



! POSGRADOS !

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-41-NO.689-2018

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS
AVANZADAS

TEMA:

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING
PARA REDUCIR TIEMPOS DE PREPARACIÓN EN
LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE COCINAS Y
COCINETAS EN LA EMPRESA FIBROACERO S.A.

AUTOR:

PAULINA DEL CISNE GUERRERO BELTRÁN

DIRECTOR:

JOHN IGNACIO CALLE SIGÜENCIA

CUENCA – ECUADOR
2023

Autora:



Paulina del Cisne Guerrero Beltrán

Ingeniera Industrial.

Candidata a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por
Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

pily7717@hotmail.com

Dirigido por:



John Ignacio Calle Sigüencia

Ingeniero Mecánico.

Licenciado en Ciencias de la educación Especialidad Docencia
Técnica.

Máster en Gestión y Auditorías Ambientales.

Doctor en Ingeniería Industrial.

jcalle@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

PAULINA DEL CISNE GUERRERO BELTRÁN

Propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing para reducir tiempos de preparación de la línea de ensamble de cocinas y cocinetas en la empresa Fibroacero S.A.

RESUMEN

La necesidad de ser competitivos a nivel Industrial hizo que Fibroacero S.A., empresa analizada en el presente documento como caso de estudio, acuda al análisis de la reducción de actividades que no agregan valor, específicamente en su línea de ensamble, que es el punto mismo donde se forma el producto y el área de mayor control, en la que se refleja claramente los problemas de proveedores internos que provocan gastos innecesarios que afectan a la rentabilidad de la empresa. En el presente documento se analiza la integración de herramientas fundamentadas en la filosofía Lean Manufacturing y su repercusión en el proceso productivo de la línea de fabricación de cocinas y cocinetas de la empresa. En primer lugar, se realiza un análisis de la situación actual mediante un diagnóstico donde se define las condiciones de trabajo en la que opera la línea de ensamble en estudio refiriéndose a su forma de abastecimiento para completar lo planificado además se indicará cómo ha sido el histórico de paras de línea identificando de ese modo el factor con mayor repetitividad que ocasiona la para de producción, posterior a eso en función del diagnóstico se determinará una propuesta simulada en flexsim del abastecimiento mediante la herramienta de Lean Manufacturing llamada Kanban con la que conseguiremos eliminar el tiempo de preparación de materiales y por ende aprovechar dicho tiempo en producción de más producto o la reducción de horas de trabajo y finalmente se realizará un análisis técnico financiero en la que mediante indicadores validar si la propuesta es factible.

Palabras clave:

Lean Manufacturing, rentabilidad, competitividad, Kanban.

ABSTRACT

The need to be competitive at the Industrial level made Fibroacero S.A., analyzed in this document as a case study, resort to the analysis of the reduction of activities that do not add value, specifically in its assembly line, which is the very point where It forms the product and the area of greater control, in which the problems of internal suppliers that cause unnecessary expenses that affect the profitability of the company are clearly reflected. This document analyzes the integration of tools based on the Lean Manufacturing philosophy and its impact on the production process of the company's kitchen and kitchenette manufacturing line. In the first place, an analysis of the current situation is carried out through a diagnosis where the working conditions in which the assembly line under study operates are defined, referring to its form of supply to complete what was planned, it will also indicate how the history has been. of line stoppages, thus identifying the factor with the greatest repetitiveness that causes the stoppage of production, after that, based on the diagnosis, a simulated supply flexsim proposal will be determined using the Lean Manufacturing tool called Kanban with which we will be able to eliminate the material preparation time and therefore take advantage of said time in the production of more producers or the reduction of working hours and finally a financial technical analysis will be carried out in which, through indicators, to validate if the proposal is feasible.

Keywords:

Lean Manufacturing, profitability, competitiveness, Kanban

Tabla de Contenidos

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Situación Problemática	1
1.2	Formulación del Problema	2
1.2.1	Problema general	2
1.2.2	Problemas específicos.....	2
1.3	Justificación teórica	2
1.4	Justificación práctica	3
1.5	Objetivos	4
1.5.1	Objetivo general	4
1.5.2	Objetivos específicos	4
1.6	Hipótesis	4
2	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
2.1	Lean manufacturing	5
2.1.1	Objetivo de la filosofía Lean Manufacturing	7
2.1.2	Principios filosofía de la Lean Manufacturing	8
2.1.3	Herramientas de Lean Manufacturing	9
2.1.4	Aplicaciones de Lean Manufacturing.....	11
2.1.5	Beneficios en la aplicación de Lean Manufacturing	11
2.2	Simuladores de procesos	12
2.3	Indicadores Económicos	13
3	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	14
3.1	Tipo, diseño y nivel de investigación	14
3.2	Método de investigación	15
3.2.1	Diagnóstico de la situación inicial.....	16
3.2.2	Análisis para la implementación de la herramienta Lean Manufacturing	26
3.2.3	Análisis técnico financiero	35
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1	Resultados del análisis de la situación inicial	38
4.2	Resultados del Análisis para la implementación de la herramienta Lean Manufacturing	40
4.3	Resultados de análisis técnico financiero	48

5	CONCLUSIÓN.....	48
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

Lista de tablas

Tabla 1: Tipo diseño y nivel de investigación.	15
Tabla 2: Indicador de paras no programadas en función de las horas trabajadas	23
Tabla 3: Mix de producción semana 45	26
Tabla 4: Estándar por hora.....	28
Tabla 5: Jornada real de producción	29
Tabla 6: Tiempo de inicio de producción de cada modelo	30
Tabla 7: Tiempo de preparación real por estándar de cocina	31
Tabla 8: Criterios para aceptación proyecto según indicador VAN o VPN	36
Tabla 9: Criterios para aceptación proyecto según indicador TIR	36
Tabla 10: Inversión inicial	37
Tabla 11: Simulación valores adquiridos periodo Octubre.....	37
Tabla 12: Simulación valores adquiridos periodo Noviembre	37
Tabla 13: Simulación valores adquiridos periodo Diciembre.....	38
Tabla 14: Resumen VAN y TIR	38
Tabla 15: Historial rendimiento línea de ensamble cocinas - cocinetas	40
Tabla 16: Tiempo de abastecimiento de logística en escenario actual	43
Tabla 17: Beneficio en unidades extras producidas con aplicación Kanban	45

Lista de figuras

Figura 1: Representación de VSM.....	9
Figura 2: Metodología a emplearse en la investigación.....	16
Figura 3: Porcentaje de paras en línea cocinas cocinetas por mes en el año 2021.	21
Figura 4: Motivos de paras de línea cocinas – cocinetas por mes del año 2021.....	22
Figura 5: Lote mínimo por cocinas o cocinetas en línea de cocinas o cocinetas.....	24
Figura 6: Comparación de paras total real vs Ideal.....	25
Figura 7: Simulación línea de ensamble en abastecimiento de material situación actual.	32
Figura 8: Simulación personal logística interna en abastecimiento de material el lunes.....	32
Figura 9: Abastecimiento a la línea. -Escenario Propuesta.....	34
Figura 10: Kanban logística de entrega recepción a tiempo	34
Figura 11: Kanban entrega recepción con retraso.....	35
Figura 12: Simulación lunes operación línea de ensamble	41
Figura 13: Comportamiento línea de ensamble del día lunes de producción	41
Figura 14: Resumen semanal de tiempos de línea de ensamble	42
Figura 15: Operación logística en el escenario actual.	42
Figura 16: Operación logística en escenario propuesto	43
Figura 17: Variación ocupación personal de logística entre estado actual y aplicación Kanban .	44
Figura 18: Simulación Estado del Escenario Actual.....	44
Figura 19: Simulación Estado del Escenario Propuesta	44
Figura 20: Ahorro 2021 con aplicación de Kanban	47
Figura 24: Operación línea de ensamble martes, miércoles y jueves en el escenario actual	53
Figura 25: Operación logística martes, miércoles y jueves en el escenario actual.	53
Figura 26: Operación logística martes, miércoles y jueves en escenario propuesto.....	54
Figura 27: Operación línea de ensamble viernes en el escenario actual.....	54
Figura 28: Operación logística viernes en escenario actual.....	55
Figura 29: Operación logística viernes en escenario propuesto.....	55
Figura 30: Operación línea de ensamble sábado en el escenario actual	56
Figura 31: Operación logística sábado en escenario actual.	56
Figura 32: Operación logística sábado en escenario propuesto	56

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Fibroacero es una empresa cuencana fundada en enero de 1978 como fabricante de fibra de vidrio de donde proviene su nombre, desde el 1997 ensambla cocinas y cocinetas y en la actualidad la empresa es considerada mediana en función de la cantidad de colaboradores que posee; a pesar de su antigüedad en cuanto a maquinaria es fuerte en el mercado debido a la posibilidad de personalizar la cocina o cocineta según las necesidades del cliente, esta condición hace que se produzcan varios modelos agrupados en familias de productos, como: cocinetas de 2,3,4 y 6 quemadores y cocinas de 20, 21, 24 y 30 pulgadas.

El proceso de ensamblaje actual se lo realiza en 2 líneas, siendo una de ellas flexible al poder cambiar de cocinas a cocinetas o viceversa y la otra es netamente para cocinetas; en cuanto a estándares de proceso efectivo de las líneas de ensamble están determinados en función de un estudio de tiempos de modelos base, y para nuevos modelos según la semejanza entre ellos, en referencia al tiempo de preparación por la deficiencia en cuanto a distribución de la planta que, desde el punto de vista productivo no agrega valor pero es indispensable, este tiempo es excesivo, lo que provoca que la capacidad instalada se vea disminuida aunque se cumpla con cantidad determinada de producto ensamblado.

Es importante dar a conocer que el personal de la línea debe buscar el material que fue acercado por otros previamente y colocarlo en posición para arrancar la producción, al no tener lotes grandes de producción del mismo modelo este tiempo se incrementa y si se considera un análisis mensual se puede denotar el tiempo improductivo gastado en preparar materiales antes que producir; es importante considerar que al presentarse algún problema como: faltantes de materiales o componentes, daños, fugas, etc, donde la línea al ser manual y no poseer una banda transportadora que marque el ritmo de producción, el proceso de recuperación de fases de producción depende de la agilidad del operador que buscará cumplir con la cantidad programada absorbiendo el tiempo hasta la solución del inconveniente, poniendo en riesgo la calidad del producto final.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿Con la implementación de herramientas Lean Manufacturing en el sistema de abastecimiento a la línea de ensamble de la planta de cocinas y cocinetas en la empresa Fibroacero SA se pueden disminuir los tiempos de preparación y mejorar los estándares de producción?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿La determinación de los tiempos de preparación de la línea de ensamble permite identificar demoras y tiempos innecesarios que afectan a la capacidad de producción de la línea?
- b. ¿Con la incorporación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de ensamble de cocinas y cocinetas se puede disminuir los tiempos de preparación y a través de una simulación se puede determinar este parámetro y el aumento de la productividad de la línea?
- c. ¿Es posible realizar un análisis técnico financiero de la propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de ensamble de la empresa Fibroacero S.A. que permita identificar los costos y la rentabilidad que produciría?

1.3 Justificación teórica

La filosofía Lean Manufacturing tiene consigo varias herramientas que han sido de gran valor en muchas empresas siempre y cuando se las sepan utilizar según las necesidades, puesto que dichas herramientas están enfocadas para la reducción de desperdicios específicos, pero si se las aplican por poner en práctica esta filosofía sin un objetivo de reducción de desperdicios específicos esta se vuelve una pérdida de tiempo y recursos.

Empresas a nivel mundial han palpado los beneficios de la filosofía como es el caso de una empresa textil misma que antes de la implantación reflejaba tiempos improductivos altos en comparación de los que agrega valor, pero con las herramientas como Kanban ha disminuido

inventarios y tiempos de transporte que no agrega valor, teniendo cambios de 18314.5 min a 821.34 min (Masudul & Mohammad, 2013); otro caso corresponde a una empresa industrial de forjado de sillas de montar en el que por la herramienta VSM lograron determinar ineficiencias operativas que una vez identificadas en la propuesta lograban reducir el tiempo de producción de 14.9 a 9.5 días (Nivya & Sunil, 2016). Los casos mencionados seguramente estuvieron encaminados a mejorar sus procesos y ser competitivos en el mercado a corto plazo por lo que dedicaron su acción a ser ágiles como destaca Marulanda Grisales (2016) al decir que al ser dinámico y competente es fácil adaptarse a las necesidades del cliente de modo de cumplir los requisitos.

1.4 Justificación práctica

En la actualidad en Fibroacero al notarse que la línea principal no está ensamblando cocinas o cocinetas continuamente ve la necesidad de un análisis de tiempos de paras totales de la línea de ensamble, los mismos que en términos generales evidencian que se detiene la línea de producción alrededor de 23 horas por mes debido a factores como: falta de materiales directos, tiempo por preparación de materiales, daños, entre otros. Al analizar los factores antes mencionados surge la idea de minimizar o eliminar el que predomina, siendo esto la preparación de materiales mediante una mejora en el sistema logístico o de abastecimiento a la línea de ensamble mediante herramientas Lean Manufacturing, de modo que se reduce las horas improductivas existentes resultando mayor productividad, además es de gran utilidad ya que la línea de ensamble debe ser totalmente productiva ya que es el corazón de la planta, sin ella solo se vendería componentes más no el producto ensamblado, es decir si se contempla el producir más unidades por hora esto puede significar en reducir las horas extras en las que incurre con el fin de cumplir la demanda mensual. Por otro lado, el área de pre ensamble y ensamble actualmente cuenta con todos los datos para la elaboración del proyecto pues se ha venido obteniendo datos para llegar a la conclusión de la necesidad de reducir el tiempo de preparación mismo que está bajo control y no se depende de personal para restringir este importante cambio en beneficio económico de la empresa.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de ensamble de la planta de cocinas y cocinetas en la empresa Fibroacero SA, para disminuir los tiempos de preparación de modo de mejorar los estándares de producción.

1.5.2 Objetivos específicos

- a. Realizar un diagnóstico inicial de la línea de ensamble para establecer los tiempos de producción y determinando los tiempos de preparación de materiales.
- b. Identificar y analizar las herramientas idóneas de Lean Manufacturing a implementarse en la línea de ensamble cocinas- cocinetas y simular el proceso propuesto para reducir los tiempos de preparación que no agregan valor.
- c. Realizar un análisis técnico financiero de la propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de ensamble para establecer factibilidad económica de la implementación.

1.6 Hipótesis

- a. Los tiempos de preparación de materiales en la línea de ensamble de cocinas y cocinetas es excesivo porque no existe un ritmo constante de trabajo.
- b. La simulación del proceso productivo con la integración de herramientas Lean Manufacturing permitirá establecer la disminución en el tiempo de preparación que podría llegar hasta un 15%.
- c. El análisis técnico financiero de la propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de ensamble de la empresa Fibroacero S.A. permitirá establecer el beneficio económico que puede generar la implementación.

2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este punto, en primer lugar se abordará un análisis de las herramientas Lean Manufacturing, posteriormente se revisarán las diferentes herramientas informáticas que permiten simular procesos para establecer cuál es la mejor opción y finalmente se revisarán algunos indicadores económicos que permitan medir la rentabilidad del ahorro en los tiempos de producción que es uno de los objetivos de este proyecto.

2.1 Lean manufacturing

El pensamiento o filosofía Lean Manufacturing tuvo su origen en el siglo XIX en el Sistema de producción Toyota (TPS), mismo que se basa en herramientas como: Justo a tiempo (JIT), cuyo objetivo es producir en la cantidad y cuando el cliente lo solicite, JIDOKA que significa automatización con un toque humano, al conseguir la determinación de errores en la fuente, estas herramientas tienen un objetivo en común que es eliminar desperdicios como inventario y reprocesos respectivamente y finalmente Kaisen que se base en la mejora de la calidad y tecnología resultando de eso modo aumentar la productividad (Liker, 2003). Henry Ford por su lado se contrapone a la filosofía Lean pero busca el mismo fin que es optimizar la producción, el sistema que Ford propone es en masa o en cadena, de este modo se evitan tiempos de producción excesivos pero incurre al inventario siendo esta una muda o desperdicio en Lean Manufacturing. (Liker, 2003)

La expansión hacia el resto del mundo fue impulsada con la publicación de “La máquina que cambió el mundo” ya que expresa las características de un nuevo sistema de producción en el que combinaba flexibilidad, eficiencia y calidad, términos que la industrial busca (Womack, Jones, & Roos, 1992). En la actualidad la filosofía Lean puede abarcar todas las secciones o departamentos de una empresa más no solo la parte productiva, cada vez el alcance se incrementa y este pensamiento debe de ser contagiado a nivel de la organización y a todas las partes interesadas ya que con el apoyo a nivel general se crea cultura y no es solo una buena idea de aplicación temporal. Para establecer con un criterio técnico las herramientas Lean Manufacturing, es importante primero definir y analizar la importancia de la logística empresarial, bajo esta premisa se puede indicar que la meta de toda empresa cualquiera que fuera su producto o servicio que disponga es ganar dinero, mismo que se ve reflejado en las ventas que se van a alcanzar teniendo a favor la

ventaja competitiva del precio que se va a lograr reducir sin perder la calidad del producto al ser más eficientes, es decir producir más cantidad con los mismo recursos, es por eso la importancia de analizar el tiempo productivo, mismo que comprende: tiempo de preparación, operación, transporte y esperas, por lo que la reducción o mejora de los que no agregan valor o no causan transformación en el producto es necesario reducirlos o eliminarlos como lo es la logística dentro de la empresa. (Bravo, Jessica, & Peñaherrera, 2018)

Al referirse a la logística es importante involucrar el concepto de cadena de suministro que según Cooke (1997) es la “coordinación e integración de todas las actividades asociadas al movimiento de bienes, desde la materia prima hasta el usuario final, para crear una ventaja competitiva sustentable, esto incluye la administración de sistemas, programación de la producción, procesamiento de pedidos, dirección del inventario, transporte, almacenaje y servicio del cliente” y en este contexto la logística quiera o no juega un papel importante en el desarrollo de la misma puesto que sin este no sería posible su ejecución debido a que el movimiento de materiales se encuentra presente a lo largo del camino desde el proveedor hasta el cliente.

La logística es considerada como un conjunto de actividades que están presentes en varias circunstancias de la vida y no como se piensa solo en el ámbito empresarial (Mora, 1963), es por eso la importancia de conocer su origen debido a que en el mundo de los negocios el concepto de logística no tiene más de dos décadas aunque en el desarrollo del campo de la investigación de operaciones e ingeniería industrial su historia cuenta a partir de la Segunda Guerra Mundial en el campo militar, relacionado con la coordinación de gestión para la adquisición y suministro de materiales y equipos para cumplir la misión en las batallas sin contratiempos (Mora, 1963), Sun Tsu (El arte de la Guerra, 2003) hace referencia a la planeación, organización y coordinación de las acciones necesarias para el suministro de armas, municiones y demás elementos requeridos para la guerra.

En la actualidad la logística es un término que se lo ha venido utilizando de forma genérica para señalar: logística de negocios, distribución física, administración de materiales, administración logística, entre otros, pero según Jiménez y Hernández (2002) se ha llegado a un consenso para definir la logística como el proceso de movimiento de materiales a través de la empresa, según Severa. D (2010) la logística abarca varias actividades, las mismas que están agrupadas en diez grupos los mismos que son:

- Servicio al cliente
- Transporte
- Gestión de inventarios
- Procesamiento de pedidos
- Almacenamiento
- Manejo de mercancías
- Compras
- Planificación del producto
- Gestión de la información
- Logística inversa

2.1.1 Objetivo de la filosofía Lean Manufacturing

Es importante recalcar que dentro de la cadena de suministro las actividades que agregan valor no son todas es por tal motivo el estudio de la filosofía Lean Manufacturing, la misma que según Sacconini L. (Lean Manufacturing paso a paso, 2019) recibe el sistema justo a tiempo, esta filosofía es un proceso continuo de eliminación de desperdicios que engloba costo y trabajo en equipo, además esta filosofía radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora, en otras palabras es la creación de una forma de vida en la que se identifique con facilidad los desperdicios y se trate de eliminarlos en su totalidad. Dichos desperdicios según Giannasi. E (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2012) son:

- Sobreproducción: Es producir en exceso al no existir una demanda real, esta se da por lotes grandes, tiempo de preparación de equipos extenso o creación de stock de seguridad sin motivo aparente.
- Esperas: Es un tiempo improductivo sin que se genere valor debido a producción en grandes lotes, largo tiempo de puesta a punto, falta de materias primas e insumos y programación de la producción inadecuada

- Transporte: Es la necesidad de transportar sin que se genere un cambio en el producto por lo que el cliente vaya a pagar, se da por layout inadecuado, stocks excesivos o espacio insuficiente.
- Reproceso: Es cuando no existe calidad en la fuente.
- Inventario: Es la creación de un colchón por cuello de botella y por lo general se da por el tamaño del lote.
- Movimientos: Es realizar operaciones no necesarias según la especificación del producto
- Defectos: Es la ausencia de estándares de inspección.

2.1.2 Principios filosofía de la Lean Manufacturing

Al referirse a los principios para la implementación de Lean Manufacturing en la industria no son más que la secuencia lógica definida para la obtención del fin último de la filosofía que es reducir todo aquello que no agrega valor (Araújo, 2011), estos principios son:

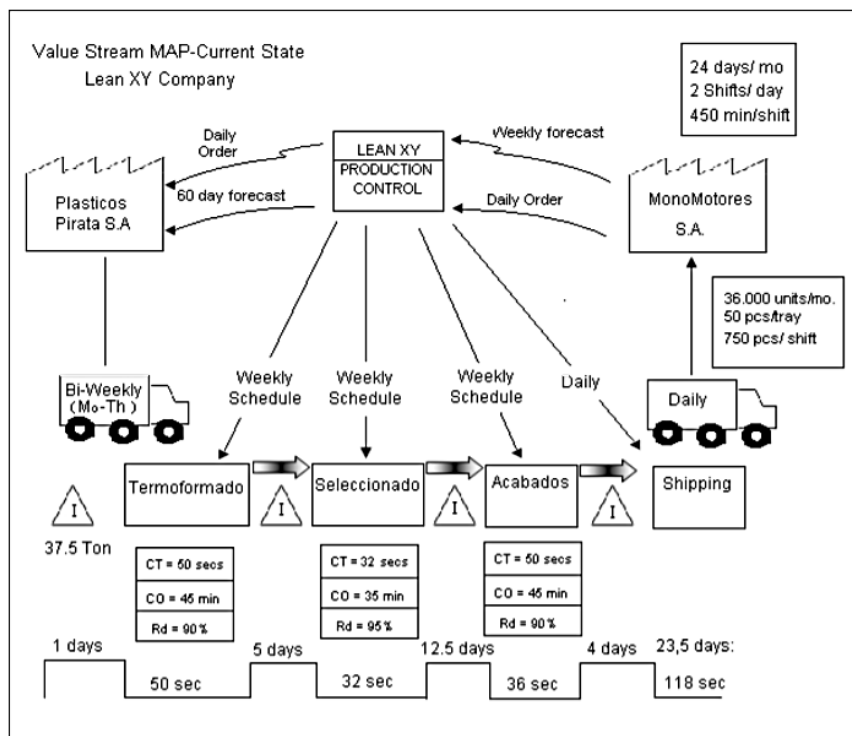
- **Identificación de valor:** se basa en el diagnóstico inicial de la empresa, donde por medio de la herramienta VSM, mapa de la cadena de valor, permite determinar el conjunto de actividades necesarias para la obtención del bien o servicio donde a su vez se identifica los desperdicios existentes a lo largo de la cadena de valor.
- **Establecimiento de flujo continuo:** es la integración de los procesos según su modo de fabricación, este principio es el central para la implementación de la filosofía de estudio puesto que trata de reducir o eliminar tiempo sin valor añadido, espacios innecesarios, limitación y control de stock y generación excesivo de material en proceso. Las herramientas Lean para la puesta en práctica de este principio son: 5s, herramientas visuales, takt time, entre otros.
- **Establecimiento de sistema de producción:** El método tradicional de trabajo es el push donde se produce sin importar el proceso siguiente tenga o no capacidad o peor aún sin saber nuestros pronósticos de demanda, logrando de ese modo incrementar el inventario y generar un costo, por otro lado existe los sistemas pull que se basan en la demanda real, en la que se fabrica lo que se necesita, en este tipo de sistema se puede controlar el WIP, trabajo en proceso, existe menor variabilidad al poder reaccionar con la demanda.

2.1.3 Herramientas de Lean Manufacturing

La filosofía Lean Manufacturing está compuesta por una serie de herramientas como lo son: VSM, 5s, Kanban, Smed, VSM, Balanceo, Estandarización, Control visual (Andon) encaminadas a funciones o áreas específicas para la reducción de desperdicios. (Tejeda, 2011)

- VSM:** Herramienta que permite tener una perspectiva general del proceso para en lo posterior centrarse en la mejora de un subproceso en específico. Estos mapas son esencialmente representaciones de alto nivel del flujo del producto ya que indican desde que se pone la orden, pasando por los proveedores, hasta que el material llega a la empresa para ser transformado y finalmente se despacha el producto terminado a los clientes. El objetivo principal de estos mapas es el de resaltar oportunidades de mejora mostrando los puntos en los que se desperdicia tiempo a través de la existencia de inventarios y demoras innecesarias. (Rivera, 2013)

Figura 1: Representación de VSM.



Nota: Representación del mapeo de valor, muestra la forma como llega las órdenes, proceso productivo y el despacho. (Rivera, 2013)

- **5s:** Es el fundamento de la cultura Lean. 5S viene de cinco palabras japonesas que han sido utilizadas para mostrar una evolución desde el orden y la limpieza del sitio de trabajo hasta la disciplina personal. (Rivera, 2013)
 - Clasificar (Seiri): Se refiere a la identificación de lo que sirve versus lo que no sirve, esto se lo realiza según criterios como la frecuencia de uso de materiales que ocupan un espacio en el área de trabajo, para la aplicación de esta etapa se suele identificar los materiales de poco o nada utilización con tarjetas rojas de modo que en las siguientes “s” gestionar su disposición. Al momento de clasificar se pretende liberar espacio útil, reducir tiempos de acceso, mejorar el control visual, eliminar pérdida de materiales, etc.
 - Ordenar (Seiton): Permite determinar una zona a todo lo clasificado en el proceso anterior, como técnicas se suele pintar las áreas para fácil identificación del lugar y control en el tiempo.
 - Limpieza (Seiso): Se refiere a la eliminación de polvos del lugar de trabajo o de los materiales a utilizar, desde el punto del mantenimiento es lograr identificar, fallos, averías, escapes, de modo que estén siempre operativos los equipos de uso.
 - Estandarización (Seiketsu): Pretende obtener el estado de limpieza y organización alcanzada con las primeras 3s, como método para alcanzar este objetivo es el registro fotográfico antes y después de la implementación.
 - Disciplina (Shitsuke): es el canal para llegar al mejoramiento continuo, esto es posible con un control periódico y severo ante incumplimientos de lo generado.

- **Tack time:** es aquel tiempo que marca el ritmo de la demanda, es decir cada cuanto tiempo necesitan los clientes el producto, esta herramienta permite sincronizar la producción ayudando de forma paralela a la calidad de los productos, para su cálculo es necesario el tiempo disponible menos los tiempos de cambio o paradas programadas.
- **Gestión visual:** Se refiere a la comunicación de la planta con las partes interesadas, además refleja de manera clara la transición hacia la mejora continua, esto a vez facilita la integración del personal que opera en la planta.
- **Kanban:** se basa en el uso de tarjetas que circulan a lo largo de las etapas de trabajo que contienen información sobre solicitar o retirar y proporcionan una idea del avance del

proceso en función de sus metas establecidas, es decir Kanban ayuda a gestionar el flujo de trabajo ya que es un instrumento que permite entregar el pedido correcto en el momento preciso y de ese modo jala (pull) los materiales, partes o componentes hasta la línea final como lo señala Moposita, C. (Sistema de producción kanban en la empresa de calzado, 2017). Es importante resaltar que los frutos de la aplicación de la herramienta kanban son: estímulo de rendimiento, distribución de trabajo, colaboración y comunicación (Monden, 1996); estos a su vez obedecen a principios que presenta Moposita, C. (Sistema de producción kanban en la empresa de calzado, 2017) los mismos que son:

- Eliminación de desperdicios
- Mejora continua
- Participación plena del personal
- Flexibilidad de la mano de obra
- Organización y visibilidad

2.1.4 Aplicaciones de Lean Manufacturing

Las aplicaciones de Lean Manufacturing son variadas dependiendo la necesidad de aplicación ya que su ejecución sin motivo involucra gasto ya sea en insumos materiales como humanos; en el área de logística y bodega las herramientas Lean capaces de aportar en gran medida son 5S y Kanban, ya que partiendo desde la base de la filosofía estas permiten poner en orden el sistema para en lo posterior establecer una metodología de reabastecimiento de modo que esta al ser un lugar de paso sin transformación del producto pueda determinar un método acorde de rotación de materiales mismo que dependerá de criterios como: volumen del consumo, criticidad llegada y frecuencia de daños, etc.

2.1.5 Beneficios en la aplicación de Lean Manufacturing

Las aportaciones de la filosofía Lean Manufacturing siempre serán favorables y beneficiosas como lo muestra Pulley V. (Análisis de la implementación del esquema de abastecimiento Kanban en la bodega de MP de una empresa de línea blanca, 2015) que reporta antes de la aplicación de Kanban en la bodega de materia prima de una empresa de fabricación de línea blanca una pérdida

en mano de obra de \$89.574 causada por la proveeduría de materiales y una vez costeadada la implementación de la herramienta que es \$10.558 se podría reducir dicha pérdida en gran porcentaje y valor.

2.2 Simuladores de procesos

La simulación es una forma de representación de escenarios, consiste en el diseño de un modelo matemático de un sistema, que en lo posterior se ejecutará obteniendo datos o posibles soluciones de una serie de experimentos con la intención de entender su comportamiento bajo ciertas condiciones. El modelo debe ser capaz de reproducir el comportamiento del proceso real con la mayor exactitud posible. En décadas pasadas esto era imposible ya que se hacía la prueba insitu y luego se trataba de plasmar lo conseguido en un simulador. Esta posibilidad es importante ya que se puede probar múltiples escenarios y luego irlos comparando, mismo que optimiza tiempo, dinero, etc. (Milla, 2016)

Actualmente se cuenta con varios programas de simulación, mismos que se diferencian según el tipo de variables a manipular; para la simulación de procesos industriales es posible utilizar:

- **Promodel:** simula procesos Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Permite simular cualquier tipo de sistemas ya sea manufactura, logística, manejo de materiales entre otros, también se pueden simular bandas de transporte, grúas viajeras, ensamblaje, corte talleres, logística, entre otros. (Milla, 2016)
- **Simio:** permite simular cualquier tipo de sistemas ya sea manufactura, logística, manejo de materiales entre otros. Este programa permite modelizar al capturar y describir el comportamiento de un sistema, además simula al permitir estudiar los resultados y finalmente visualiza mediante animaciones en diferentes vistas. (Simio, sf)
- **Flexsim:** permite modelar y mejorar los sistemas existentes y propuestos, además posibilita entender con precisión los problemas básicos de un sistema sin la necesidad de programaciones complicadas, esto debido a que ofrece una forma sencilla al desarrollar el modelo de simulación. Dentro de las bondades de Flexsim se recalca su capacidad de visualización de flujos de producción, también simula cualquier sistema ya sean con variables discretas y continuas, finalmente permite estudiar las distribuciones de

probabilidad con gran precisión en lugar de valores promedio para representar fielmente la realidad, las gráficas, los reportes y todo lo que se refiere a los estadísticos se puede revisar a detalle. (Simon, Santana, & Granillo, 2013).

2.3 Indicadores Económicos

Hoy en día debido a la gran competencia existente entre industrias cualquiera que sea su producto final se ve la necesidad de poder analizar los datos que resulta de la actividad empresarial, esto se logra midiendo lo logrado de modo que se pueda tomar acciones tempranas para direccionar ante resultados negativos, la forma de medir se lo hace mediante indicadores que no son más que métricas de evaluación de desempeño.

Existen diferentes tipos de indicadores desarrollados que dan la pauta para continuar o detener la acción que se esté haciendo. A continuación, se indican algunos indicadores útiles para evaluar proyectos: (Cervantes, Pérez, & Cruz, 2018)

- **Valor presente neto VPN:** mide el valor generado por llevar a cabo cierta inversión. Es un indicador clave de proyectos ya que si su resultado es mayor a 0 se acepta la inversión, si es igual a 0 conlleva un análisis y si su valor es menor a 0 se rechaza la inversión.
- **Índice de rentabilidad TIR:** mide el valor creado por unidad invertida, este ayuda para la conclusión tomada en relación al VPN ya que si es mayor a 1 el VPN es positivo por ende se acepta la inversión.
- **Retorno de la inversión ROI:** se centra en analizar inversiones parciales o por proyectos donde hay una serie de gastos o ingresos debidos específicamente al proyecto en sí. Este indicador deduce de los ingresos todas las salidas asociadas a la venta como inversión, de modo que asocia todo como costos totales del proyecto independientemente de su ejecución o no. (García, 2019)

3 MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 Tipo, diseño y nivel de investigación

La investigación propuesta tiene un enfoque cuantitativo puesto que tiene la necesidad de recolectar y analizar datos de forma numérica, en algunos casos se necesitará un análisis estadísticos para probar o rechazar las hipótesis planteadas en función de los objetivos específicos, en cuanto al diseño es cuasi experimental debido a que mediante datos de la empresa escogidos por razones específicas se comparará con la propuesta en función de los requisitos del investigador, como detalle de la investigación cuasi experimental propuesta se dice que en un inicio va a tener un alcance descriptivo al realizar un diagnóstico de la situación inicial en que como dice Danhke (1989) “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”, además es correlacional ya que reflejará la consecuencia de modificar la variable independiente ante la dependiente.

Con respecto al tipo de investigación según su finalidad ésta es aplicada puesto que trata de resolver un problema latente y según su marco en el que tiene lugar corresponde a laboratorio debido a que se analizará dos escenarios, el inicial y el propuesto, esto se analizarán en un simulador y no en planta.

La tabla 1 resume el enfoque, tipo, diseño, y alcance determinado del presente estudio.

Tabla 1: Tipo diseño y nivel de investigación.

INVESTIGACIÓN		
ENFOQUE	Cuantitativa: Análisis de datos de forma numérica	
TIPO	Aplicada: Resolución de un problema latente	
DISEÑO	Cuasi Experimental: Simulación de varios escenarios antes y después de aplicar Lean Manufacturing	
ALCANCE	DESCRIPTIVO	Define la situación inicial
	CORRELACIONAL	Refleja la variación en la variable dependiente al modificar la independiente.
	EXPLICATIVO	Refleja el beneficio de la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en la línea de ensamble

Fuente : Autor

3.2 Método de investigación

La metodología a utilizarse iniciará con un diagnóstico del estado actual donde se describirá la forma de abastecimiento de pre ensamble y de componentes provenientes de otras áreas que no se encuentran dentro de este estudio, luego se presentará los motivos por los que para la línea de ensamble enfocándose en el histórico de tiempo de preparación de materiales, paso seguido se presentará los indicadores de paras de línea, luego se establecerá criterios para la selección de una semana específica para el estudio o simulación de escenarios, entendiéndose que no todas las semanas se realiza los mismos productos y peor aún en las mismas cantidades, en función del análisis previo se realizará un estudio minucioso de herramientas Lean donde luego se elegirán la idónea para implementar en este estudio, luego se propondrá un sistema de abastecimiento a la línea de ensamble con la aplicación de la herramienta selecciona, seguido a esto se simulará el estado actual y se propondrá un método de abastecimiento, finalmente se comparará la realidad actual con la propuesta y se evaluará el beneficio de la misma en función de las unidades extras que se pudieran fabricar o el tiempo que se pueda ahorrar. En la figura 2 presenta la metodología a emplearse en esta investigación.

Figura 2: Metodología a emplearse en la investigación.



Nota: Paso a paso del desarrollo de la investigación en la empresa Fibroacero, iniciando con el diagnóstico y culminando con la evaluación de beneficios.

Fibroacero tiene como objetivo implementar Lean Manufacturing a nivel general, una vez alcanzado resultados esperados en planta, línea de ensamble, pasará a una segunda instancia a nivel departamental, es por eso que el método de investigación es de carácter inductivo debido a que iniciará con el estudio y posterior implantación en la línea de ensamble y en función de los resultados se ampliará a otras áreas de planta y así de forma ascendente hasta que todos los departamento aporten significativamente a este objetivo empresarial.

3.2.1 Diagnóstico de la situación inicial

Fibroacero en su línea de ensamble flexible de cocinas y cocinetas cuenta con un portafolio de productos, mismos que tienen estándares calculados resultados de un estudio de tiempos con muestras representativas de 10 a 15 tomas por puesto de trabajo que garantizan el cumplimiento de la producción según lo calculado asegurando los requisitos de calidad.

En el cálculo de tiempo estándar está involucrado el tiempo de preparación que no es más que la puesta a punto donde los operadores se proveen de materiales que son de origen externo

encontrados en la bodega de materiales de planta y de componentes pre ensamblados u otros que se encuentran en zonas destinadas debido a la estructura de la planta que imposibilita que todos los componentes se encuentren al lado de cliente o puesto que dará uso, por lo que los operadores de la línea deben acercarse a sus puestos de trabajo lo necesario y retirar el carro vacío para seguir con la producción.

Por lo mencionado en el apartado anterior se distinguen paradas programadas como lo son las preparaciones de materiales y cambios de línea y las no programadas aquellas que están fuera del control de la línea e involucra un retraso en la producción. A continuación, se detallan los motivos generales de paradas de la línea de ensamble:

Paradas programadas:

- Café
- Cambio de línea
- Preparación de materiales
- Refrigerio

Paradas no programadas:

- Falta de componentes
- Falta de materiales
- Otros

Del listado anterior entiéndase por motivo café y refrigerio al tiempo otorgado por la fábrica en la mañana y en la tarde respectivamente para servirse un café o en caso del refrigerio cuando se trata de jornada extendida, este tiempo corresponde al tiempo de suplementos del cálculo del tiempo estándar por modelo; el motivo cambio de línea se refiere a que la misma debe convertirse a línea de cocinetas o cocinas según sea lo planificado mediante un setup donde los operadores en un tiempo de 20 min deben desarmar o armar la línea según la necesidad, y el supervisor distribuirá las actividades según el modelo que corresponda convirtiéndose en una parada programada; en el caso de falta de componentes que son de fabricación interna de Fibroacero y los materiales que son de proveeduría externa puede deberse a que no ha entregado el proveedor o a la tardanza de la logística hasta la llegada a planta; con respecto a preparación de materiales existe una clasificación

que es cambio de color que se refiere cuando se trata del mismo modelo de producto con la diferencia solo en alguno de sus componentes, mientras que cambio de modelo se refiere a que acabada un lote de producción comienza otro con otras características o prestaciones como: tapa o respaldo, quemador grill o solo horno, luz en el horno o encendido eléctrico, entre otros, las preparaciones en general de la línea ya sea por color o por modelo son de 3 tipos tanto en cocinas como en cocinetas, siendo las mismas:

- **Aprovisionamiento de materiales de la bodega:** Se refiere a que el personal debe dirigirse a la bodega a solicitar lo necesario al producto a producir.
 - **En cocinas:**
 - Papelería
 - Aislamiento Térmico
 - Ángulos plásticos
 - Material de empaque
 - Biconos
 - Motores
 - Patas
 - Soportes
 - Terminales roscables
 - Tornillería
 - Perfiles
 - Encendidos
 - Parrillas Hierro fundido o alivianadas
 - Cadena de anclaje
 - Lana
 - **En cocinetas:**
 - Papelerías
 - Ángulos laterales plásticos.
 - Material de empaque.
 - Tornillería.
 - Soportes
 - Terminales roscables

- Encendidos
- **Reubicación de componentes y pre ensamblados:** Se refiere a acercar los componentes y pre ensamblados para inmediato uso tanto para cocinas como para cocinetas:
 - **Para cocinas:**
 - Bandeja piso
 - Bandeja cielo
 - Cañerías de cámaras
 - Cañerías horno
 - Cañerías grill
 - Quemadores horno
 - Quemador grill
 - Contrafrentes
 - **Para cocinetas:**
 - Laterales.
 - Contrafrentes.
- **Actividades extras:** Se refiere a actividades que ha adoptado la línea desde la creación del producto como otras que depende de fechas de fabricación y no puede ser pre ensamblado.
 - **Para cocinas**
 - Sello con fecha en adhesivos de calidad
 - Tuerca + bicono en cañerías de cámaras
 - Tuerca + bicono en cañerías horno
 - Kit de taco fisher + cáncamos+ manual + hoja
 - **Para cocinetas**
 - Sello con fecha en adhesivos de calidad

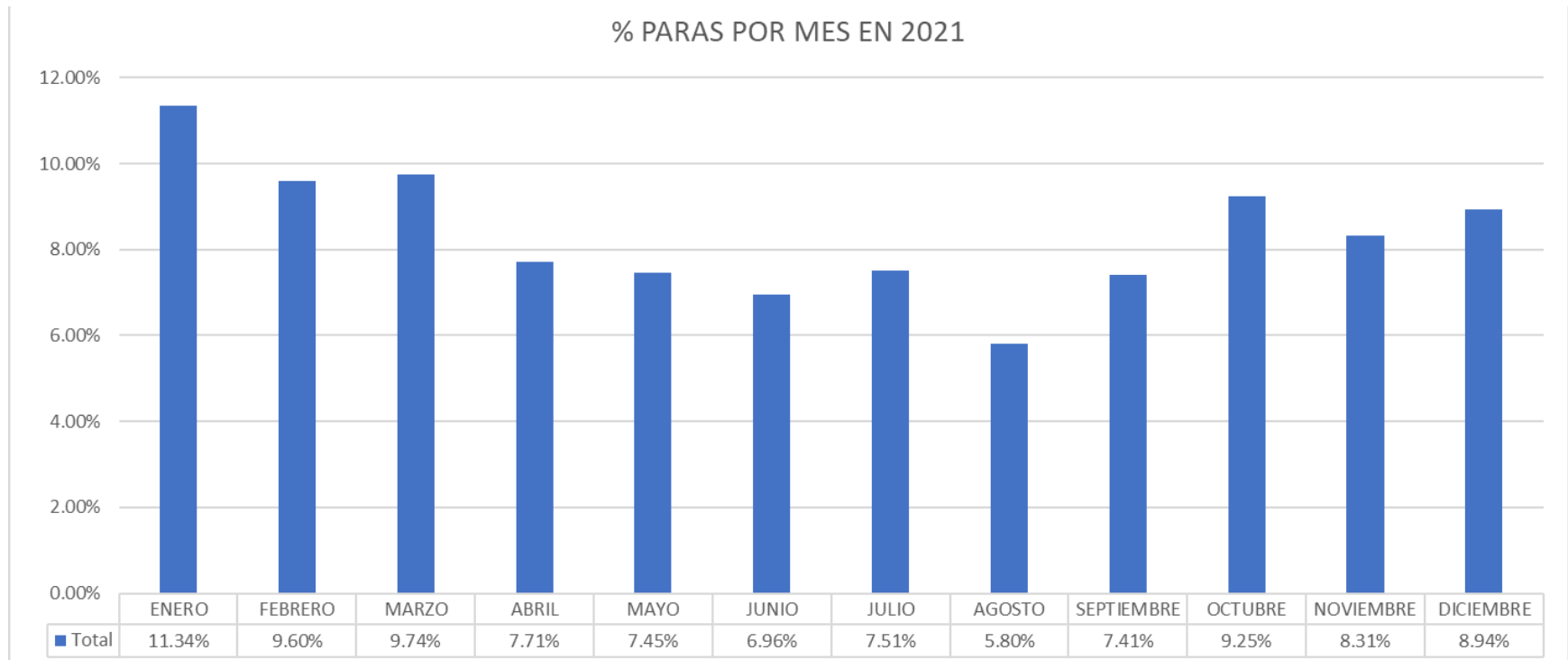
Es importante denotar que los tipos de preparaciones de materiales que se indicó en el apartado anterior son de forma paralela siendo el que más tiempo genera el traslado a la bodega de materiales a pedir el material, es decir la línea en estudio cuenta con 21 puestos de trabajo donde 30 personas están distribuidas, es así como 21 personas se movilizan a solicitar material

mientras que las otras hacen preparaciones de tipo reubicación de componentes y actividades extras.

Finalmente cuando se trata del motivo otros, se refiere a las paras por problemas en la línea ya sea en los componentes o en los materiales que impiden su ensamble o presentan alguna anomalía en el funcionamiento de la cocinas o cocinetas, también puede deberse a defectos estéticos, errores en las estructuras del producto donde está cargado algún material por error o ausencia de otro, este motivo también abarca capacitaciones al personal, reprocesos, problemas en el sistema informático, falta de espacio en la bodega de producto terminado, entre otras.

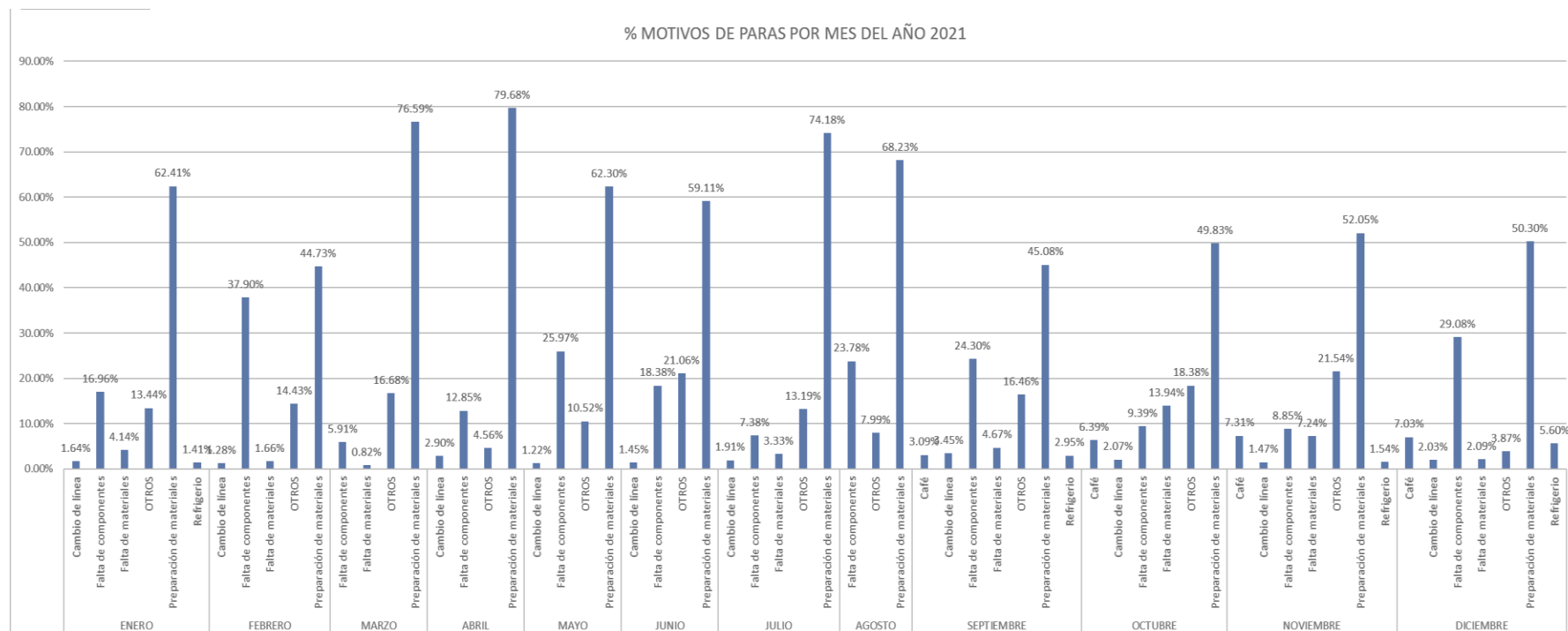
La figura 3 muestra el porcentaje de paras por mes durante el año 2021, es decir cuanto representa las paras mensuales de la totalidad de paras del año e indica gráficamente las fluctuaciones de la cantidad de paras por mes complementando esto la Figura 4 expresa a detalle los motivos por lo que sucedió las paras.

Figura 3: Porcentaje de paras en línea cocinas cocinetas por mes en el año 2021.



Nota: De forma global el mes de agosto es el mejor mes, pero puede estar inmersos factores que produzcan esa interpretación errónea.

Figura 4: Motivos de paros de línea cocinas – cocinetas por mes del año 2021.



Nota: El mes de agosto tiene alto porcentaje de paros no planificados o fuera de control mientras de marzo y julio sus paros son controladas no se ven opacadas por otras siendo estos los mejores meses.

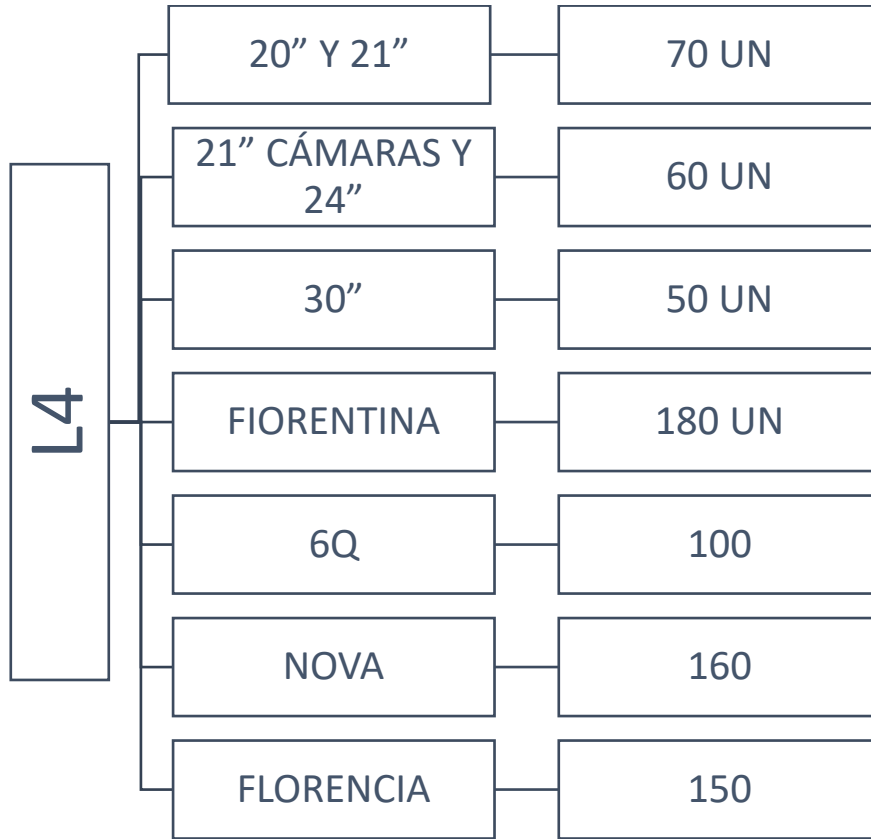
Si bien las figuras 3 y 4 muestran como es el comportamiento de las paras en relación a la totalidad del año es necesario analizar las paras programadas en cada mes, siendo este nuestro objetivo de reducir, es por eso que la tabla 2 muestra el historial mes a mes donde se miden las paras no programadas en función de las horas total trabajadas por mes, además muestra el tiempo de paras programadas por mes que son calculadas como la sumatoria de unidades producidas por modelo dividido para su lote mínimo, figura 5, este lote fue considerado teniendo como referencia que se debe parar cada 1.5 horas aproximadamente según las condiciones de la empresa respecto a temperatura ambiente, monotonía y esfuerzo por lo que este variaría en función de las modificaciones del estándar calculado en cocinas y cocinetas.

Tabla 2: Indicador de paras no programadas en función de las horas trabajadas

Meses	Horas trabajadas	Paras total real	Paras programadas (h)	Paras no programadas (h)	Indicador de paras no planificadas
ENERO	259.00	35.47	31.37	12.07	4.66%
FEBRERO	161.50	30.47	20.23	10.93	6.77%
MARZO	304.00	30.47	28.21	4.35	1.43%
ABRIL	192.50	24.23	21.17	4.20	2.18%
MAYO	173.50	23.30	17.37	8.35	4.81%
JUNIO	177.00	21.77	17.23	6.68	3.78%
JULIO	224.00	23.73	23.14	4.03	1.80%
AGOSTO	176.00	18.15	18.41	4.18	2.38%
SEPTIEMBRE	216.00	23.18	19.91	9.95	4.61%
OCTUBRE	202.00	28.93	20.39	10.07	4.98%
NOVIEMBRE	249.50	28.50	24.38	8.75	3.51%
DICIEMBRE	232.50	27.97	23.56	6.92	2.97%

Nota: Marzo es el mejor mes puesto que la cantidad de paras no planificadas no es alto en relación con el número de horas trabajadas en dicho mes.

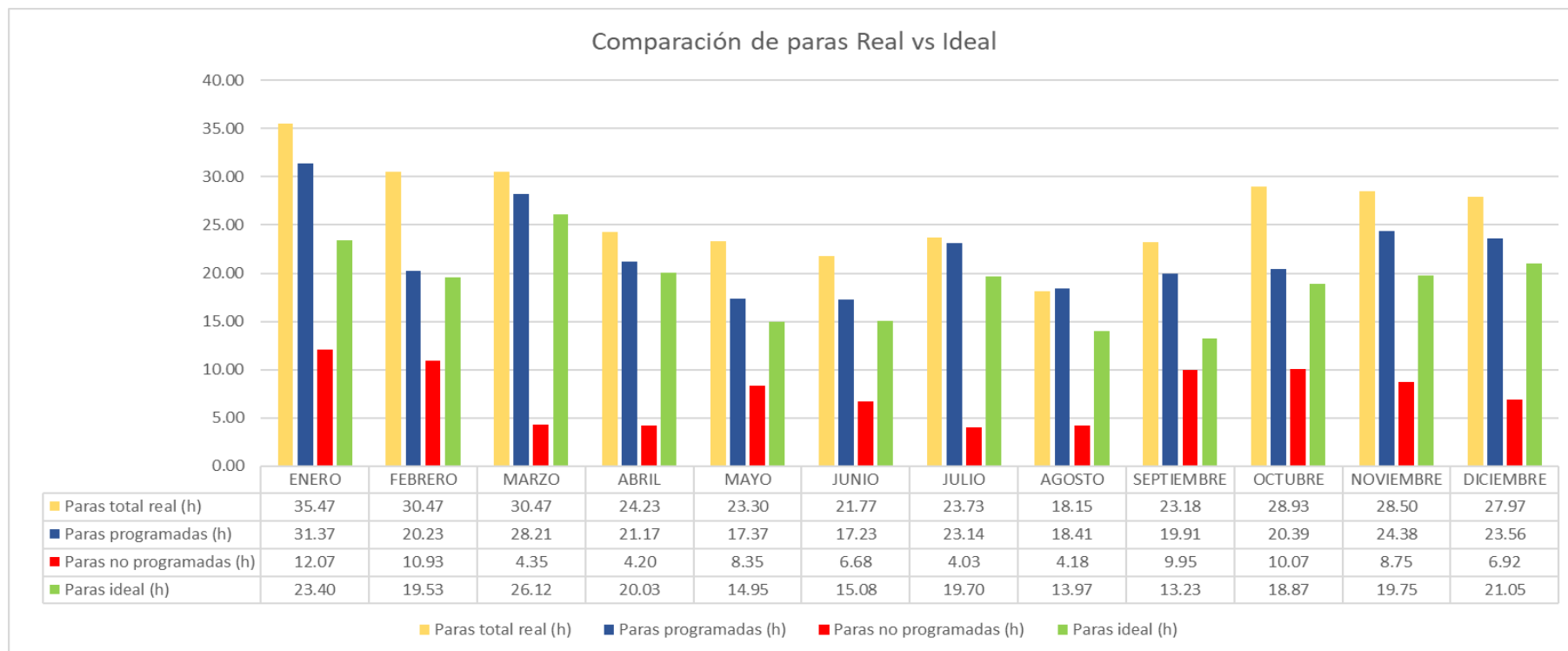
Figura 5: Lote mínimo por cocinas o cocinetas en línea de cocinas o cocinetas



Nota: Número de cocinas o lote mínimo para calcular el tiempo de paras programadas. Este lote corresponde a una para para 1.5 horas de producción en la línea de cocinas y cocinetas denominada línea 4 (L4).

De manera gráfica la figura 6 expresa lo de la tabla 2 en la que las barras amarillas muestran cual fue la para total real, que al compararlas con las barras verdes que representan la para ideal indican que de no haber existido las paras no programadas siendo estas las barras rojas la para ideal (barras verdes) hubieran sido menor que la programada representado en sus barras azules.

Figura 6: Comparación de paras total real vs Ideal



Nota: Expresa como hubiera sido la para total sin tener paras no programadas resultando así la para ideal expresada en las barras verdes.

3.2.2 Análisis para la implementación de la herramienta Lean Manufacturing

3.2.2.1 Definición del universo de trabajo y determinación de la muestra

De modo de demostrar la mayoría de los aspectos por lo que para la línea de ensamble de cocinas sea estas programadas y no programadas y al tener Fibroacero un método híbrido de producción, donde para el mercado nacional maneja un sistema push en la que produce para stock y pull para exportación ya que se produce asegurada la venta, por lo mencionado no se puede escoger días al azar para la simulación del caso de estudio debido a que nunca las semanas se repiten o se asemejan, por lo que para simular cocinas, cocinetas se escogió la semana 45 del 2021 reflejado en la tabla 3, que corresponde a la semana del 8 al 13 de noviembre cuyo mix de producción posee cocinas de 30 pulgadas, cambio de línea a cocinetas y cocinas de 20 pulgadas.

Tabla 3: Mix de producción semana 45

Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
COCINA 30" II C/R SILVER	95					
COCINA 30" II C/R NEGRO	77					
COCINA 30" C/T SILVER HIERRO FUNDIDO	155					
COCINA 30" C/T NEGRO HIERRO FUNDIDO	33					
C 30 C/T INOX		40				
C 30 C/T SILVER		40				
F PLUS 30" C/T SILVER		150				
D 30" C/T SILVER		83				
D 30" C/T SILVER			167			
A 30 C/T INOX			40			
CEL 30 C/T INOX			60			
K 30 C/T INOX			45			
L 30 C/T INOX				230		
ISA 30 C/T INOX				76		
COCINA DE MESA 21" C/R PLUS NEGRO					450	

COCINA DE MESA 21" C/T BLANCO	225
FIO 4Q C/T BEIGE	170
FIO 4Q C/T AMARILLO	90
FIO 4Q C/T VERDE	150
FIO 4Q C/T SILVER	220
FIO 4Q C/R BEIGE	100
FIO 4Q C/R BLANCO	150
LIA 21 C/T INOX	333

Nota: Mix refleja una semana ejemplo de producción de cocinas y cocinetas.

3.2.2.2 Selección de Herramientas Lean Manufacturing

Lean Manufacturing dispone de varias herramientas para la mejora de sus procesos de modo de cumplir su objetivo que es la reducción de desperdicios de cualquier tipo, para la propuesta donde el desperdicio es el tiempo de preparación que traducido en los desperdicios según la teoría corresponde a la espera, este tiempo es una tarea que no transforma al producto y por ende no agrega valor se ve la necesidad de optimizarlo, es por tal motivo que el Kanban es la herramienta idónea para conseguir dicho fin, ya que se la aplica al abastecimiento o reposición continua al puesto de trabajo de modo que el mismo no produzca tiempos muertos como en este caso que es el tiempo de preparación; otras herramientas Lean por su parte como VSM ayuda a identificar los desperdicios que por la magnitud de desperdicio a tratar debido a su historial este se encuentra identificado, SMED por su lado reduce el tiempo de setup haciendo actividades externas en internas de ser posible aprovechando el tiempo del personal y en este caso no pueden abastecerse mientras se produce, Jidoka crea mecanismo para evitar errores pero aplicable en el proceso productivo como por plantillas que faciliten la actividad más no en el abastecimiento a la línea de ensamble, finalmente es importante destacar que para poner en práctica el Kanban todos los procesos anteriores que provean de material a la línea de ensamble deben estar organizados y sincronizados de modo de tener los materiales de proveeduría externa y componentes de fabricación interna en el lugar y tiempo deseado, además en el área que en este caso es la línea de ensamble para la implementación del Kanban deber estar en orden mediante la herramienta 5” S” siendo esta la base de Lean.

El Kanban a su vez en su aplicación real genera una alerta de modo que los encargados del abastecimiento acudan a reponer el material faltante antes de que se agote, es decir actúa como cadena en donde quien usa el producto que en este caso es la línea de ensamble activa una notificación de reposición de material, cabe recalcar que esta alerta fue previamente acordada entre las partes de modo que exista tiempo suficiente antes de que se acabe el material y los abastecedores puedan reponer del mismo.

3.2.2.3 Simulación del proceso utilizando Kanban

El mejor método para representar y validar la idea de utilizar la herramienta de Lean llamada Kanban para reducir el tiempo de preparación en la línea de ensamble y sobre todo que no requiera de una mayor inversión se la conoce como simulación, es por eso que Flexsim en su versión educativa es el simulador a utilizar para plasmar el proceso tanto en la situación actual como en la propuesta de modo de comparar y obtener resultados en base a las mismas condiciones.

Como consideraciones generales se presenta las siguientes:

- Simulación del mix de la tabla 3 por día.
- Los tiempos de procesamiento se lo ha colocado en minutos por unidad, es decir la división de 60 para el estándar por hora que se encuentra en la tabla 4.
- La jornada de trabajo está dada por la tabla 5.

La tabla 6 expresa el tiempo en segundos donde cada producto inicia su producción según su orden de producción de la tabla 3.

Tabla 4: Estándar por hora

Producto	Grupo	Nombre	Estándar por hora
Cocina	1	COCINA 30" II C/R SILVER	30
Cocina	1	COCINA 30" II C/R NEGRO	30
Cocina	1	COCINA 30" C/T SILVER HIERRO FUNDIDO	30
Cocina	1	COCINA 30" C/T NEGRO HIERRO FUNDIDO	30
Cocina	2	C 30 C/T INOX	24

Cocina	2	C 30 C/T SILVER	24
Cocina	2	F PLUS 30" C/T SILVER	24
Cocina	2	D 30" C/T SILVER	24
Cocina	2	A 30 C/T INOX	24
Cocina	2	CEL 30 C/T INOX	24
Cocina	2	K 30 C/T INOX	24
Cocina	3	L 30 C/T INOX	24
Cocina	3	ISA 30 C/T INOX	24
Cocineta	3	COCINA DE MESA 21" C/R PLUS NEGRO	130
Cocineta	3	COCINA DE MESA 21" C/T BLANCO	130
Cocineta	3	FIO 4Q C/T BEIGE	130
Cocineta	3	FIO 4Q C/T AMARILLO	130
Cocineta	3	FIO 4Q C/T VERDE	130
Cocineta	3	FIO 4Q C/T SILVER	130
Cocineta	3	FIO 4Q C/R BEIGE	130
Cocineta	3	FIO 4Q C/R BLANCO	130
Cocina	4	LIA 21 C/T INOX	41

Nota: Se identifica 4 grupos de estándares distribuidas en cocinas y cocinetas

Tabla 5: Jornada real de producción

Días	Hora inicio	Hora fin	Duración
Lunes	7:00	19:00	12:00:00
Martes	7:00	20:00	13:00:00
Miércoles	7:00	20:00	13:00:00
Jueves	7:00	19:45	13:00:00
Viernes	7:00	18:30	12:00:00
Sábado	7:00	15:00	8:00:00

Nota: Duración 2 días 23 horas si se produjera de forma continua

Tabla 6: Tiempo de inicio de producción de cada modelo en segundo

Tiempo de inicio (sg)	Nombre del producto	Cantidad
0	COCINA 30" II C/R SILVER	95
11400	COCINA 30" II C/R NEGRO	77
20640	COCINA 30" C/T SILVER HIERRO FUNDIDO	155
39240	COCINA 30" C/T NEGRO HIERRO FUNDIDO	33
43200	COCINA 30" C/T NEGRO HIERRO FUNDIDO	45
48600	C 30 C/T INOX	40
48900	F PLUS 30" C/T SILVER	150
71400	D 30" C/T SILVER	83
83850	D 30" C/T E SILVER	167
108900	A 30 C/T INOX	40
114900	CEL 30 C/T INOX	60
120300	K 30 C/T INOX	45
127050	L 30 C/T INOX	230
29239	ISA 30 C/T INOX	76
40639	ISA 30 C/T INOX	74
51739	COCINA DE MESA 21" C/T BLANCO	225
57970	FIO 4Q C/T BEIGE	170
62678	FIO 4Q C/T AMARILLO	90
65170	FIO 4Q C/T VERDE	130
68770	FIO 4Q C/T SILVER	220
74862	FIO 4Q C/R BEIGE	100
77631	LIA 21 C/T INOX	48
81846	LIA 21 C/T E INOX	333

Nota: Para la simulación se contempla como si la producción fuera de corrido

- Existe 2 cambios de línea siendo estos cuando finaliza cocinas y pasa a cocinetas, siendo esto al inicio del día viernes y al retornar a cocinas nuevamente al inicio del sábado, este cambio consume 20 min cada uno.

La simulación de la situación inicial tiene la consideración que cada 1.5 horas para la línea de ensamble 8 minutos como máximo según histórico y definido como política para dirigirse a la bodega de materiales y abastecerse para el lote de 1.5 horas siguientes, cabe recalcar que este tiempo de preparación por estándar de cocina no es el mismo por lo que en algunos modelos según su complejidad se ocupa igual y en otros menos por lo que el tiempo sobrante lo utilizan para descansar aumentando así el tiempo improductivo. La tabla 7 indica el tiempo real en preparación de materiales que ocupan por estándar de cocina observando que las cocinas con estándar más bajo son las más complejas y ocupan los 8 min de la preparación mientras que las cocinetas con estándar de 130 unidades por hora ocupan tan solo 5 de los 8 min planificados.

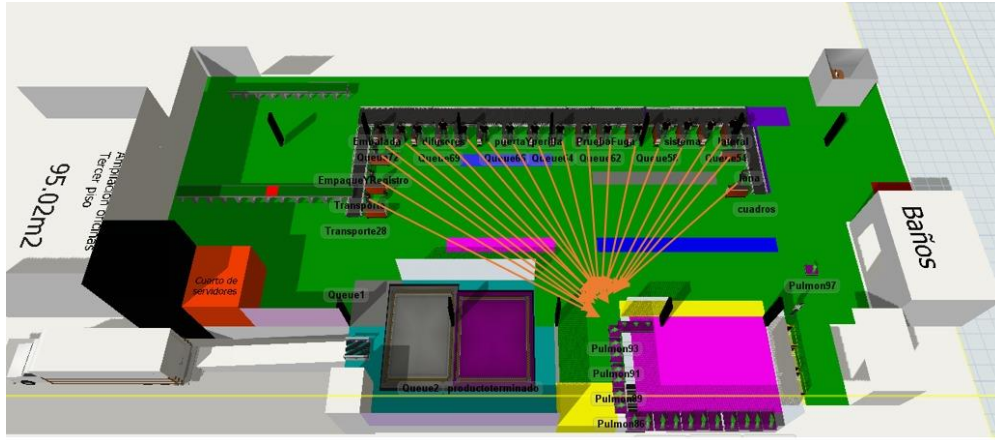
Tabla 7: Tiempo de preparación real por estándar de cocina

ESTANDAR unidades/h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
30	6.8	7.3	7.3	6.7	7.2	7	7.3	7.1	7	7.2	7.09
24	8	8	8.2	7.7	7.9	8	7.8	8	8	8.1	7.97
130	4.5	5	5.5	5.2	4.7	4.4	4.9	5	5.3	5.5	5
41	6.3	5.8	5.9	6	6.2	6	6	6.1	6.2	6.1	6.06

Nota: Las cocinas con menor estándar o las más complejas utilizan 8 min en preparación

La simulación si bien está por día pero indica de forma dinámica como se opera en la línea de ensamble, por ejemplo el lunes la producción es de cocinas con estándar de 30 unidades por hora y el ciclo comienza con el abastecimiento de material de la bodega de logística durante 7 minutos como indica la tabla 7 y el minuto restante de los 8 minutos según política esperan o descansan y luego producen durante 1.5 horas y nuevamente inicia el ciclo con el abastecimiento de materiales. La figura 7 representa la simulación del operar de la línea de ensamble el lunes donde los operadores cambiarán la camiseta a negro para indicar que ese tiempo los operadores se dirigen a la bodega para abastecerse de los materiales requeridos y gris representa el tiempo de espera.

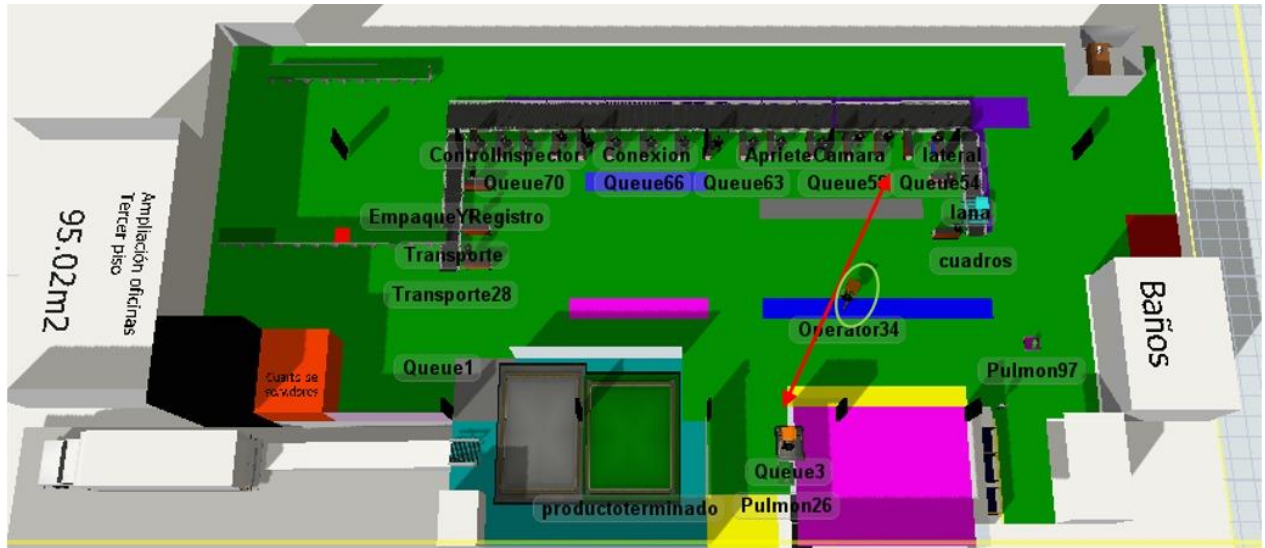
Figura 7: Simulación línea de ensamble en abastecimiento de material situación actual.



Nota: Las personas con camiseta negra indica cuando los operadores se dirigen a la bodega de material

La figura 8 en la simulación del lunes indica como la persona de logística interna abastece de material a los operadores que llegan a la bodega, cabe recalcar que mientras llega el operador la persona de logística ya está preparando el material por lo que no repercute en una espera.

Figura 8: Simulación personal logística interna en abastecimiento de material el lunes



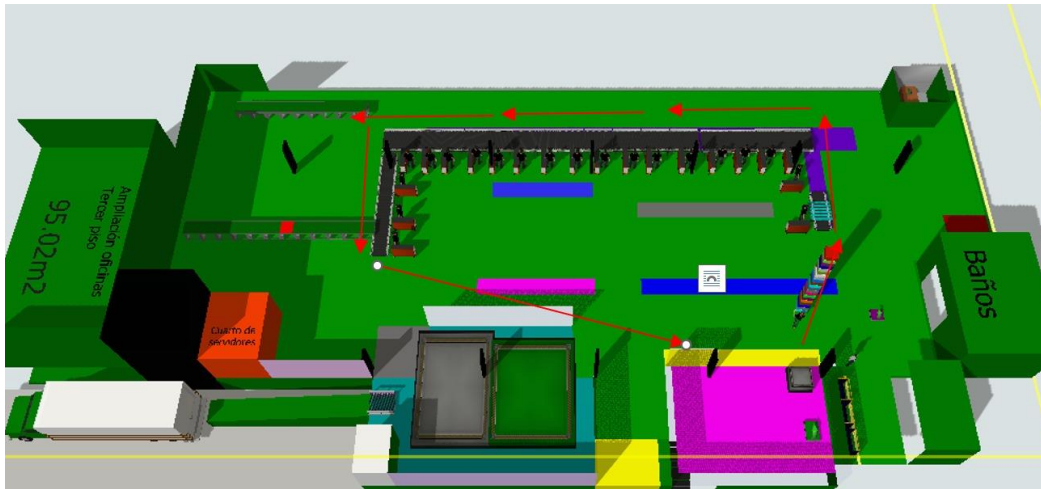
Nota: Ilustra cuando los operadores están abasteciéndose de material de logística.

La propuesta a la aplicación de Kanban para eliminar el tiempo de preparación de materiales se requiere el apoyo de todas las áreas que proveen directamente a la línea de ensamble por tal motivo a continuación se indica que cuales son estas áreas, que hacen en la situación actual y que harían en la propuesta.

- **Pulmón:** Área conformado por 3 personas que se encargan de transportar los componentes de otras áreas a la línea de ensamble y pre ensamble, el cambio hacia ellos radica en el lugar donde deben dejar dichos componentes.
- **Pre ensamble:** Área contigua a ensamble ellos tal como pulmón deberán dejar el material junto al puesto que lo ocupa.
- **Logística Interna:** Área conformada por 4 personas donde una de ellas está ubicada en la bodega de materiales junto a ensamble y pre ensamble que según la situación actual provee de material a estas dos secciones al acudir a la misma, esta persona divide el material para los distintos puesto de pre ensamble, además se encarga del scrap generado por ensamble y pre ensamble dando gestión con la reposición de los mismos de modo de completar la producción. Las 3 personas restantes por su parte realizan tareas de recepción de material de la semana de producción ya sea de la bodega matriz o del proveedor contabilizando y gestionando aprobaciones de calidad si fuera el caso de recepción directa del proveedor, también dividen el material por día hacia la persona de la bodega sin importar quien lo usa, además gestionan juegos por cambios de materiales ante faltantes, finalmente controlan versus patrones tonalidades de plásticos y versiones de papelería. de la propuesta. Para la propuesta la persona de la bodega de materiales deberá cumplir a más de sus actividades descritas en este párrafo el dirigirse a los diferentes puestos de trabajo de la línea de ensamble dotando el material para todo el lote de producción por modelo o color.

Es importante denotar que en la propuesta la línea trabajará de forma continua sin necesidad de parar y por su parte la persona de logística será quien recorra a lo largo de la línea desde el primer puesto hasta el último para dotar de material.

Figura 9: Abastecimiento a la línea. -Escenario Propuesta.



Nota: Personal de Logística abastece a la línea de ensamble.

La persona de logística deberá a su vez llenar datos indicando lo que han abastecido por ítem, quien lo ha hecho y quien ha recibido y si el ítem abastecido es sustituto de otro, además permitirá conocer si está retrasado o a tiempo la entrega, este último será visible en el hecho si el artículo está en verde estaría a tiempo según figura 10 y si está en rojo obliga a poner la razón del retraso figura 11; esto servirá para garantizar que la línea tenga el material o componente que lo requiera en ese instante y evitar inconvenientes de olvidos o de que quien abastezca indique que si se entregó sin ser cierto.

Figura 10: Kanban logística de entrega recepción a tiempo

KANBAN LOGISTICA

INGRESE FECHA DE ENTREGA

INGRESAR INFORMACION DE ENTREGA Y RECEPCION DE MATERIALES

ID: ADH0800 DESCRIPCION: ADHESIVO POSICION QUEMADORES FIORENTINA II

R. ENTREGA: R. RECIBIDO:

CANTIDAD A ENTREGAR: 300 DESTINO:

C. ENTREGADO: HORA ENTREGADA: 12/1/2023 21:05:53

SUSTITUTO:

ID_COMP	NOMBRE_COMP	ID	DESCRIPCION	ADHESIVO POSICION	QUEMADORES FIORENTINA II	Sustituto	Fecha entrega
ADH0007	ADHESIVO CONTROL DE FUGAS TIPO 1						
ADH0058	ADHESIVO PREMIUM 7.6 X 10.2 POLIPROPILE						
ADH0152	ADHESIVO RETIRAR PELICULA ACERO INOXIDA						
ADH0712	ADHESIVO POP CARACTERISTICAS COCINETAS						
ADH0800	ADHESIVO POSICION QUEMADORES FIORENT						
3AS0234	BASE PEQUEÑA 5/8 DENTADA AF 2022						
3AS0251	BASE JUMBO 5/8 DENTADA F (ASK019 5/H)						
3AS0253	BASE MEDIANA 5/8 DENTADA F (ASK017 5/H)						
3IS0045	BISAGRA DERECHA TAPA COCINETA 21" GALV						
3IS0046	BISAGRA IZQUIERDA TAPA COCINETA 21" GAL						
CAR0376	CARTON FIORENTINA II ECOLINE 2022 TAPA D						
ESPO122	ESPARTALLAMA PEQUEÑO BD LATON REM. ES						
ESPO123	ESPARTALLAMA MEDIANO BD LATON REM. ES						
ESPO125	ESPARTALLAMA JUMBO BD LATON REM. PRESS	ENSAMBLE L1	10/1/2023	300	300	OLAYA PABLO	HERNANDEZ ANDRES
ESQ0080	ESQUINERO GENERICO COCINETAS 2021 DE 174	PULMON	10/1/2023	300	0		
3RA0004	GRAPA C-58	ENSAMBLE L1	10/1/2023	2100	2100	OLAYA PABLO	HERNANDEZ ANDRES

Nota: Entrega recepción artículo ADH0800

Figura 11: Kanban entrega recepción con retraso

KANBAN LOGISTICA										
INGRESE FECHA DE ENTREGA										
11/1/2023 <input type="button" value="BUSCAR"/>										
DÍAS		1		SEMANA		2		HORA MAX DE ENTREGA		15:30:00
DÍAS		11		HORA		21:18:09				
ID_COMP	NOMBRE_COMP	Destino	Fecha anticipo	Demanda	Cantidad	R. Entrega	R. recibir	Sustituir		
ADH0006	ADHESIVO PRECAUCION Y CONTROL DE CALIDAD	ENSAMBLE L1	11/1/2023	300	0					
ADH0058	ADHESIVO PREMIUM 7.6 X 10.2 POLIPROPILENO	ENSAMBLE L1	12/1/2023	600	0					
ADH0152	ADHESIVO RETIRAR PELICULA ACERO INOXIDABLE	ENSAMBLE L1	12/1/2023	300	0					
ADH0712	ADHESIVO POP CARACTERISTICAS COCINETAS A C	ENSAMBLE L1								
ASO234	BASE PEQUEÑA 5/8 DENTADA AF 2022	ENSAMBLE L1								
ASO251	BASE JUMBO 5/8 DENTADA F (ASK019 S/H)	ENSAMBLE L1								
ASO253	BASE MEDIANA 5/8 DENTADA F (ASK017 S/H)	ENSAMBLE L1								
SP0122	ESPARTALLAMA PEQUEÑO BD LATON REM. EST.	ENSAMBLE L1								
SP0123	ESPARTALLAMA MEDIANO BD LATON REM. EST.	ENSAMBLE L1								
SP0125	ESPARTALLAMA JUMBO BD LATON REM. PRESS	ENSAMBLE L1								
RAO004	GRAPA C-58	ENSAMBLE L1								
JOJ0175	HOJA DE GARANTIA COCINAS Y COCINETAS ECOL	ENSAMBLE L1								
JOJ0192	HOJA DE INSTRUCCION COCINETAS ECOLINE 202	ENSAMBLE L1								
PER0593	PERILLA COCINETAS LINEA 2 PS NEGRO	ENSAMBLE L1	12/1/2023	1200	0					
OP0098	SOPORTE TABLERO 21" MAQUILA	ENSAMBLE L1	12/1/2023	1200	0					
TOR0071	TORNILLO TRIPEPATO 7 X 1/2 CABEZA PLANA NIC	ENSAMBLE L1	12/1/2023	1200	0					

Nota: Solicitud de colocar motivo por el que el ADH0006 es entregado atrasado

3.2.3 Análisis técnico financiero

El objetivo de cualquier proyecto es la rentabilidad y está propuesta de implementación no es la excepción, es por tal motivo que para que sea agradable hacia los inversionistas es necesario medir y demostrar su rédito de existirlo o su fracaso para que se tome como modelo ante propuestas futuras y así la toma de decisiones sea basada en datos; cabe recalcar que con todo proyecto lo que se busca en eficiencias ya sea en número de personas o procesos mejorados que todo a su final es traducido en dinero que va a ser aprobado o negado según un análisis financiero.

3.2.3.1 Determinación de indicadores Financieros

Los indicadores financieros idóneos para la evaluación de la propuesta de implementación son:

VPN: Corresponde al valor presente neto y es cual trae a valor actual todos los flujos futuros comparándolos con la inversión inicial, este a su vez tiene como referencia un porcentaje conocido como la tasa de descuento (k) que no es más que las exigencias de los inversionistas sobre el proyecto, que para el caso es 10% anual o 0.83% mensual dado a que es más ambicioso que la tasa de interés del banco que corresponde al 7% habitual.

Para la aceptación de un proyecto según el VPN es crucial tener en cuenta lo que indica la tabla siguiente.

Tabla 8: Criterios para aceptación proyecto según indicador VAN o VPN

VAN	Conclusión
> 0	aprobado
= 0	indiferente
< 0	rechazado

Nota: Para validación de proyectos. Autor

TIR: Hace referencia a una tasa o porcentaje donde el valor actual neto corresponde al valor de 0 o dicho en otros términos es hasta que punto el proyecto puede ser rentero. El criterio de aceptación en función del TIR corresponde a la siguiente tabla:

Tabla 9: Criterios para aceptación proyecto según indicador TIR

TIR	CONCLUSIÓN
>k	aprobado
=k	aprobado
<k	rechazado

Nota: El TIR es en función de la tasa de descuento k que corresponde al 0.83%. Autor

3.2.3.2 Cálculos de costos de implementación

Según lo expresado en la determinación de los indicadores financieros aplicables a la validación de la propuesta de implementación se aplicará el VAN y el TIR donde que para cada uno de ellos se requiere la inversión inicial correspondiente a la tabla 10 en la que se ve la necesidad de una Tablet de uso de logística para el llenado de los registro de la figura 10 y 11 ya que dicho personal pasaría en movimiento y respecto a la computadora sería destinada a la línea de ensamble de modo de validar entrega total de materiales o sustitutos de ser el caso, en cuanto a los valores adquiridos en periodos futuros que al ser una propuesta de implementación estos fueron inferidos fruto de la simulación de las horas utilizadas al tener nuevos estándares donde están eliminados los tiempos de preparación que fueron asumidos por otras áreas de producción, a su vez a modo de tener un histórico la simulación expresada se realizó en función de los meses octubre, noviembre y diciembre del 2022.

Tabla 10: Inversión inicial

Cantidad	Artículo / Descripción	Valor por unidad	Valor total
1	Tablet	\$ 250.00	\$ 250.00
1	Persona	\$ 617.16	
1	Computadora	\$ 800.00	\$ 800.00
	Total		\$ 1,050.00

Nota: El valor por personal corresponde a la sumatoria mensualizada de fondos de reserva, aporte patronal, décimo tercero y décimo cuarto sueldo. Autor.

Respecto a los valores futuros se presenta a continuación las tablas 11, 12 y 13 que corresponden a los meses octubre, noviembre y diciembre donde se expresa en costo las horas ahorradas en la línea de ensamble objeto de estudio al implementar los estándares originales versus los estándares optimizados sin el tiempo de preparación.

Tabla 11: Simulación valores adquiridos periodo Octubre

Estándar	Personas	Costo hora	Horas	Costo total	Ahorro
Con preparación	33	\$ 3.50	219.54	\$ 25,356.54	\$ 2,470.64
Sin preparación	33	\$ 3.50	192.80	\$ 22,885.90	

Nota: El ahorro total corresponde al valor adquirido del periodo Octubre. Autor

Tabla 12: Simulación valores adquiridos periodo Noviembre

Estándar	Personas	Costo hora	Horas	Costo total	Ahorro
Con preparación	33	\$ 3.50	158.20	\$ 18,272.15	\$ 2,233.64
Sin preparación	33	\$ 3.50	133.52	\$ 16,038.51	

Nota: El ahorro total corresponde al valor adquirido del periodo Noviembre. Autor

Tabla 13: Simulación valores adquiridos periodo Diciembre

Estándar	Personas	Costo hora	Horas	Costo total	Ahorro
Con preparación	33	\$ 3.50	158.36	\$ 18,290.98	
Sin preparación	33	\$ 3.50	134.01	\$ 16,359.05	\$ 1,931.92

Nota: El ahorro total corresponde al valor adquirido del periodo Diciembre. Autor

Como resumen y una vez calculado el VAN y el TIR se obtiene lo de la tabla 14, es importante denotar que en la inversión inicial no está contemplado el costo de la persona que se requiere contratar resultado de la simulación en flexsim debido a que este es un costo que se genera de forma continua por lo que se colocó suma del costo total sin preparación en las tablas 11, 12 y 13.

Tabla 14: Resumen VAN y TIR

Tasa de descuento (k)	0.83%
Inversión inicial	\$ -1,050.00
Octubre	\$ 2,470.64
Noviembre	\$ 2,233.64
Diciembre	\$ 1,931.92
VAN	\$ 5,481.92
TIR	220%

Nota: VAN y TIR simulado según tiempos ahorrados en los meses octubre, noviembre y diciembre. Autor

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del análisis de la situación inicial

El diagnóstico de la situación inicial ocurrida en la línea de ensamble de cocinas y cocinetas de la empresa Fibroacero respecto a los tiempos de paras incurridos, demuestra que en el análisis de para por mes, en función de la para total del año 2021, figura 3, el mes de agosto con un 5.80% hubiera sido el mes de menor cantidad de paras en general y por ende el mejor mes del año, pero no necesariamente sería cierto ya que pueden estar inmersos factores que pueden desviar la

perspectiva, la figura 4 por su parte permite confirmar la suposición anterior indicando que si bien agosto es el mes con más bajo porcentaje de paras en general del año, pero tiene un alto porcentaje de paras de preparación correspondiente a un 68.23% y paras por problemas ajenos a la línea de alrededor de 32% y en función de las 176 horas que se laboró en el mes las paras se consideran excesivas, mientras que los meses marzo y julio si bien tuvieron un alto porcentaje de paras programadas de 76.59% y 74.18% respectivamente debidas a la composición del mix en lotes pequeños de menos de 1.5 horas de producción que obliga a la línea a reabastecerse cada lote, además problemas ajenos a la línea fueron de 24% para los dos meses, pero el número de horas que se laboró en dicho meses fue de 304 y 224 horas respectivamente que hace que las paras no sean consideradas excesivas y sean los mejores meses del año.

La tabla 2 en el análisis mes a mes demuestra el impacto de las paras no programadas donde permite evidenciar que todos los meses excepto agosto la para total es mayor que la programada, pero si se reduce de las paras totales las no programadas todos los meses sería inferior que las paras programadas indicando así la posibilidad de recuperación ante atrasos por la holgura en este tiempo de paras y agosto con un tiempo de para total de 18.15 horas, programadas de 18.41 horas y no programadas de 4.18 horas indica que absorbió por completo el atraso generado.

Presentación de resultados

En resumen según lo analizado respecto al tiempo ideal, que es el tiempo de para total menos el tiempo no programado se evidencia que existe una brecha lo que explica que el rendimiento de la línea de ensamble en algunos días sea mayor que el 100%, tabla 14, por lo que se comprende que al no poder modificar el tiempo de ensamble sin aumentar los recursos humanos o tecnológicos lo que podría mejorar es el tiempo de preparación que completa el tiempo total de producción, comprobando de esta manera la hipótesis 1 al concluir que los tiempos de preparación de materiales en la línea de ensamble de cocinas y cocinetas son excesivos porque no existe un ritmo constante de trabajo.

Tabla 15: Historial rendimiento línea de ensamble cocinas - cocinetas

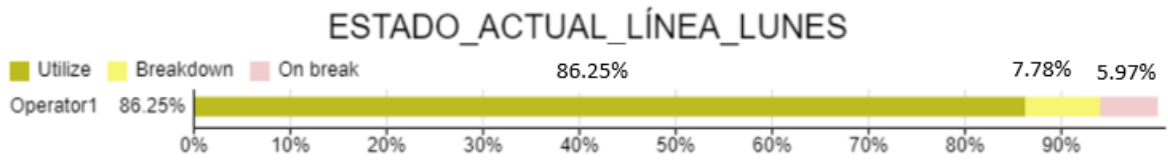
Fecha	Estándar producido	Horas trabajadas	Rendimiento
1/3/2021	12.82	12	107%
3/3/2021	12.65	12	105%
4/3/2021	12.65	12	105%
5/3/2021	12.16	12	101%
6/3/2021	9.54	9	106%
11/3/2021	11.43	11	104%
18/3/2021	11.38	11	103%
24/3/2021	12.05	11.5	105%
25/3/2021	12.00	11.5	104%
27/3/2021	9.44	9	105%
29/3/2021	12.07	11.5	105%
31/3/2021	12.22	11.5	106%

Nota: Rendimientos mayores al 100% del mes de marzo en la línea de ensamble

4.2 Resultados del Análisis para la implementación de la herramienta Lean Manufacturing

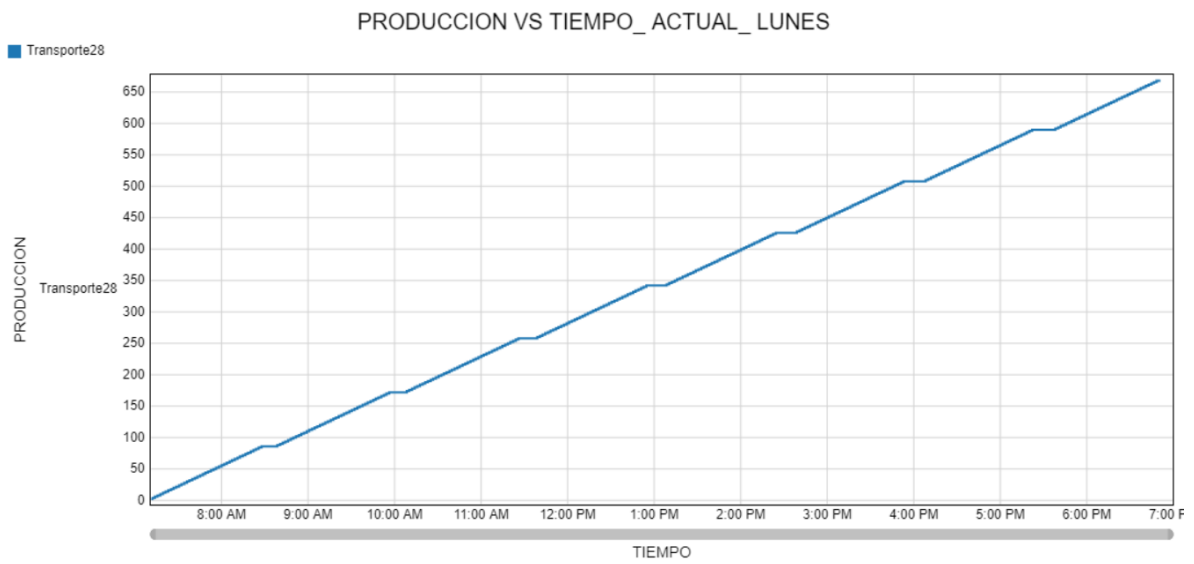
Una vez simulado el escenario actual de la línea de ensamble se identifica los tiempos muertos por estándar producido ya sean al preparar el material o llamados en la simulación breakdown y el tiempo de espera para cumplir los 8 minutos llamados On break, lo expresado indica la figura 12 que evidencia lo ocurrido el lunes de producción, donde de su jornada de 12 horas, según la tabla 5, el 7.78% lo ocupa en preparación de materiales que corresponde a 0.93 horas y 5.97% en espera o descanso que corresponde a 1.65 horas lo que provoca una irregularidad de su acción mostrado en la figura 13.

Figura 12: Simulación lunes operación línea de ensamble



Nota: 7.78% del tiempo ocupado en preparación y 5.97% en espera

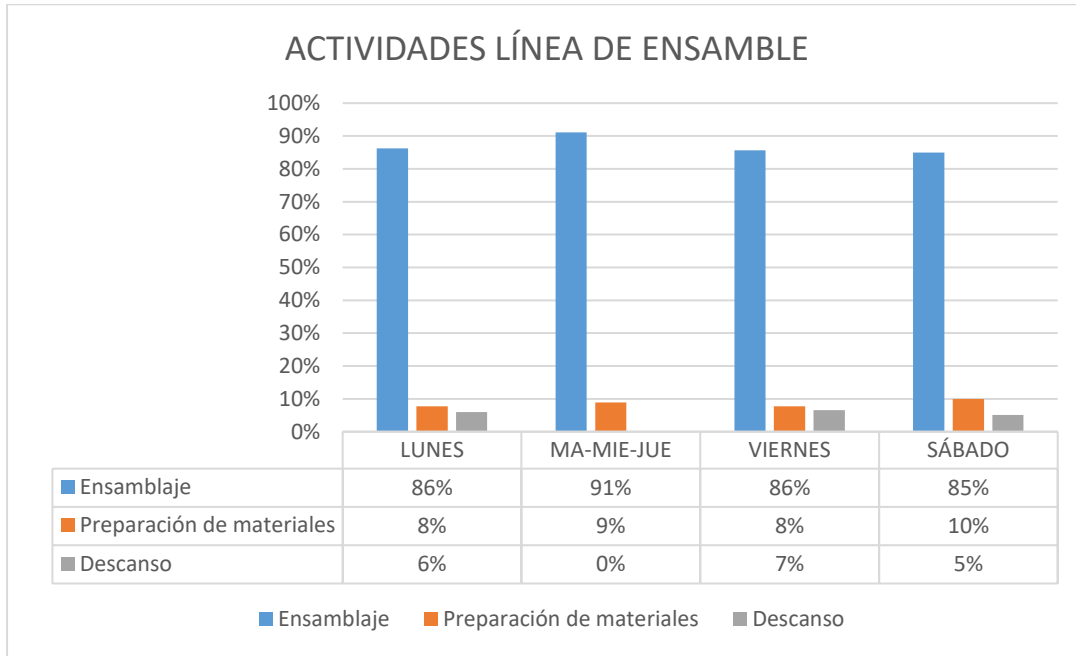
Figura 13: Comportamiento línea de ensamble del día lunes de producción



Nota: Pendiente en escalera que expresa discontinuidad de la producción por tiempos de preparación y espera.

A continuación, como resumen se obtiene la figura 14 que indica el comportamiento en porcentaje ocupado durante la semana de simulación en: ensamble, preparación de materiales o espera.

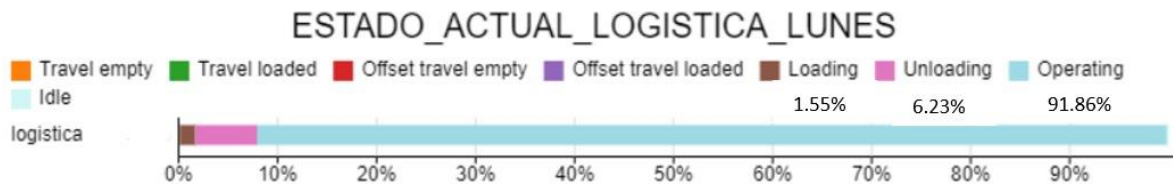
Figura 14: Resumen semanal de tiempos de línea de ensamble



Nota: El agrupa martes, miércoles y jueves ya que tiene producción del mismo estándar según tabla 4.

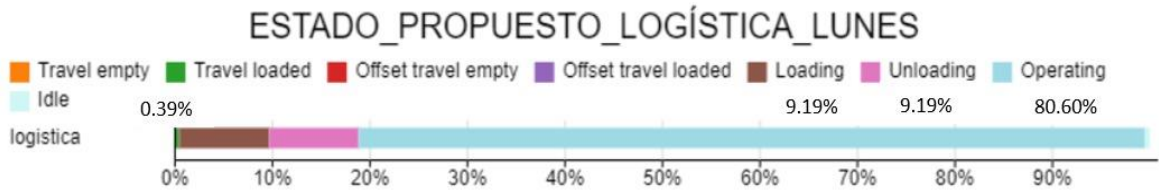
Para la propuesta se ha hecho énfasis en comparar el comportamiento del operador de logística de modo de evaluar su ocupación en el abastecimiento de material a las líneas en el estado actual versus la propuesta, es decir para el lunes en el estado actual el operador de logística tiene una ocupación de 7.77% que es la suma entre porcentaje de carga y descarga según la figura 15 mientras que en la propuesta su ocupación es de 18.77% según la figura 16.

Figura 15: Operación logística en el escenario actual.



Nota: 7.77% de las 12 horas de jornada provee materiales a la línea de ensamble

Figura 16: Operación logística en escenario propuesto



Nota: 18.77% de las 12 horas de jornada provee materiales a la línea de ensamble

La forma de abastecimiento en el estado actual se lo realiza según la tabla 16 siendo la sumatoria entre carga y descarga el tiempo entre llegada de los operadores a la bodega de materiales, con respecto a la propuesta el tiempo de abastecimiento es en función de la demanda ya que entrega todo el material correspondiente al lote de producción de la tabla 3.

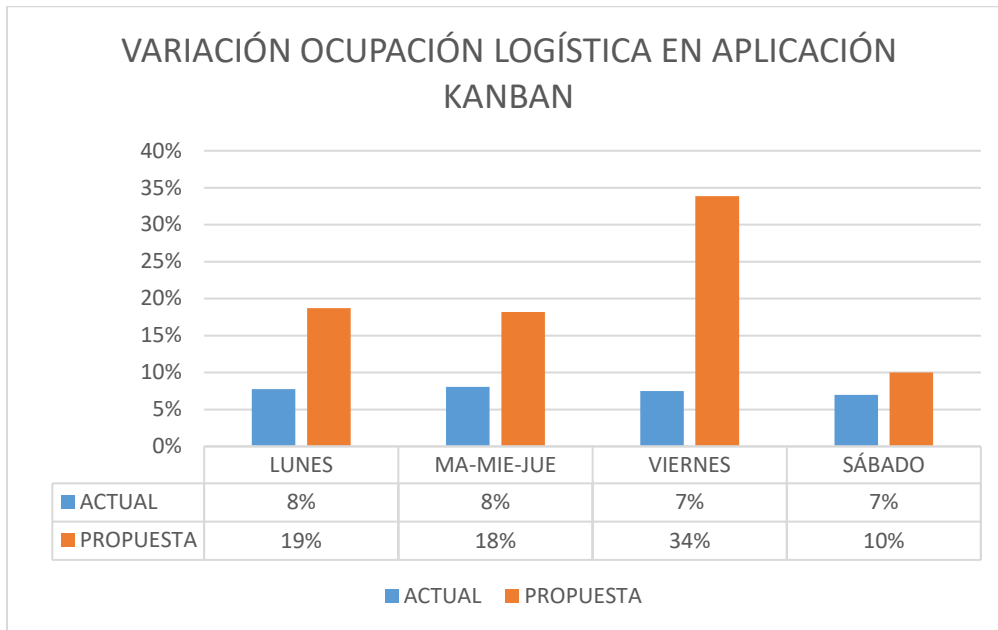
Tabla 16: Tiempo de abastecimiento de logística en escenario actual

Actividad	Tiempo (sg) en abastecer logística			
	30	24	130	41
Carga	4	4	6	4
Descarga	16	18	13	12
Entre llegada de operadores	20	22	19	16

Nota: Los tiempos de abastecimiento está en función del estándar por modelo. Autor

En resumen, durante la semana de simulación la ocupación de la persona de logística para el abastecimiento directo a la línea de ensamble variará según la figura 17, donde el viernes presenta mayor variación por la cantidad de lotes de producción reflejado en la tabla 3 con 8 modelos de producción.

Figura 17: Variación ocupación personal de logística entre estado actual y aplicación Kanban



Nota: El agrupa martes, miércoles y jueves ya que tiene producción del mismo estándar según tabla 4.

Por otro lado y de manera general se presenta las gráficas de estado con una simulación continua según tabla 6 donde en el escenario actual figura 18 refleja el porcentaje de tiempo de paras en color rojo de 9.36% mientras que en la propuesta según su figura 19 este factor presenta una reducción de 7.94% que al no haber variado la jornada este migra a tiempo de ocio.

Figura 18: Simulación Estado del Escenario Actual

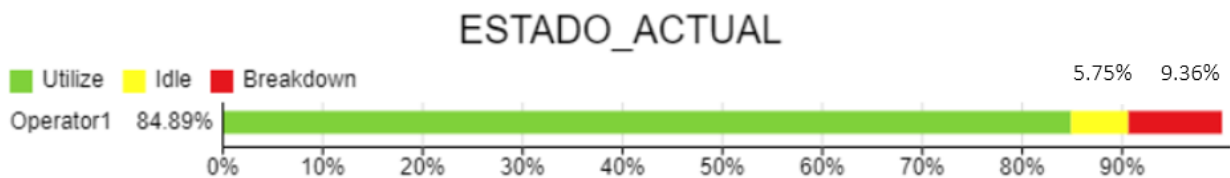
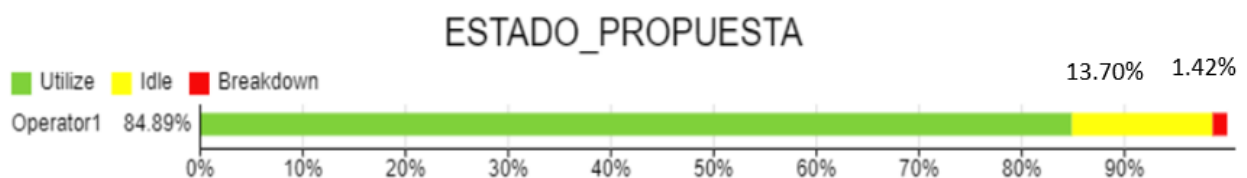


Figura 19: Simulación Estado del Escenario Propuesta



Presentación de resultados

De lo expresado en el análisis de la simulación se evidencia que de no haber tiempos muertos siendo estos los ocupados actualmente en preparación de materiales y espera u ocio se puede decir que la línea hubiera producido lo indicado en la tabla 17 siguiente como unidades perdidas.

Tabla 17: Beneficio en unidades extras producidas con aplicación Kanban

	LUNES	MA-MIE-JUE	VIERNES	SÁBADO
Estándar por hora (und/h)	30	24	130	41
Jornada (horas)	12	39	12	8
Ensamblaje	86%	91%	86%	85%
Preparación de materiales	8%	9%	8%	10%
Descanso	6%	0%	7%	5%
Unidades perdidas	49	83	223	49

Nota: El agrupa martes, miércoles y jueves ya que tiene producción del mismo estándar según tabla 4.

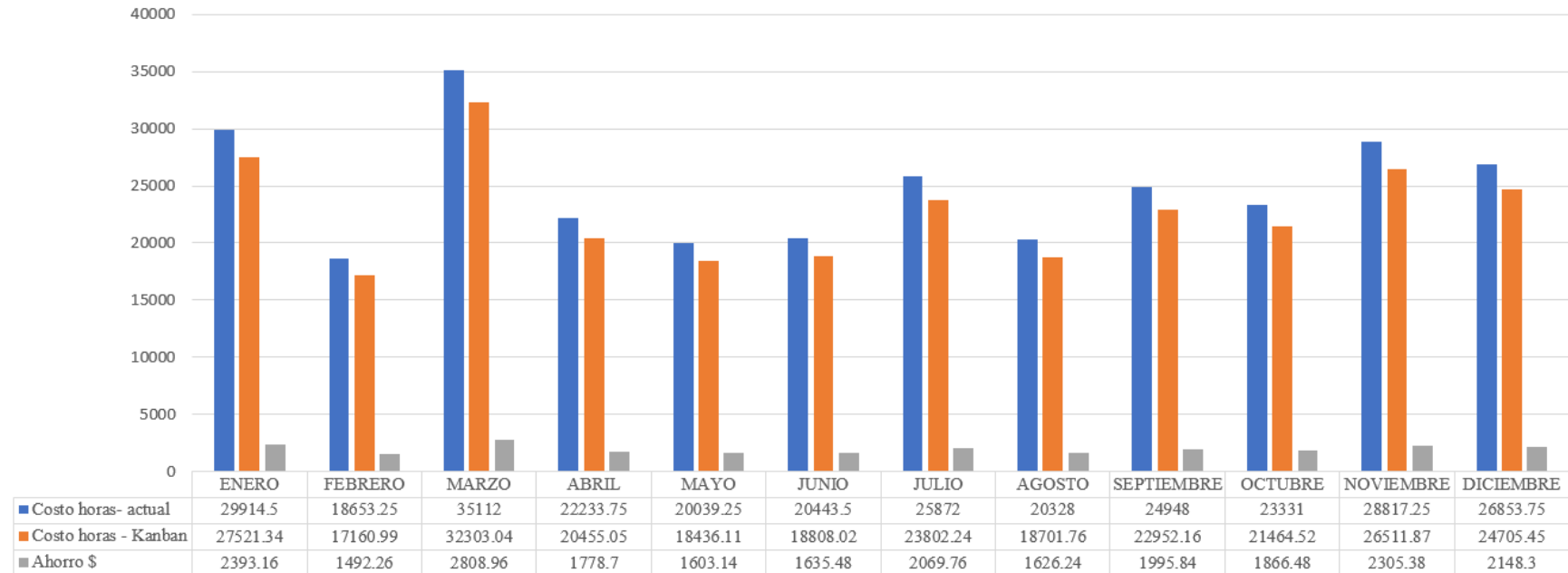
Por otra parte ante la variación en la disponibilidad de tiempo que sufre la persona de logística en llevar ahora el material a los puestos de trabajo de la línea de ensamble se ve la necesidad de contratar una persona adicional de modo que abastezca a las otras secciones de la planta entre otras actividades propias del área, cabe recalcar que se indica esta necesidad ya que por ejemplo el día viernes la persona de logística se demorará en abastecer un 27% extra de lo habitual, figura 17, esto en función de que este día tiene mayor número de lotes de producción que los otros días, tema puede incrementar o reducirse en función de la demanda y el portafolio de productos.

En cuanto al análisis de la simulación en una jornada continua se evidencia que comparando el escenario actual versus el propuesto, donde en este último se utilizó la herramienta Kanban de Lean Manufacturing se puede evidenciar una reducción de los tiempos de preparación en un 7.95% semanal, mismo que se puede ver traducido en una reducción de 184 horas a la semana que equivale a 5.6 horas de 33 personas que integra la línea de ensamble con un beneficio económico de 647 dólares a la semana; según lo indicado se da por aprobada la hipótesis planteada en un inicio que mediante el uso de herramientas Lean es posible reducir el tiempo de preparación en un 15% mensual mismo que no agrega valor.

En concordancia con el análisis del diagnóstico de la situación actual a continuación en la figura 20 se presenta el ahorro que se hubiese conseguido en el año 2021 si se aplicaba Kanban, siendo marzo el mes de mayor ahorro por ser el que más horas tenía planificadas.

Figura 20: Ahorro 2021 con aplicación de Kanban

Comparación costo horas 2021 vs aplicado Kanban



Nota: Se considera un ahorro del 8% en función de la simulación en flexsim

4.3 Resultados de análisis técnico financiero

El análisis de costos donde se simuló el beneficio económico según la cantidad de horas que se hubiera obtenido en los tres meses si se aplicaba la propuesta cuya inversión no es significativa frente a su periodo de recuperación que corresponde a tan solo un mes coincide con los resultados simulados con el mix de la semana 45, donde en la simulación general en flexsim indica el porcentaje de fallos denominado breakdown existente tanto en el estado actual que se relacionaría con el escenario en el análisis de costos cuyo estándar es “con preparación” y teniendo en cuenta la línea 4 que es el objeto de estudio (Tablas 11, 12 y 13) ya que en esta se ocupó gran cantidad de horas y por ende mayor costo, mientras que la simulación de la propuesta general se reduce el tiempo de fallos y aumenta el tiempo muerto por el seteo de la jornada de trabajo que para los 2 escenarios en flexsim fue el mismo pero para el análisis de costos quiere decir que el decremento de los tiempo de paras o fallos traducido en el incremento del tiempo de ocio corresponde al ahorro en el escenario del análisis de costos cuyo estándar es “sin preparación” y en las condiciones citadas anteriormente.

Presentación de resultados

Según lo explicado en el apartado anterior junto con la coincidencia de la simulación del proceso en el escenario actual y propuesto con lo obtenido en el análisis financiero es necesario indicar que de acuerdo a los criterios de aceptación de los indicadores financieros concluimos que al tener un VAN de \$4,493.50 siendo este mayor a 0 se aprueba el proyecto ya que el valor de los flujos o beneficios traídos a valor presente sobrepasa la inversión inicial y por lo tanto el proyecto está otorgando una ganancia que supera el costo de capital de la empresa, por consiguiente el indicador de TIR igual a 220% al ser superior a la tasa de descuento impuesta que corresponde al 10% indica que el proyecto tiene una tasa de retorno mayor al costo del capital.

5 CONCLUSIONES

Luego del proceso de análisis de situación actual del proceso productivo se pudo verificar que existe una excesiva cantidad de tiempo empleado para abastecer de material a la línea de ensamble,

provocando que esta no actué como una línea continua de producción, generando de esta manera un gasto que varía en función del mix de producción. En el análisis realizado por la empresa para establecer los tiempos de producción se consideraba como necesario el tiempo de preparación en el que su porcentaje sin analizarse a profundidad posibilitaba a la línea a absorber el tiempo de los problemas que se suscitaban fuera del control de la línea o para no programadas pudiendo de esa manera recuperarse ante estos fallos sin recurrir a tiempo extra.

En cuanto a la simulación del abastecimiento con el uso de la herramienta Kanban se comprobó la hipótesis planteada donde se validó que la aplicación de la herramienta en mención ayudaría a reducir el tiempo de preparación y espera de la línea de ensamble en un 15% mensual que no agrega valor hacia el producto, esta eliminación aporta en la eficiencia del recurso tiempo que traducido a dinero beneficia significativamente, pero a su vez se concluye que la planta tiene capacidad de producción que antes pudo haber sido obviada dejando de producir o generando horas extras para satisfacer la demanda. Además, la necesidad de contratación de una persona se ve justificada por el ahorro en horas mensuales indicado en la figura 20 o por las unidades extras a producir semanalmente según tabla 16. Por todo lo mencionado y en base a los resultados alcanzados es posible tomar decisiones que pueden aportar a otros departamentos como el de ventas ya que hay la necesidad de vender en mayor volumen, otra presión puede ser al área de compras de modo de abastecerse de mayor cantidad de material incrementando sus lotes de compra, al área Técnica para que mejore el proceso de los productos de portafolio para elevar su estándar de producción y finalmente según proyecciones de la demanda se pudiera tomar la decisión de reducir el tamaño de la organización. Es importante denotar que este modo de abastecimiento es posible si todos los departamentos y planta como tal se mantiene una gestión activa de sincronización, de modo de tener los materiales y componentes en el tiempo y lugar adecuado, lo mencionado se conseguirá con un continuo seguimiento de las operaciones y en planta con la toma de tiempos permanente de modo de vencer las curvas de aprendizaje que muchas veces son una barrera de evolución.

Finalmente, y en concordancia con el estudio técnico financiera es satisfactorio saber que la aplicación de la herramienta Kanban es un proyecto viable cuyo beneficio es recuperado en un periodo inmediato, sin embargo es necesario indicar que como cualquier proyecto es susceptible a

mejora con la posibilidad de generar datos o controles a los proveedores de la sección midiendo el tiempo de respuesta entre otras cosas mediante tecnología aplicada.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, P. (2011). Universidades Lean": Contribución para la reflexión. *Scielo*. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000400007
- Bravo, K., Jessica, M., & Peñaherrera, F. (2018). Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Retrieved from <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/05/comercializacion-empresas-ecuador.html>
- Cervantes, A., Pérez, S., & Cruz, D. (2018, Octubre 2). *Información Financiera*. Retrieved from <https://veritasonline.com.mx/indicadores-financieros-para-evaluar-un-proyecto-de-inversion/#:~:text=Los%20cinco%20indicadores%20financieros%20de,periodo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20inversi%C3%B3n>.
- Cooke, J. (1997). *Supply chain management*.
- García, N. (2019, Noviembre 14). *Como medir la rentabilidad*. Retrieved from Grownow Estrategia y Control: <https://www.grownowng.com/rentabilidad-ebitda-roe-roa-roi/>
- Giannasi, E. (2012). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*. Retrieved from <http://www.uic.org.ar/Archivos/Revista/File/Desperdicios%20de%20la%20producci%C3%B3n-%20Ef.%20Em..pdf>
- Grisales, M., & León, G. (2016). Caracterización de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing: Estudio de caso en algunas empresas colombianas. *Poliantea*. Retrieved from <https://journal.poligran.edu.co/index.php/poliantea/article/view/994/772>
- Jiménez, J., & Hernández, S. (2002). *Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico*. Retrieved from [http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Cadena%20Suministros/\[PD\]%20Documentos%20-%20Un%20nuevo%20enfoque%20logistico.pdf](http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Cadena%20Suministros/[PD]%20Documentos%20-%20Un%20nuevo%20enfoque%20logistico.pdf)
- Liker, J. (2003). Las claves del éxito de Toyota. Grupo Planeta (GBS).
- Masudul, T., & Mohammad, A. (2013). Waste Reduction and Productivity Improvement. Retrieved from <https://www.ijser.org/researchpaper/Waste-Reduction-and-Productivity-Improvement-through-Lean-Tools.pdf>
- Milla, A. (2016, Septiembre 7). *Simulación de Procesos*. Retrieved from <https://astridmll.wordpress.com/2016/09/07/tipos-de-software-de-simulacion/>
- Monden. (1996). *JIT hoy en Toyota*.

- Moposita, C. (2017). *Sistema de producción kanban en la empresa de calzado*. Retrieved from http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25184/1/Tesis_1220id.pdf
- Mora, L. (1963). *Gestión Logística Integral*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=jXs5DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=cadena+de+suministro+y+logistica&ots=lxoXfzqJ-h&sig=jztRSWn2ROQSeMLXErPBjYY32-g#v=onepage&q=cadena%20de%20suministro%20y%20logistica&f=false>
- Nivya, & Sunil. (2016). Application of value stream mapping in a forging. *IJEDDR*. Retrieved from <https://www.ijedr.org/papers/IJEDR1603137.pdf>
- Pulley, V. (2015). *Análisis de la implementación del esquema de abastecimiento Kanban en la bodega de MP de una empresa de línea blanca*. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8844/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20VALERY%20PULLEY%20WORD.pdf>
- Rivera, L. (2013, 10 19). *JUSTIFICACIÓN CONCEPTUAL DE UN MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING*. Retrieved from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52868127/heuristica_15.pdf?1493400683=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DJUSTIFICACION_CONCEPTUAL_DE_UN_MODELO_DE.pdf&Expires=1605413713&Signature=KOxMh3h71yAHdmEYFGJbGBMZJHdv0494jRHrqwTcM~i9wSvVqIBJtJ
- Servera, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística. *Innovar*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/818/81819024018.pdf>
- Simio*. (sf). Retrieved from <https://www.simio-simulacion.es/>
- Simon, I., Santana, F., & Granillo, R. (2013). La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido. *Científica*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/614/61428315005.pdf>
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. ISBN. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=lean+manufacturing&ots=DHFQtYcMfQ&sig=DQv9VF8v2Pz-8eIUnO3MVnwf1I#v=onepage&q=lean%20manufacturing&f=false>
- Tejeda, A. (2011, Junio). *Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos*. Retrieved from <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tsu, S. (2003). *El arte de la Guerra*. Gaia Ediciones. Retrieved from <https://www.biblioteca.org.ar/libros/656228.pdf>
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1992). *La máquina que cambió el mundo*. Profit.

ANEXOS

Martes, Miércoles y Jueves

Figura 21: Operación línea de ensamble martes, miércoles y jueves en el escenario actual

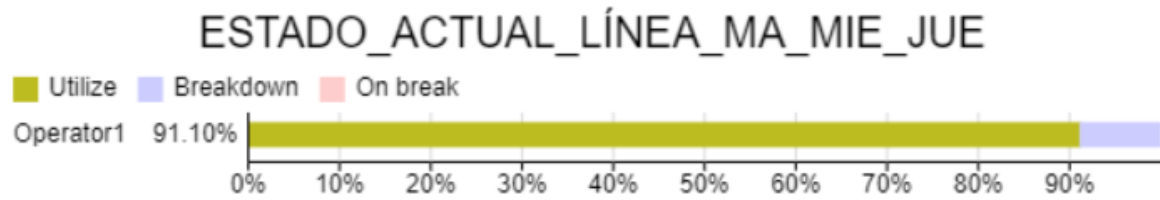
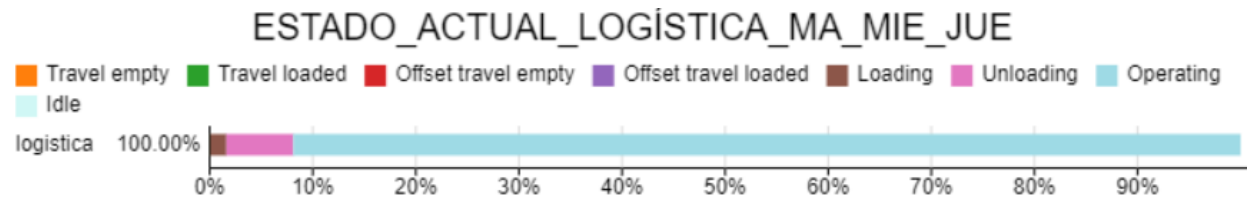


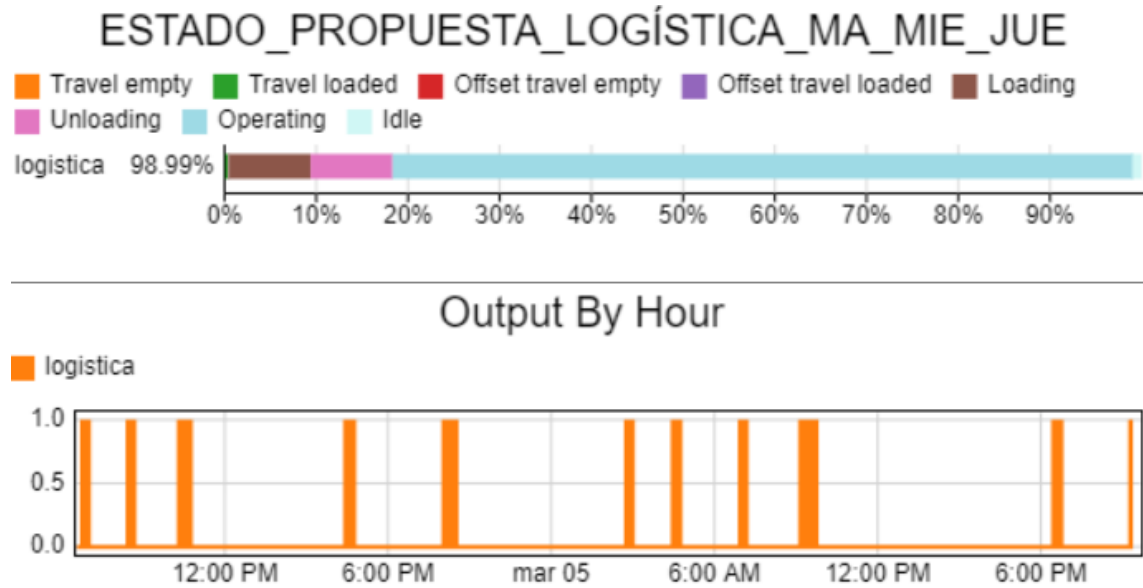
Figura 22: Operación logística martes, miércoles y jueves en el escenario actual.



Output By Hour



Figura 23: Operación logística martes, miércoles y jueves en escenario propuesto



Viernes:

Figura 24: Operación línea de ensamble viernes en el escenario actual

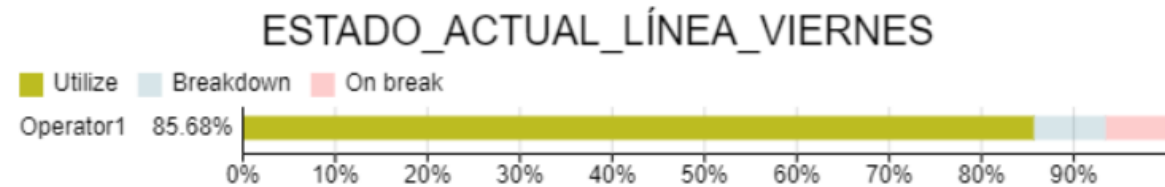


Figura 25: Operación logística viernes en escenario actual.

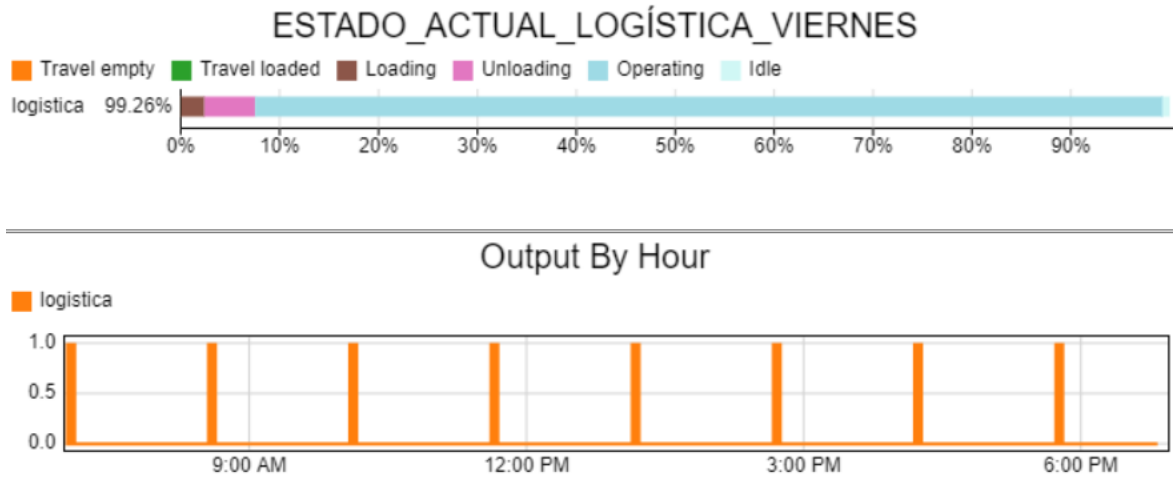
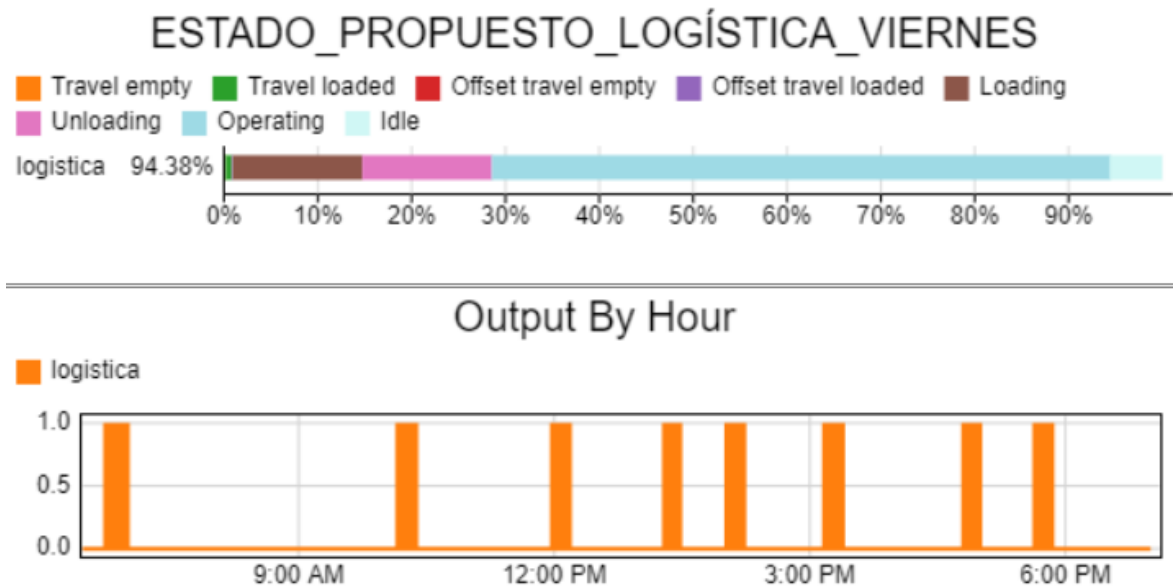


Figura 26: Operación logística viernes en escenario propuesto



Sábado

Figura 27: Operación línea de ensamble sábado en el escenario actual

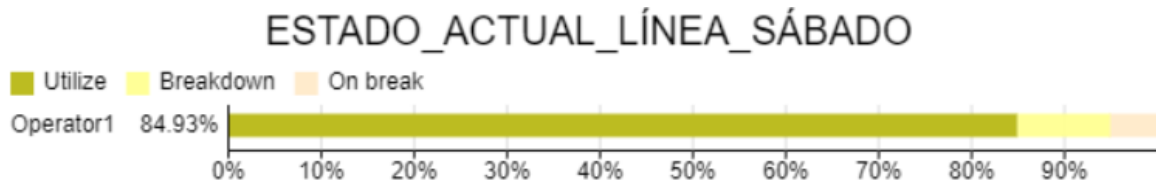
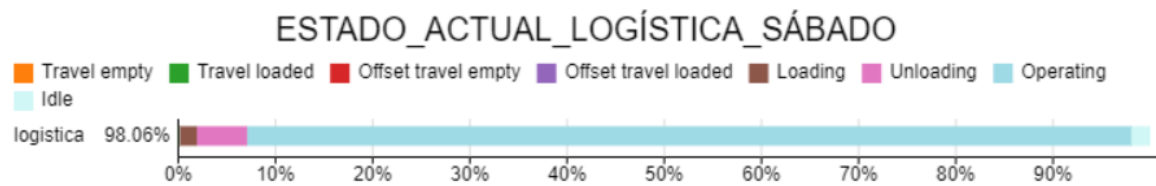


Figura 28: Operación logística sábado en escenario actual.



Output By Hour

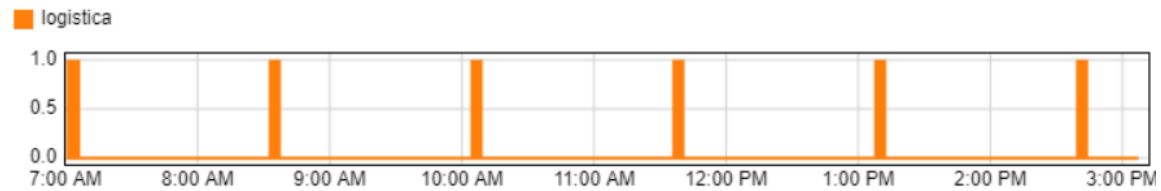
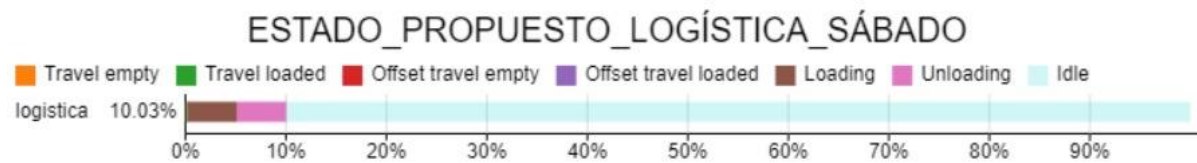


Figura 29: Operación logística sábado en escenario propuesto



Output By Hour

