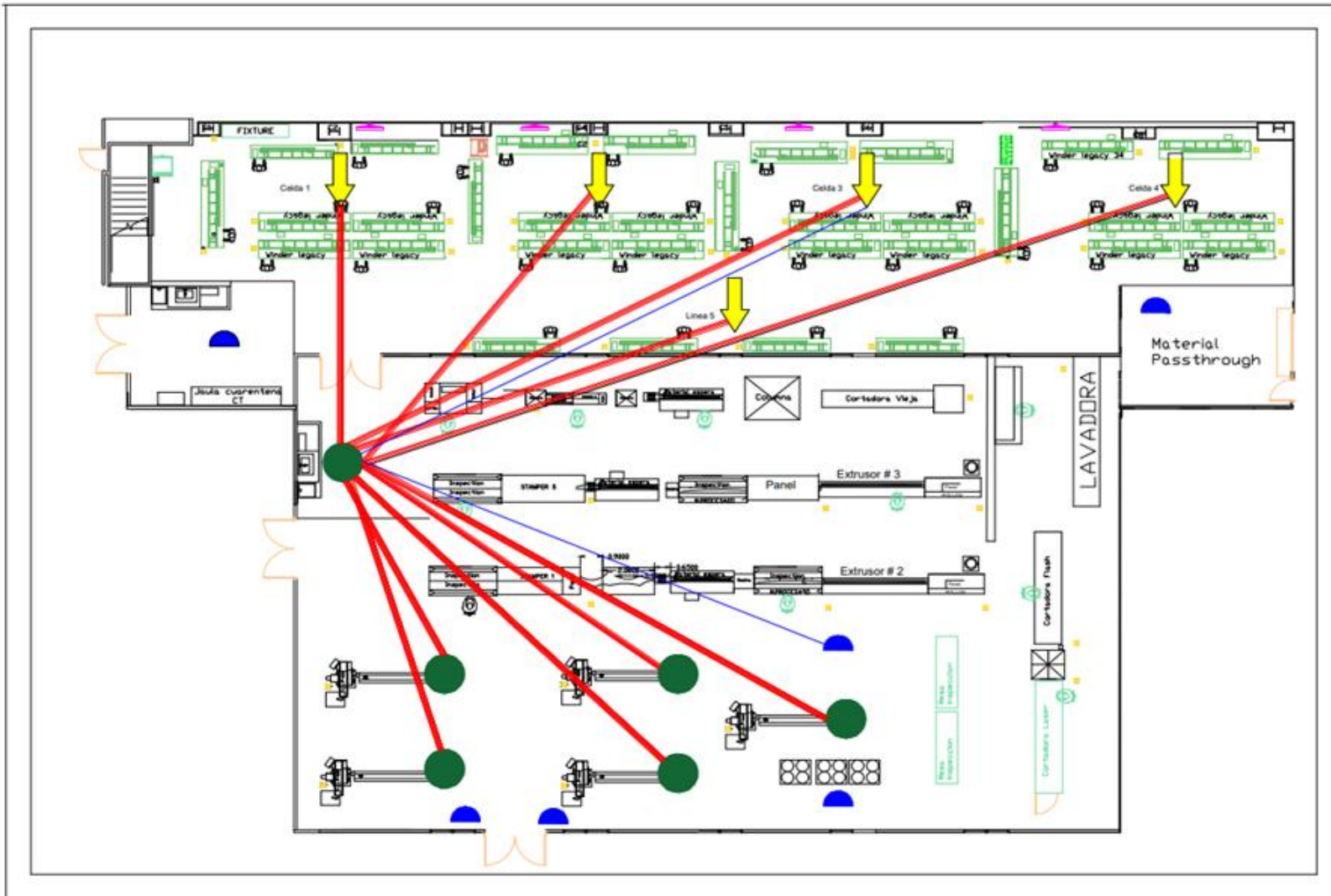
Nota: Royner Rojas

Diagrama de recorridos propuesta B

En la figura 44 se mantendría la misma distribución actual con la diferencia del cambio de los equipos. Sin embargo no se estaría la eliminando los desperdicios en los traslados de un área a la otra.

El flujo en el que se trabaja no es amigable con el proceso, ya que no se aprovechan los espacios con el fin de favorecer los factores que se involucran.

Figura 44 Diagrama de recorridos propuesta B



Nota: Royner Rojas Bustos

Una de las desventajas que esta propuesta presenta, es que con el fin de aumentar la capacidad de los equipos, se debe de invertir en nuevas maquinarias pero estas tienen un costo elevado, no se puede asegurar que las nuevas máquinas eviten algunos temas de calidad, además el tema del tiempo de traslados sigue siendo un problema.

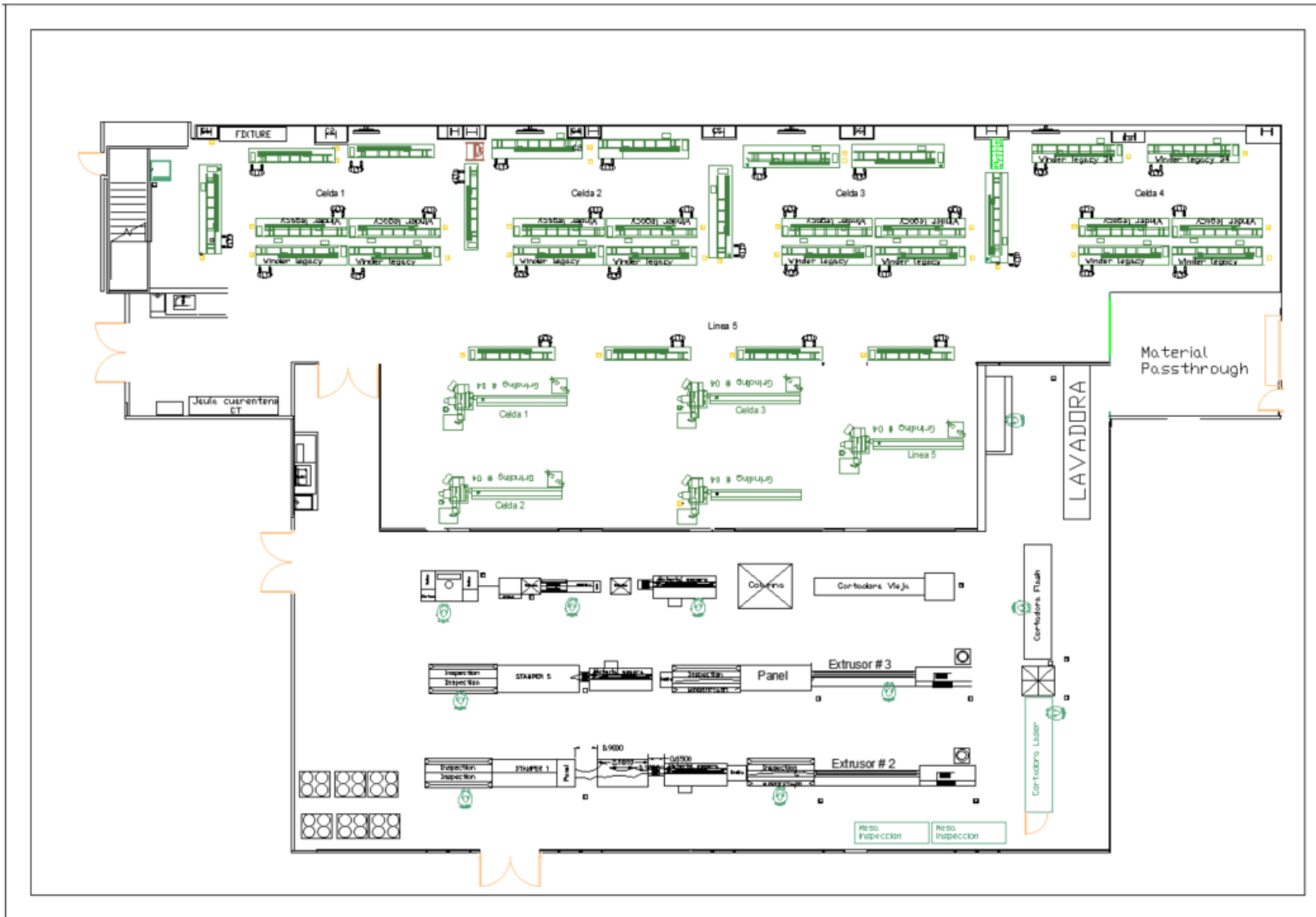
Propuesta C

La propuesta C consiste en una distribución de planta inversa a la propuesta A ya que lo que busca encontrar es la unificación del proceso, eliminando los desperdicios de transporte, desconcentración de los guías de producción y evitar algún evento de calidad que pueda estar asociado con mezclas.

Para esta propuesta se debe de contemplar el movimiento de las máquinas Winders ubicadas en Cuarto uno a Cuarto dos, esto permitirá que el proceso quede libre de los desperdicios.

Se deberá de trasladar además de los equipos, las facilidades necesarias para su funcionamiento como por ejemplo: puntos de red, sistema de aire comprimido, potencias y los polos necesarios. Además, se requiere un plan donde se detalle como llevara a cabo la implementación, ya que son muchos movimientos y esto se debe de realizar en tiempos donde el piso de producción no se vea impactado, A continuación se puede observar en la figura 45 el Layout de esta propuesta.

Figura 45 Distribución de planta propuesta C



Nota: Royner Rojas Bustos

Análisis de la propuesta

La alta demanda de dispositivos médicos, las empresas se han visto obligadas por tener tiempos de producción más cortos, además se han visto impulsadas a probar esta alternativa en sus procesos productivos, con el fin de y realizar los estudios necesarios para asegurar su eficacia.

El análisis de las propuestas (A), (B) y (C), se hizo basado en estudios de tiempos y análisis económicos de inversión a mediano y largo plazo.

En la siguiente figura 46 se muestra el diagrama analítico con los datos de las actividades actuales en comparación a la propuesta (A) y el resultado de esta donde hay una reducción significativa en las actividades.

Figura 46 Diagrama Analítico Propuesta

Diagrama Num: 2		Hoja Núm 1de2	Resumen						
Objeto: Coil RJ4 240		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: Proceso para producir RJ4 240		Operación	7	4	3				
Método: Actual/Propuesto		Transporte	3	0	0				
Lugar: Cuarto de Sub ensambles.		Espera	0	0	0				
Operario (s): Turno A, B Y C.		Inspección	0	0	0				
Fecha: 18/03/202		Almacenamiento	2	1	1				
Aprobado por: Esteban Villalobos.		Distancia (m)	78,2	0	78				
Fecha: 12/05/2023		Tiempo (segundos)	34,1	31,8	2				
Compuesto por: Royner Rojas Bustos.		- Costo	N/A	N/A	N/A				
Aprobado por: Esteban Villalobos.		- Mano de obra	N/A	N/A	N/A				
		- Material							
		Total							
Descripción	Cantidad Muestras	Tiempo Segundos	Distancia Metros	Símbolo					Observaciones
Tiempo de Ciclo RJ4 240.	15	26,19	0,0	●	■	●	➔	▼	
Colocacion de unidades en bandeja de proceso	15	0,18	0	●					
Proceso de Grinding	15	4,50	0	●					
Empaque de unidades (Paquetes 325unidades).	15	0,37	0	●					
Confirmacion y almacenamiento.	15	0,55	0	●				●	
Total	15	31,80	0	4	0	0	0	1	

Nota: Royner Rojas

Al realizar de nuevo el diagrama analítico en la Figura 46 se proyecta el impacto que generaría la eliminación de los desplazamientos y las operaciones adicionales que requiere ingresar a un espacio controlado como lo es el cuarto dos; se evidencia la reducción en comparación de la situación actual a la propuesta donde las operaciones pasan de 7 a 4, esto significa una reducción de un 42%, en transporte de 3 a 0 y la eliminación de la actividad del transporte entre cuartos, además bien es conocido como 1 de los 8 desperdicios. Al eliminar esta actividad, se reducen otras actividades que se dan por la naturaleza de los diferentes espacios que se deben desplazar.

El almacenamiento también tiene un impacto positivo en la propuesta, ya que se elimina la actividad de empacar dos veces pasando a una en cada paquete de 325 unidades.

En la mejora de tiempos se observa una reducción de 2.3 segundos, pasando de 34.8s a 31.8s es decir se reduce un 7% y se incrementa 7.7 unidades por hora, por equipo.

Como un mejor entendimiento del cálculo, se realiza la toma de tiempo de todas las operaciones que son necesarias para obtener la unidad completamente terminada, y como se pasan en paquetes de 325 unidades, al final de toda la operación se divide el tiempo total entre la cantidad de unidades.

El análisis de la propuesta anterior quiere proyectar los resultados esperados, además de mostrar la distribución de planta con el flujo del proceso productivo involucrando las máquinas, los materiales, los operarios y sus recorridos. También el resultado de generar cambios donde se pueda cumplir con la creciente demanda del producto, así como en la capacidad.

En cuanto a la propuesta (B), no es factible ya que el costo económico en el que se incurriría en la compra de equipos es de aproximadamente \$52,000.00 por equipo, adicional se debe de sumar un costo por diseños electromecánicos para su instalación, más el costo de los trabajos a raíz de lo que arroje el diseño electromecánico. Además esta propuesta no elimina los tiempos de transporte, ya que la distribución de planta no es amigable con el proceso, para finalizar una unidad aún sigue siendo necesario desplazarse de un cuarto a otro.

La propuesta (C), es inviable ya que se requiere un reacondicionamiento mayor del área. Primeramente se debe de realizar una redistribución en cuarto dos, con ello se permite el aumento del espacio físico del cuarto uno ya que se realizaría una nueva pared divisoria entre ambas, con el fin de aislar los diferentes ambientes de cada cuarto, además de costos asociados de: diseño electromecánico, control sobre impacto de producción, mayor cantidad de movimientos de maquinarias y validaciones de cuarto dos por ser un ambiente controlado.

Matriz de selección de propuesta

Además de las razones indicadas anteriormente se realizó una matriz de priorización donde se dio un peso a cada criterio, basándonos en el impacto que este le generaría a la propuesta, los valores se asignaron según la tabla 12 a continuación:

Tabla 12 Impacto Propuesta

Impacto	
3	Alto
2	Medio
1	Bajo

Nota Royner Rojas Bustos

La matriz de la tabla 13 demuestra que la propuesta A es la más viable ya como se puede observar en criterios de inversión su impacto es muy bajo a comparación con las otras dos propuestas y el impacto es alto en términos de ahorro económico y maximización de espacios y tiempos.

Tabla 13 Matriz de priorización

Matriz de selección de propuestas			
Criterios	Propuesta A	Propuesta B	Propuesta C
Inversión	1	3	3
Tiempo de Implementación	1	3	3
Incremento de capacidad	3	2	2
Eliminación de desperdicios	3	1	3
Ahorro de Insumos	3	1	2
Optimización de espacio	3	1	2
Riesgos en Calidad de Producto	1	3	1
Equipos en Mantenimiento	1	3	2
Peso total	16	17	18

Nota: Royner Rojas Bustos

Análisis económico

El análisis económico permite ya definida la propuesta de diseño, identificar el impacto financiero con el fin de definir la viabilidad antes de proceder con el plan de implementación, de esta manera la compañía tiene los datos necesarios para tomar decisiones.

Costos para la Implementación de la Propuesta A

Los costos para poner en marcha el proyecto propuesta en la propuesta (A), se incluyen el costo del acondicionamiento del espacio, previa coordinación con producción, ya que se debe de realizarlo de tal manera que no afecte la producción del piso, además, coordinación para hacer movimientos e instalaciones de manera eficiente y así no afectar la producción.

Con el fin de realizar los cálculos salariales, se necesitan conocer los salarios mínimos del Decreto Ejecutivo N°43849-MTSS, publicado en la Gaceta y regidos a partir del 01 de enero del 2023. Los salarios de los profesionales se basan en la ocupación, y por esta razón podría tener una variación salarial según las características y responsabilidades; el salario utilizado para el nivel operativo es el pagado por la compañía. Además, están calculados con base en una jornada laboral completa y por un espacio de cinco semanas. A continuación, en la Tabla 12 se encuentran el porcentaje obligatorio a pagar por parte del patrón.

Tabla 14. Desglose de porcentajes patronales

CONCEPTO	APORTE PATRONAL
Seguro Enfermedad y Maternidad	9,25%
Invalidez Vejez y Muerte	5,42%
Ley Protección al Trabajador	4,75%
Otras Instituciones	7,25%
TOTAL	26,67%

Nota: Caja Costarricense del Seguro Social

En las tablas 13,14,15,16 y 17 se encuentran los salarios de los profesionales y se reflejan las cargas sociales correspondientes por parte del patrono.

Tabla 15. Salario Técnico de Equipos

Técnico de equipos 5 semanas		
Descripción de concepto	Aporte Patronal	Monto
Seguro Enfermedad y maternidad	9,25%	¢48 007,59
Invalidez vejez y muerte	5,42%	¢28 129,85
Ley de protección al trabajador	4,75%	¢24 652,55
Otras instituciones	7,25%	¢37 627,57
Prestaciones Legales, Cesantía	5,33%	¢27 662,75
Aguinaldo	8,33%	¢43 232,78
Salario de técnico de equipos		¢519 000,95
Costo total		¢728 314,03

Nota: Royner Rojas Bustos

Tabla 16. Salario Ingeniero de Proyecto

Ingeniero del proyecto 5 semanas		
Descripción de concepto	Aporte Patronal	Monto
Seguro Enfermedad y maternidad	9,25%	¢72 477,05
Invalidez vejez y muerte	5,42%	¢42 467,63
Ley de protección al trabajador	4,75%	¢37 217,95
Otras instituciones	7,25%	¢56 806,34
Prestaciones Legales, Cesantía	5,33%	¢41 762,45
Aguinaldo	8,33%	¢65 268,52
Salario de Ingeniero Bachiller		¢783 535,69
Costo total		¢1 099 535,63

Nota: Royner Rojas Bustos

Tabla 17. Ingeniero de Manufactura

Ingeniero de Manufactura 5 semanas		
Descripción de concepto	Aporte Patronal	Monto
Seguro Enfermedad y maternidad	9,25%	¢72 477,05
Invalidez vejez y muerte	5,42%	¢42 467,63
Ley de protección al trabajador	4,75%	¢37 217,95
Otras instituciones	7,25%	¢56 806,34
Prestaciones Legales, Cesantía	5,33%	¢41 762,45
Aguinaldo	8,33%	¢65 268,52
Salario de Ingeniero Bachiller		¢783 535,69
Costo Total		¢1 099 535,63

Nota: Royner Rojas Bustos

Tabla 18. Guía de Producción

Guía para producir unidades de validación (16 horas)		
Descripción de concepto	Aporte Patronal	Monto
Seguro Enfermedad y maternidad	9,25%	¢3 663,00
Invalidez vejez y muerte	5,42%	¢2 146,32
Ley de protección al trabajador	4,75%	¢1 881,00
Otras instituciones	7,25%	¢2 871,00
Prestaciones Legales, Cesantía	5,33%	¢2 110,68
Aguinaldo	8,33%	¢3 298,68
Porcentaje de tiempo extra por hora	50%	¢13 200,00
Salario de Guía de producción		¢26 400,00
Salario de Guía de producción + 50% por extras		¢39 600,00

Nota: Royner Rojas Bustos

En la Tabla 17 se desglosan los costos totales de todos los procesos que interactúan en la implementación de la propuesta.

Tabla 19. Costo Total de la Inversión

Costo total de la inversión		
Tipo de cambio		₡552,00
Costos por Facilidades	Costo Total Dólares	Costo Total Colones
Reubicación de 5 polos Grinders con mano de obra	\$ 5 203,00	₡2 872 056,00
Reubicación de 12 polos Winders con mano de obra	\$ 10 406,00	₡5 744 112,00
Movimientos de equipos Winder		
10 Winder legacy	\$ 4 061,25	₡2 241 810,00
5 Grinding Legacy	\$ 451,00	₡248 952,00
Costos por Mano de obra extra		
Técnico de equipos 5 semanas	\$ 940,22	₡519 000,95
Ingeniero del proyecto 5 semanas	\$ 1 991,91	₡1 099 535,63
Ingeniero de Manufactura 5 semanas	\$ 1 991,91	₡1 099 535,63
Guía para producir unidades de validación (16 horas)	\$ 71,74	₡39 600,00
Material para validar equipos (8 rollos)	\$ 231,88	₡128 000,00
costo total de la inversión	\$ 25 348,92	₡13 992 602,21

Nota: Royner Rojas Bustos

A continuación, en la Figura 47 se muestran los cálculos realizados para establecer el costo de la unidad, pero únicamente tomando en cuenta la mano de obra; además, se indica la cantidad de operarios, la cantidad de unidades a realizar por día y por mes, y el costo de estos rubros.

Figura 47. Desglose por unidad

Unidades por hora	Guías	Salario por hora	Costo total por hora
3376	32	₡1 650,00	₡52 800
Costo por unida	Unidades por día		Costo total por día
₡15,64	61 950		₡968 880
	Unidades por mes		Costo total por mes
	1 465 657		₡22 962 456
	Unidades por día		Costo total de unidades al mes
	61 950		₡22 922 592

Nota: Royner Rojas Bustos

En la Figura 48 se calcula la cantidad de unidades y la ganancia económica que se percibirá al realizar el incremento de un 7% en la capacidad.

Figura 48. Costo del Incremento de Unidades

Descripcion	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24
Surge Capacity Actual	16%	9%	9%	7%	12%	7%	12%	16%	11%	8%	11%	5%	12%
Aumento de capacidad porcentual	0%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Surge Capacity Propuesta	0%	16%	16%	14%	19%	14%	19%	23%	18%	15%	18%	12%	19%
Aumento de unidades	108 604	108 604	75 955	104 174	104 174	98 103	104 174	108 604	102 533	83 668	102 533	104 174	113 033
Ganancias por incremento de unidades	₡1 698 540,44	₡1 698 540,44	₡1 187 921,20	₡1 629 262,34	₡1 629 262,34	₡1 534 311,70	₡1 629 262,34	₡1 698 540,44	₡1 603 589,80	₡1 308 544,38	₡1 603 589,80	₡1 629 262,34	₡1 767 818,54

Nota: Royner Rojas Bustos

Para determinar si un proyecto es viable o no, se debe de realizar un análisis de TIR/VAN; este consiste en que el VAN analiza el valor actual neto, es decir, cuánto gana la empresa si invierte un monto establecido de capital, por otra parte, el TIR es la tasa interna de retorno, y con esta determina la rentabilidad del proyecto.

Si el VAN es igual a 0, quiere decir que con la implementación del proyecto no hay pérdida ni ganancia, a su vez, esto quiere decir que es un punto de equilibrio; por otra parte, si el VAN es menor a 0, el proyecto no tendría ganancias, y por ende sería rechazado por la empresa, si el VAN es mayor a 0, el proyecto tiene ganancias y la compañía no incurriría en ningún peligro al aceptarlo.

A continuación, se realizará un análisis de TIR/VAN para definir si el proyecto es viable o no.

En la Figura 49 se determinan el flujo de efectivo y el paso a paso de cómo este monto se va a recobrar y el tiempo de retorno de la inversión; en este caso, se estima que para mediados del mes de Julio del año 2024 el retorno de la inversión sea completo, lo que se traduce en que el retorno de inversión sería de 9 meses y medio

Figura 49. Flujo de efectivo

Mes	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
FNE	-¢13 992 602,21	-¢12 294 061,77	-¢10 595 521,34	-¢9 407 600,13	-¢7 778 337,80	-¢6 149 075,46	-¢4 614 763,76	-¢2 985 501,42	-¢1 286 960,98	¢316 628,82
FNE REAL	¢1 698 540,44	¢1 698 540,44	¢1 187 921,20	¢1 629 262,34	¢1 629 262,34	¢1 534 311,70	¢1 629 262,34	¢1 698 540,44	¢1 603 589,80	¢1 308 544,38

Nota: Royner Rojas Bustos

De acuerdo con el análisis en la Figura 50, el proyecto presentado es viable económicamente ya que el VAN es mayor 0.

Figura 50. Análisis VAN/TIR

CASH	
I% = Tasa de Corte	12%
Csh.D editor x	-¢13 992 602,21
Octubre	¢1 698 540,44
Noviembre	¢1 698 540,44
Diciembre	¢1 187 921,20
Enero	¢1 629 262,34
Febrero	¢1 629 262,34
Marzo	¢1 534 311,70
Abril	¢1 629 262,34
Mayo	¢1 698 540,44
Junio	¢1 603 589,80
Julio	¢1 308 544,38
NPV = VAN	22 868 598
IRR = TIR	2,07%

Nota: Royner Rojas Bustos

Beneficios Esperados de la Propuesta

Como beneficios esperados de la propuesta se pueden mencionar puntualmente los siguientes:

- **Incremento en el Surge (Capacidad de reacción ante el incremento de la demanda)**

El objetivo de esta propuesta busca incrementar la capacidad de producción en el área de subensambles, y esto se alinea con el incremento en las unidades por hora para tener una capacidad de respuesta ante el incremento de la demanda.

En la Tabla 18 se puede observar el detalle de la capacidad y en la Tabla 19 se realiza una comparación entre el surge actual y cómo se vería con la implementación de la propuesta; muestra un promedio de un 7% de incremento a partir del Noviembre 2023 hasta Octubre 2024 según los datos de demanda dada por el departamento de Planning.

Tabla 20. Incremento de la capacidad

Process	Shift	Input	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
Winder Legacy	Shift I	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	103,4	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Winder Legacy	Shift II	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	103,4	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Winder Legacy	Shift II (Sat)	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	103,4	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Winder Legacy	Shift III	Qty of Machines	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		Yield	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
		Learning Curve	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Output	105,5	103,4	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5	105,5
Available time	Regular	Work days	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
Shift I	7,50	Wk days reg win	20	21	20	22	22	14	21	21	19	21	22	20	17	20	21	23	
Shift II	4,85	Sat reg win	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	3	5	4	4	
Shift II (Saturday)	5,55	Total hrs	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
Shift III	6,00	Winder Legacy	13 320	13 533	13 320	14 109	14 109	9 867	13 533	13 533	12 745	13 533	14 109	13 320	10 869	13 320	13 533	14 684	
		Total units	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	
TC	31,8	Winder Legacy	1 405 410	1 427 910	1 405 410	1 488 626	1 597 230	1 117 067	1 532 084	1 532 084	1 442 797	1 532 084	1 597 230	1 507 943	1 230 495	1 507 943	1 532 084	1 662 376	
Output	113,2	Demanda	1 365 000	1 350 000	1 365 202	1 250 658	1 352 689	952 000	1 332 500	1 250 025	1 250 000	1 250 000	1 250 000	1 250 000	1 052 630	1 250 000	1 352 526	1 356 400	
		Diff	40 410	77 910	40 208	237 968	244 541	165 067	199 584	282 059	192 797	282 084	347 230	257 943	177 865	257 943	179 558	305 976	
		Surge Capacity	3%	5%	3%	16%	16%	16%	14%	20%	14%	20%	23%	18%	16%	18%	13%	20%	
		Aumento de capacidad	0%	0%	0%	0%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	
		Aumento de unidades	-	-	-	-	108 604	75 955	104 174	104 174	98 103	104 174	108 604	102 533	83 668	102 533	104 174	113 033	

Nota: Royner Rojas Bustos

Detalle del beneficio en el surge Capacity.

Tabla 21 Comparación de Surge

Mes	Implementación															
	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24
Surge Capacity Actual	3%	4%	3%	16%	9%	9%	7%	12%	7%	12%	16%	11%	8%	11%	5%	12%
Aumento de Surge (Mejora del tiempo)	-	-	-	-	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Surge Actual+Aumento	-	-	-	-	16%	16%	14%	20%	14%	20%	23%	18%	16%	18%	13%	20%
Aumento de unidades	-	-	-	-	108 604	75 955	104 174	104 174	98 103	104 174	108 604	102 533	83 668	102 533	104 174	113 033

Nota: Royner Rojas Bustos

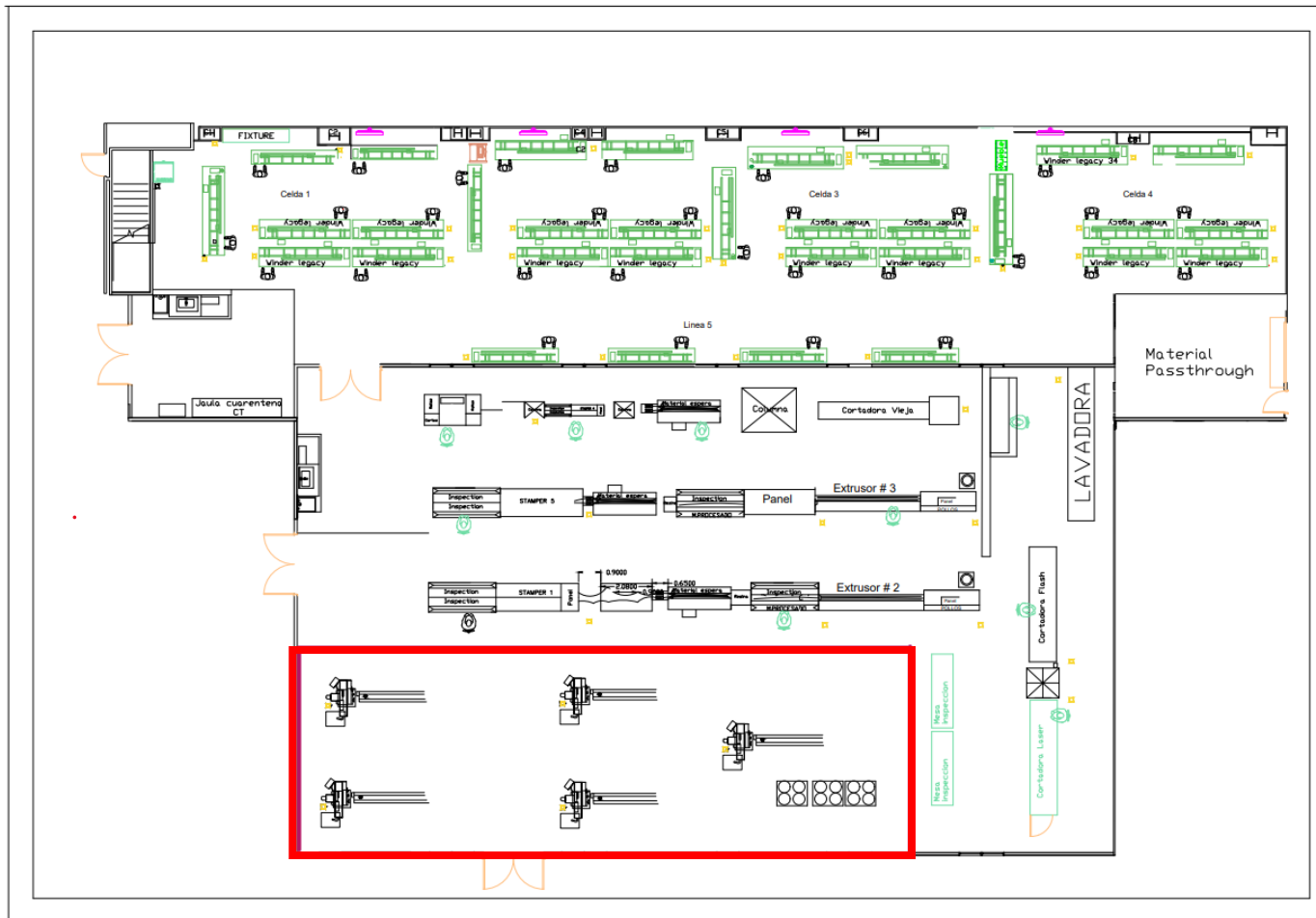
- **Liberación de espacio**

Como parte de los beneficios esperados, se observa una oportunidad en liberación de espacio con un área de 789m², donde se encuentran los equipos de las Grinders en Cuarto 2 y tienen un costo por metro cuadrado de \$75 al mes, para un total mensual de \$59.175; un detalle importante es que el m² de esta área tiene un valor mayor por los gastos fijos para mantener las condiciones de cuarto de ambiente controlado.

Importante tomar en cuenta que estos valores tienen un factor con el fin de no revelar el monto real que paga la compañía en sus espacios productivos.

El área se puede observar en la Figura 51; la demarcación del recuadro rojo es el espacio disponible para un nuevo proceso que el área desee importar, de esta forma, se optimizará el espacio y producirá mayor cantidad de unidades con la misma huella.

Figura 51. Layout Liberación de espacio



Nota: Royner Rojas

Plan de implementación

Requerimientos para la implementación

La propuesta requiere de la reubicación de equipos tanto en C1 de las *Winder*, como de las *Grinder* de C2 a C1. Para dichos movimientos se contratará a un subcontratista de confianza de la compañía, ya que *Boston Scientific* requiere personal certificado para cada actividad que se realice dentro de sus plantas y solo pueden participar en contratistas que cumplan con una serie de documentos y entrenamientos.

Se precisa instalación de nuevos polos (puntos donde se encuentran las facilidades como corriente eléctrica, aire comprimido, puntos de red, agua), o en algunos casos solamente una reubicación de los ya existentes, para abrir espacios y que sea posible la nueva distribución del área.

El recurso de ingeniero de manufactura es importante para dar soporte después de realizar los movimientos, ya que se debe realizar una validación de producto al iniciar la producción, para asegurar que después de los movimientos las unidades producidas cumplan las especificaciones del producto.

Se debe contar con al menos dos horas del tiempo de un guía para que produzca piezas a evaluar en el proceso de validación de cada *Grindings* sin embargo algún atraso en esta validación de horas no comprometerán el cumplimiento del Gantt propuesto para este proyecto.

La extensión del proyecto según el cronograma propuesto tiene una duración de cinco semanas, los movimientos se realizaran fuera de los horarios de la producción, llegando en un acuerdo con la compañía para realizar los trabajos de las facilidades, se pueda obtener un mejor tiempo ya que pueden movilizar cometidas en la parte superior del área, a nivel del entre cielo hasta los puntos previamente marcados, esto para mejora los tiempo de acuerdo con el cronograma de implementación de la figura 52

Figura 52. *Gantt* de Implementación

APÉNDICES

Apéndice 1. Maquinas Winders



Contrato No. C2021ENGCYL-81

1. Descripción General.

Fabricación de máquinas para el proceso de formado de "Coils" para la planta Coyol. La máquina se fabricará con equipos de última generación y actuales en el mercado. La máquina tiene un control automático de tensión de línea durante el ciclo de fabricación enlazado al PLC.



El sistema de tensión se basa en un mecanismo que permite dar rodamiento libre del conjunto mediante la selección de componentes de baja fricción, alta durabilidad y de alta velocidad.

La velocidad de rotación es determinada por el motor principal, el cual según los requerimientos establecidos llega a una velocidad máxima de 24000 RPM, con este punto de arranque el sistema de tensión del mandril se coloca al extremo opuesto del motor, y debe tener el menor coeficiente de fricción posible para no inducir en tensiones o errores de cálculo al sistema en general, adicionalmente las cargas radiales podrían ocasionar que el mandril tenga desviamiento angular en toda la longitud.

A continuación, se detallan las características técnicas de los componentes principales del sistema de tensión y su justificación de selección:

Apéndice 2 Cotización de movimientos en polos



Oferta

Electromecánica WR
Seguridad Calidad y Servicio

Area de trabajo: Sub ensambles
Fecha: 12 DE Mayo 2023
Oferta 96
Validez de la Oferta 30 dias

Para: Royner Rojas Bustos
Boston Scientific
Coyal, Alajuela
Royner.rojasbustos@bsci.com

De: William Rodríguez Vilchez
Electromecánica Wr
San Pedro de Poás, Alajuela
Wvilchez70@gmail.com
88061642

Cantidad	Producto #	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Total
	Reubicación	Se considera la reubicación de 5 polos			
1,00	Reparación	Se considera reparación de piso vinilico donde estan ubicados los polos	200,00		\$ 200,00
400,00	Cable	Se considera cable THHN #10	1,00		\$ 400,00
10,00	Tubos	Se considera utilizar tubos EMT 3/4	13,00		\$ 130,00
10,00	Conectores	Se considera conectores EMT 3/4	2,00		\$ 20,00
8,00	Uniones	Se toma en cuenta uniones EMT	2,00		\$ 16,00
1,00	Gazas	Se considera gazas 3/4	30,00		\$ 30,00
1,00	Blex	Se considera blex 3/4	3,00		\$ 3,00
2,00	Conector blex	Se considera conectores para blex	2,00		\$ 4,00
5,00	Cajas	Se considera cajas 6x6	14,00		\$ 70,00
5,00	Tubos	Se toma en cuenta utilizar tubos de cobre 3/4	100,00		\$ 500,00
1,00	Accesorios	Se considera accesorios swagelock tales como: tee, uniones, codos, llaves de bola etc	1 700,00		\$ 1 700,00
1,00	Parches	Se considera parches punta de diamante a nivel de cielo y a nivel de intercisio	50,00		\$ 50,00
2,00	Etiquetas	Se considera etiquetas	40,00		\$ 80,00
1,00	Mano de obra	Se considera mano de obra de una semana tomando en cuenta 4 personas	2 000,00		\$ 2 000,00
			Total Descuento		
					\$ 5 203,00
				Subtotal	
				Total	\$ 5 203,00

Si tiene cualquier tipo de pregunta acerca de esta factura, póngase en contacto con William Rodríguez Vilchez | 88061642 | Wvilchez70@gmail.com

Gracias por su confianza!

San Pedro de Poás, Alajuela

Apéndice 5 Cotización Instalación de polos para Grinders



Oferta

Electromecánica WR
Seguridad Calidad y Servicio

Area de trabajo: Sub ensambles
Fecha: 12 DE Mayo 2023
Oferta 96
Validez de la Oferta 30 días

Para: Royner Rojas Bustos
Boston Scientific
Coyol, Alajuela
Royner.rojasbustos@bsci.com

De: William Rodriguez Vilchez
Electromecánica Wr
San Pedro de Poás, Alajuela
Wvilchez70@gmail.com
88061642

Cantidad	Producto #	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Total
	Reubicación	Se considera la reubicación de 5 polo Grinders			
1,00	Reparación	Se considera reparación de piso vinílico donde estan ubicadas los polos	200,00		\$ 200,00
400,00	Cable	Se considera cable THHN #10	1,00		\$ 400,00
10,00	Tubos	Se considera utilizar tubos EMT 3/4	13,00		\$ 130,00
10,00	Conectores	Se considera conectores EMT 3/4	2,00		\$ 20,00
8,00	Uniones	Se toma en cuenta uniones EMT	2,00		\$ 16,00
1,00	Gazas	Se considera gazas 3/4	30,00		\$ 30,00
1,00	Blex	Se considera blex 3/4	3,00		\$ 3,00
2,00	Conector blex	Se considera conectores para blex	2,00		\$ 4,00
5,00	Cajas	Se considera cajas éxé	14,00		\$ 70,00
5,00	Tubos	Se toma en cuenta utilizar tubos de cobre 3/4	100,00		\$ 500,00
1,00	Accesorios	Se considera accesorios swagelock tales como: tee, uniones, codos, llaves de bola etc	1 700,00		\$ 1 700,00
1,00	Parches	Se considera parches punta de diamante a nivel de cielo y a nivel de interceiso	50,00		\$ 50,00
2,00	Etiquetas	Se considera etiquetas	40,00		\$ 80,00
1,00	Mano de obra	Se considera mano de obra de una semana tomando en cuenta 4 personas	2 000,00		\$ 2 000,00
				Total Descuento	
					\$ 5 203,00
				Subtotal	
				Total	\$ 5 203,00

Si tiene cualquier tipo de pregunta acerca de esta factura, póngase en contacto con William Rodríguez Vilchez | 88061642 | Wvilchez70@gmail.com
Gracias por su confianza!
San Pedro de Poás, Alajuela

REFERENCIAS

- Aldana, *et al.* (2011). *Administración por calidad*. Alfaomega. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/102014>
- Allen, T. (2010). *Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma*. Springer. <https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/090-Introduction-to-Engineering-Statistics-and-Lean-Sigma-Theodore-T.-Allen-Edisi-2-2010.pdf>.
- Álvarez, F. y López, L. (2016). *Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing en Procesos Transaccionales*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10383/Tesina.pdf?sequence=3>
- Araya, A. (2021). *Propuesta de redistribución de planta para la disminución de desperdicios y tiempos de producción en el taller de Ebanistería Tuca*. [Tesis de grado] Universidad Internacional de las Américas. <http://opac.uia.ac.cr/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5933>.
- Argüelles, C., Méndez, E., López, M. y Herrera, L. (2019). Estudio de localización y distribución de planta para una maquiladora de productos textiles de la región de Misantla. *Revista Ingeniantes*, 2 (3), 30-35. https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Argueelles-Lopez/publication/344149841_Estudio_de_localizacion_y_distribucion_de_planta_para_una_maquiladora_de_productos_textiles/links/5f558714a6fdcc9879d2fcbf/Estudio-de-localizacion-y-distribucion-de-planta-para-una-maquiladora-de-productos-textiles.pdf
- Baca, G. (2015). *Introducción a la ingeniería industrial*. Grupo Editorial Patria. https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/39448?as_title_name=Introducci%C3%B3n_a_la_ingenier%C3%ADa_industrial&as_title_name_op=unaccent__icontains&prev=as
- Barojas, E., Osorio, C., Juárez, V., Márquez, S. y Medina, J. (2019). Distribución en 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>.
- Bravo, J. (2009). *Gestión de proyectos*. Editorial Evolución. <https://docplayer.es/2636389-Gestion-de-procesos-3-gestion-de-procesos-juan-bravo-carrasco-dr-editorial-evolucion-s-a.html>

- Calderón, O. (2018). *Diseño de la Distribución en Planta para la Línea de Producción en la Empresa Tejidos Marko's*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8154>.
- Camisón, C., Cruz, S., y González, T. (2006). *Gestión de Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Pearson Educación. <https://porquenotecallas19.files.wordpress.com/2015/08/gestion-de-la-calidad.pdf>
- Centros Europeos de Empresas Innovadoras de la Comunidad Valenciana. (2008). *Distribución en Planta 19*. https://www.academia.edu/7981666/9_Distribuci%C3%B3n_en_Planta_MANUAL
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Ediciones Díaz de Santos.
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2020). *Guía para la construcción de indicadores de gestión*. <https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/506911/1595.pdf/6c897f03-9b26-4e10-85a7-789c9e54f5a3>
- Duran, F. (2007). *Ingeniería de Métodos, Globalización: Técnicas para el manejo eficiente de Recursos en Organizaciones Fabriles, de Servicios Hospitalarios*. Premio Universidad Guayaquil.
- Gómez, A. (2018). *Plan Estratégico Para Aumentar la Capacidad Instalada de Producción de la Empresa Terra Plantas* [Tesis de grado]. Universidad Internacional de las Américas. <http://opac.uia.ac.cr/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=3545>.
- González, G (2020). *Diseño de una herramienta para el análisis y control de la capacidad de las estaciones en una línea de producción de una empresa de dispositivos médicos*. [Tesis de grado]. Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/17203>.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw Hill.
- Koontz, H., Weihrich, H. y Cannice, M. (2012). *Administración una perspectiva global y empresarial*. McGraw-Hill.
- López, P. y Sandra, F. (2017). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Macneil, C. (2022). *Asana. ¿Qué es un diagrama SIPOC? 7 pasos para trazar y comprender los procesos de negocios*. <https://asana.com/es/resources/sipoc-diagram>.

- Mandonado, J. A. (2012). *Gestión de procesos (o gestión por procesos)*. BEUMED. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/51718>.
- Mejía, C., Orozco, B. y Palencia, J. (2018). Propuesta de rediseño de distribución de espacios de almacenamiento, layout. *Mercatec*, 3(53), 1-8. <https://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/1900/1/PROPUESTA%20DE%20REDISE%C3%91O.pdf> PROPUESTA DE REDISEÑO.pdf (esumer.edu.co).
- Muther, R. (1982). *Distribución en Planta*. Hispano Europea . https://www.academia.edu/49232937/Distribucion_de_Planta_Richard_Muther
- Ovalle, A y Cárdenas, D. (2019). *Los sistemas de trabajo desde el campo profesional de la Ingeniería Industrial: revisión de la literatura: Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias* 6 (23), 77-96. <https://www.redalyc.org/journal/2150/215067134006/>.
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad: métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. FC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/114213>
- Pantoja, C., Orejuela, J. y Bravo, J. (2018). Metodología Delaware, distribución Delaware, plantas en ambientes Delaware agrupación celular. *Science Direct*, 33(143), 132-140. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592317300256?via%3Dihub>.
- Torres, K, Florez, L. y Sánchez, C (2021). Metodología SLP para la Distribución en Planta de Empresas. *Ingeniería*, 25(2). <https://doi.org/10.14483/23448393.15378>
- Sánchez, D. (2020). *Análisis FODA o DAFO. El mejor y más completo estudio con 9 ejemplos prácticos*. Bubok Publishing. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/189293?prev=as>
- CETYS educación continua. (2021). *Los ocho tipos de desperdicios según la metodología Lean*, artículos, manufactura y calidad. <https://www.cetys.mx/educon/los-ocho-tipos-de-desperdicios-segun-la-metodologia-lean/>
- Vargas, R. (2020). *Rediseño de procesos de producción para el aprovechamiento de la capacidad instalada en el Departamento de Implementación y Entrega de la empresa Experian Information Solutions*. [Tesis de grado]. Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica. <http://opac.uia.ac.cr/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5607>.