

**DISEÑO DE GUÍA PARA IMPLEMENTAR LAS HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING JUNTO CON HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS**

LUISA MARÍA BUENAVENTURA MURILLO

DIANA MARCELA RÍOS RÍOS

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2014

**DISEÑO DE GUÍA PARA IMPLEMENTAR LAS HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING JUNTO CON HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS**

LUISA MARÍA BUENAVENTURA MURILLO

DIANA MARCELA RÍOS RÍOS

Proyecto de grado

TUTOR

Leonardo Rivera C. Ph.D.

UNIVERSIDAD ICESI

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI

2014

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	2
1.2. DELIMITACIÓN Y ALCANCE	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO	4
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. MARCO DE REFERENCIA.....	5
3.1 ANTECEDENTES	5
4. METODOLOGÍA	6
5. MARCO TEÓRICO	7
KAIZEN	9
VALUE STREAM MAPPING - MAPA DE LA CADENA DE VALOR.....	9
SISTEMAS DE TRABAJO FLEXIBLE.	10
5S.....	10
TRABAJO ESTÁNDAR.....	11
SMED (Single Minute Exchange of Die, alistamientos rápidos).....	11
TPM.....	12
JIT, JUSTO A TIEMPO.....	12
HEIJUNKA.....	13
JIDOKA.....	14
5.2 HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	14
5.3 APORTE INTELECTUAL DEL INVESTIGADOR	18
6. MARCO LÓGICO.....	19
7. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....	21
7.1 RECURSOS	21
7. CRONOGRAMA.....	22
8. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	23

8.1 VARIABLES DE PRODUCCIÓN.....	23
8.1.2 INGRESOS	24
8.1.3 INVENTARIOS	24
8.1.4 MANO DE OBRA.....	25
8.1.5 SEGURIDAD.....	25
8.1.6 CALIDAD	25
8.1.7 MOVIMIENTOS	25
8.1.8 ESPACIO.....	26
8.1.9 LEAD TIME	26
8.1.10 CONFIABILIDAD.....	26
8.1.11 TIEMPO DE PRODUCCIÓN	26
8.2. IMPACTO DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING E INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN	27
8.2.1 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING.....	28
8.2.2 HERRAMIENTAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL	32
8.2.3 RELACIONES DE LAS HERRAMIENTAS.....	36
8.3. EMPRESAS QUE UTILIZAN LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	37
8.3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN EMPRESA MULTINACIONAL.	37
8.3.1.1 6s.....	37
8.3.1.2 KANBAN.....	38
8.3.1.3 VALUE STREAM MAPPING	38
8.3.1.4 TPM.....	38
8.3.1.5 A3 TÉCNICA, GRÁFICOS DE CONTROL	38
8.3.1.6 SMED.....	39
8.3.1.7 JIDOKA.....	39
8.3.2 CONCLUSIÓN	39
8.3.2.1. KANBAN.....	40
8.4 GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	43
9. CONCLUSIONES	58

BIBLIOGRAFÍA..... 60
ANEXO 1 62

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Modelo de implementacion de Lean Manufacturing 8
Ilustración 2. Value Stream Mapping 9

INTRODUCCIÓN

Lean Manufacturing es una filosofía de mejoramiento que tiene como objetivo reducir los diferentes tipos de desperdicios y actividades que no agregan valor en el proceso, las herramientas utilizadas para lograr el objetivo son: Value Stream Mapping, Sistemas de trabajo flexible, 5S, Trabajo estándar, SMED, Jidoka, TPM, JIT y Heijunka. Estas herramientas buscan impactar variables de producción como las esperas, sobreproducción, inventario, transporte, defectos, desperdicios de procesos, movimientos innecesarios y subutilización de la capacidad de los empleados (Tejeda, 2011), para mejorar los procesos, prevenir daños y trabajar eficientemente con los recursos y espacios.

La Ingeniería Industrial desde sus inicios, ha permitido mejorar la productividad de los recursos y de los procesos necesarios para producir bienes o servicios. También se ocupa del desarrollo, mejora, implantación y evaluación de sistemas integrados de gente, conocimientos, equipamiento, materiales y procesos. Sus herramientas permiten analizar los sistemas para poder predecir y evaluar los resultados.

En este documento se explicarán las relaciones existentes entre algunas herramientas de Lean Manufacturing e Ingeniería Industrial, donde se podrán identificar los impactos en algunas variables de producción, y mostrara las herramientas adecuadas que ayudaran a reducir desperdicios y mejorar la productividad de las empresas.

1. PROBLEMA

Lean Manufacturing consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de “desperdicios”. Estas técnicas, en su mayoría cualitativas, ayudan a identificar las operaciones que no están agregando valor al cliente. Por lo que se considera necesario profundizar sobre los aspectos claves de las herramientas de Lean Manufacturing y la relaciones que tienen con algunas de las herramientas matemáticas vistas durante la carrera, con el fin de ayudar a las empresas manufactureras a implementar esta filosofía de mejoramiento continuo y de este modo puedan obtener resultados medibles, con los que se logre tener una visión más cuantitativa de las herramientas de Lean Manufacturing.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Como Ingenieros Industriales es de gran importancia tener conocimiento de las técnicas de mejoramiento continuo y optimización. Lo que se busca con este proyecto es unir las herramientas de Lean Manufacturing con las herramientas cuantitativas de Ingeniería Industrial, para poder así tomar decisiones de forma objetiva, que se puedan sustentar por medio de números. Se seleccionaran las herramientas de Ingeniería Industrial más usadas y de mayor relevancia, vistas durante la carrera, y se relacionaran con las herramientas de Lean Manufacturing, con el fin de obtener resultados confiables con la implementación de estas herramientas en las empresas.

1.2. DELIMITACIÓN Y ALCANCE

Se busca generar una relación entre las herramientas de Lean Manufacturing y las herramientas de Ingeniería Industrial. Para lograrlo se desarrollara un trabajo investigativo que permita analizar e interpretar la relación entre estas, con el fin de crear una guía, con la cual las empresas manufactureras de la ciudad de Cali

puedan basarse para aplicar de forma simple las herramientas Lean y de obtener resultados cuantitativa de la aplicación de estas.

Se debe tener en consideración que no todas las empresas podrán aplicar las mismas herramientas, debido a que todas se comportan de forma diferente. Lo que se hará, será tomar en cuenta las herramientas utilizadas por algunas empresas de la ciudad de Cali, que apliquen la filosofía Lean Manufacturing, para crear una guía estándar con las herramientas más aplicadas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la formalización y aplicabilidad de las herramientas de Lean Manufacturing.

2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Identificar qué aspectos de lean manufacturing se pueden abordar con modelos matemáticos, algoritmos y optimización en las industrias de manufactura.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las variables de producción en las que se puedan aplicar las herramientas de lean manufacturing.
2. Describir los efectos que las variables de producción tienen en los resultados de la empresa.
3. Analizar los algoritmos, modelos de programación lineal y técnicas existentes y relacionarlos con las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar los procesos.
4. Diseñar una guía reuniendo las herramientas pertinentes que ayuden a cuantificar las mejoras de los procesos productivos, obtenidas por la implementación de Lean Manufacturing.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

En la investigación desarrollada sobre Lean Manufacturing se han encontrado varios artículos e investigaciones sobre las aplicaciones de las herramientas en diferentes sectores productivos, pero no se ha encontrado información donde se relacionen las herramientas de Lean Manufacturing con herramientas de Ingeniería Industrial ni las variables que afectan en común. Dentro de las investigaciones encontradas está el proyecto llamado *“Mejorar el sistema productivo de una fábrica de confecciones en la ciudad de Cali aplicando herramientas Lean Manufacturing”*, realizado el año 2011. Autores: David Felipe Cabrea Martínez, Daniela Vargas Ocampo. Este proyecto es una idea de cómo se implementan las herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de confecciones. Otros artículos encontrados son *“Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing”*. Autor: Leonardo Rivera Cadavid. Partiendo de este artículo se inició con la investigación para obtener la información necesaria de las herramientas de Lean Manufacturing.

Adicionalmente se encontraron definiciones sobre herramientas de Lean Manufacturing y herramientas de Ingeniería Industrial, en diferentes textos como: *“Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad”*, *“Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa”*, *“Logística integral: la gestión operativa de la empresa, introducción a la Ingeniería Industrial”*, entre otros.

Con este proyecto se busca diseñar una guía para que las empresas puedan aplicar las herramientas de Lean Manufacturing e Ingeniería Industrial, entendiendo la relación que tienen ambas y los beneficios que se obtienen trabajándolas juntas, de modo que puedan obtener resultados medibles.

4. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrollara en diferentes etapas, con las actividades planteadas para cada objetivo. Primero se llevará a cabo una investigación exhaustiva de las herramientas de Lean Manufacturing, reuniendo información de diferentes fuentes bibliográficas que traten sobre el tema en el mundo, Colombia y empresas manufactureras de la ciudad de Cali.

Se describirán los efectos de las variables de producción que tienen las empresas, para identificar los puntos críticos en los que sea necesario aplicar las herramientas de Lean Manufacturing y las herramientas cuantitativas de Ingeniería Industrial, para mejorar los procesos.

Es necesario trabajar en conjunto con algunas empresas de la ciudad de Cali que implementen las herramientas de Lean Manufacturing, para contrastar entre lo hallado en la teoría y la realidad de la empresa, y de este modo tener material de análisis suficiente para iniciar con el diseño la guía que contenga la información necesaria para ayudar a optimizar los procesos productivos.

5. MARCO TEÓRICO

Lean Manufacturing es una filosofía de mejoramiento, que ayuda reducir los diferentes tipos de desperdicios y actividades que no agregan valor en los procesos productivos, esto se logra a través de herramientas como TPM, 5S, SMED, Kanban, JIT, etc. Con estas herramientas se busca impactar variables de producción como esperas, sobreproducción, inventario, transporte, defectos, desperdicios de procesos, movimientos innecesarios y subutilización de la capacidad de los empleados (Tejeda, 2011).

Esta filosofía tiene sus orígenes en los años posteriores a la segunda guerra mundial, cuando la familia Toyoda decidió cambiar su negocio de fabricación automática textil por el negocio de los automóviles, pero contaban con unas restricciones, no podían entrar a competir con los grandes fabricantes, sino un sector mucho más pequeño, por lo cual debían fabricar muchas piezas de pocas series y no disponían de mucho capital. Teniendo en cuenta esto, el señor Taiichi Ohno creó el sistema de producción Toyota, que consiste en la implementación de las herramientas de mejora de Lean Manufacturing, junto con la habilidad de cultivar equipos, liderazgo, y la cultura, para construir relaciones con proveedores y para mantener una organización del aprendizaje. Esta filosofía aplicada ha convertido a Toyota en el fabricante de automóviles más grande del mundo, superando a General Motors con una venta global de 7,41 millones de vehículos por año, en más de 170 países.

Para satisfacer a los clientes, Toyota debía fabricar una gran variedad de productos en la misma línea de montaje. Por eso, la clave en las operaciones de Toyota fue la flexibilidad. Llegando a un descubrimiento crítico: cuando los tiempos totales (lead time) se reducen y el interés se centra en flexibilizar las líneas de producción, se consigue una calidad más alta, una mejor respuesta al cliente, una mejor productividad y una mejor utilización de la maquinaria y del espacio (Liker, 2010).

5.1. HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Las herramientas de Lean Manufacturing están enfocadas a la toma de decisiones, técnicamente factibles y económicamente óptimas, que afectan la actividad de la empresa tanto en el largo plazo como en el corto plazo. Hay 5 principios que sirven de guía para cambiar de sistema de producción a Lean Manufacturing, que son el definir el valor del producto, identificar el flujo del valor, hacer que el valor fluya sin interrupciones, dejar que sea el cliente quien hale el producto, y perseguir la perfección (Tejeda, 2011). La imagen 1 muestra la forma en que se organizan las herramientas de Lean Manufacturing para implementarlas en los procesos de las empresas manufactureras, para mejorar los procesos. A continuación se explicaran cada herramienta .

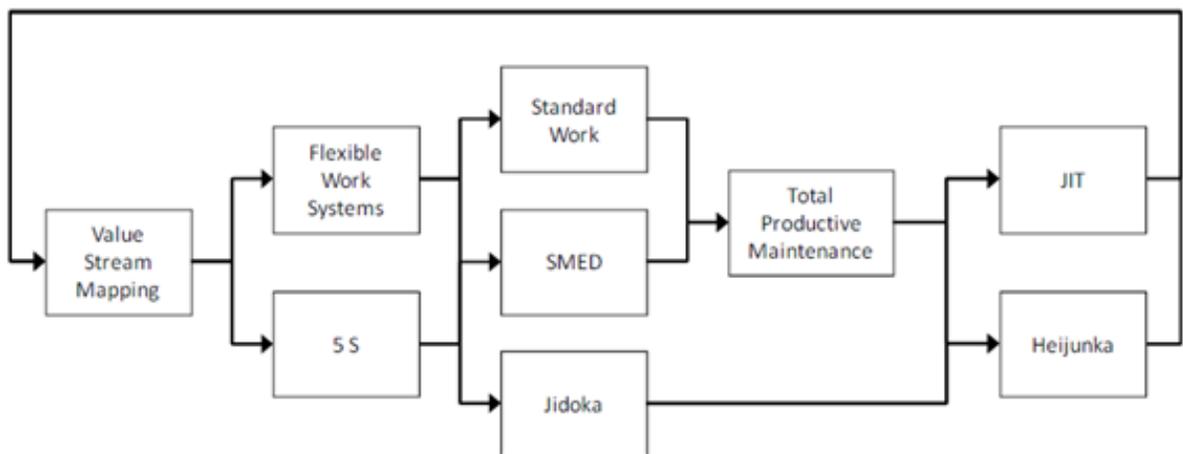


Ilustración 1. Modelo de implementación de Lean Manufacturing

Fuente: RIVERA CADAVID, Leonardo. Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing.

KAIZEN: Es una herramienta de mejora, que consiste en la acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados, incluyendo los directivos. Este concepto se aplica en todo el recorrido del modelo, con tres componentes esenciales que son la percepción, el desarrollo de ideas y la toma de decisiones, implementarlas y comprobar su efecto. **(Manuel Rajadell, Lean manufacturing la evidencia de una necesidad., 2010).**

VALUE STREAM MAPPING - MAPA DE LA CADENA DE VALOR: El mapa de la cadena de valor es una herramienta que contiene íconos y gráficos, cuyo objetivo principal es el de resaltar oportunidades de mejoramiento, mostrando los puntos en los que se desperdicia tiempo a través de la existencia de inventarios y demoras innecesarias. Se hace una distinción de los tiempos que agregan valor y los tiempos que no lo hacen; es en estos tiempos que no agregan valor (desperdicios) que Lean Manufacturing concentra sus esfuerzos de mejoramiento **(Rivera, 2009).** La imagen 2 muestra un ejemplo de un mapa de la cadena de valor de una empresa.

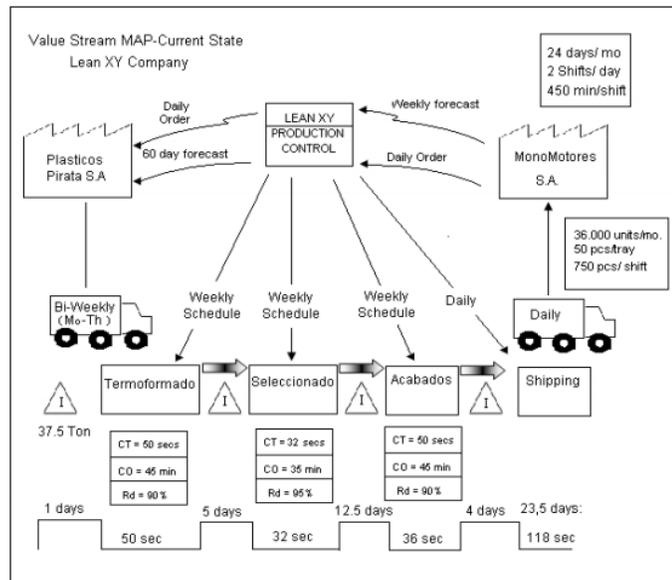


Ilustración 2. Value Stream Mapping

Fuente: RIVERA CADAVID, Leonardo. Notas de clase, curso Lean Manufacturing.

SISTEMAS DE TRABAJO FLEXIBLE: Los sistemas de trabajo flexible o manufactura celular, hace referencia a organizar un proceso para un producto o para productos similares en un grupo o celda en forma de “U” (la forma más utilizada) en que se incluyen toda la maquinaria, equipo y operadores necesarios. Estas células se forman con 6 a 18 trabajadores con distintas capacidades (polivalentes) para hacer varias operaciones, donde las piezas se desplazan de una en una por cada operación y no en lotes o paquetes como en otros sistemas de producción¹.

5S: Es una herramienta para asegurar que las áreas de trabajo se mantengan limpias y organizadas de manera sistemática, lo que garantiza la seguridad de los empleados y proporciona la base sobre la cual construir la oficina Lean (**Tapping, 2005**), con el propósito de facilitar el flujo de materiales y personas, disminuyendo así errores y tiempo. Esta herramienta cuenta con 5 pasos que son:

- ✓ **Seiri (clasificar):** Clasificar y ordenar los ítems en dos categorías, lo necesario y lo no necesario. Si no es necesario se elimina.
- ✓ **Seiton (Ordenar):** Se establece un orden y límites, para asegurarse de que los objetos tengan una ubicación que corresponda con su frecuencia de uso, para mantener el lugar de trabajo ordenado y despejado.
- ✓ **Seiso (Limpiar):** Mantener el área de trabajo limpia. Esto ayuda al buen funcionamiento de los equipos y a detectar las fuentes que generan suciedad.
- ✓ **Seiketsu (Estandarizar):** Se crean y establecen normas. También se refiere a seguir trabajando con las S's anteriores.
- ✓ **Shitsuke (Autodisciplina):** Se refiere a entrenar y motivar a que los trabajadores sigan estas reglas como parte de su trabajo diario.

¹Sistemas de trabajo flexible, Rivera, Leonardo; Barón, Diana. Notas de clase, Curso Lean Manufacturing. Departamento de Ingeniería industrial. Universidad ICESI.

TRABAJO ESTÁNDAR: Es el conjunto de procedimientos que establece los mejores y más confiables métodos y secuencias para cada proceso y cada trabajador, con el objetivo de maximizar el rendimiento mientras se minimizan los desperdicios.

Con esta herramienta se obtiene algunos beneficios como mejorar las operaciones reduciendo la variabilidad, los precios y los costos (Mantiene la calidad), ayuda a predecir los tiempos de entrega, previene daños a los equipos, facilita aprender nuevas operaciones, agiliza cambiar a diferentes operaciones dentro de una celda o cambiar a otras operaciones en otras celdas, líneas o áreas de trabajo, ayuda a ver los problemas y contribuir con ideas de mejora e incrementar la seguridad de los trabajadores².

SMED (Single Minute Exchange of Die, alistamientos rápidos): Es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la operación en una referencia para cambiar el lote hasta que se inicia la producción del siguiente producto, en las condiciones especificadas de tiempo y calidad³.

SMED está clasificado en dos clases de actividades: las internas y las externas. Las internas son las actividades que deben realizarse mientras la maquina se encuentra apagada o detenida. Externas son las actividades que pueden realizarse mientras la maquina sigue trabajando. Para la implementación de esta técnica se debe seguir este procedimiento:

- ✓ Estudiar la operación del alistamiento
- ✓ Identificar las tareas internas y externas
- ✓ Convertir todas las tareas internas que sea posible a tareas externas.
- ✓ Eliminar los re-ajustes:
- ✓ Suprimir el alistamiento si es posible.

² Trabajo estándar, Rivera, Leonardo; Barón, Diana. Notas de clase, Curso Lean Manufacturing. Departamento de Ingeniería industrial. Universidad ICESI.

³ Trabajo estándar, Rivera, Leonardo; Barón, Diana. Notas de clase, Curso Lean Manufacturing. Departamento de Ingeniería industrial. Universidad ICESI.

TPM: Esta filosofía tiene como objetivo principal lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos productivos, es decir maximizar su eficiencia y optimizar los costos en los que se incurren, todo esto con la finalidad de trabajar con justos a tiempo y a su vez lograr eliminar sistemáticamente desperdicios.

TPM esta estructura bajo 5 pilares:

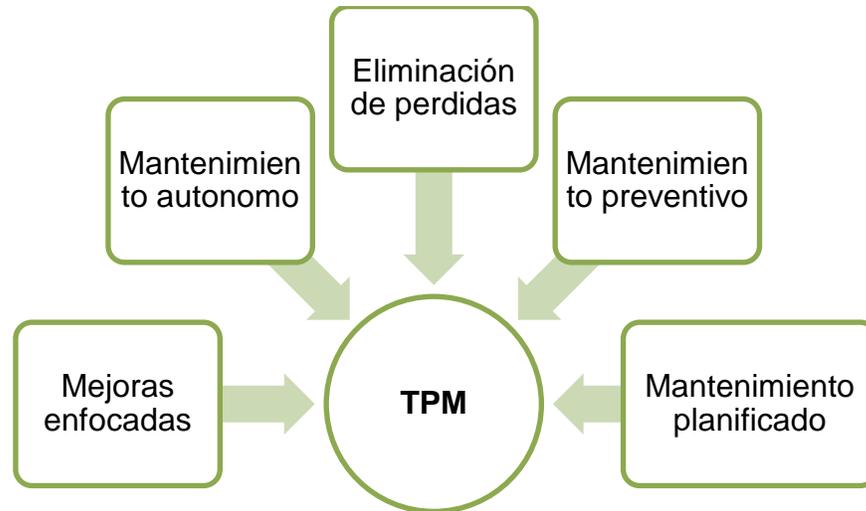


Imagen 3. Pilares de TPM

JIT, JUSTO A TIEMPO: Se utiliza para establecer un sistema de suministro donde los materiales y productos se entreguen en el momento justo en el que se van a usar, de tal manera que se reduzca la cantidad promedio de inventarios de materia prima, productos en proceso y productos terminados (**Rivera, 2009**).

Esta filosofía se fundamenta en 4 objetivos esenciales:

- 1) **Atacar los problemas fundamentales**
- 2) **Eliminar despilfarros:** Algunos autores como Yasuiro Monden definen 4 tipos de despilfarros:
 - 2.1. Empleo excesivo de recursos para la producción
 - 2.2. Exceso de producción
 - 2.3. Exceso de existencias
 - 2.4. Inversión innecesario de capital

Cuando tenemos estos elementos en cantidades innecesarias se incurre en costos que no añaden valor a la operación y se convierten en recursos despilfarrados.

3) Buscar la simplicidad

4) Diseñar sistemas para identificar problemas.

Para lograr estos 4 objetivos, justo a tiempo controla las cantidades para poder adaptarse a los cambios del mercado, asegurar la calidad y respetar el recurso humano involucrado en las operaciones (Monden, 1996).

HEIJUNKA: Es una palabra japonesa a la que se le encuentran diversas traducciones, todas enfocadas a sistemas de producción y alistamientos, algunas de ella son: producción equilibrada, aislamiento de la producción o producción nivelada.

El objetivo de esta técnica es la producción de pequeños lotes de diferentes referencias en periodos de tiempo cortos, teniendo en cuenta la demanda de cada referencia; con esto se logra mantener una producción equilibrada y alineada con la demanda del mercado, estabilizar la plata y eliminar las mudas permitiendo la regularidad del trabajo a través de una producción nivelada.

Esta técnica conecta toda la cadena de valor, desde los proveedores hasta los clientes, acercándose a una cadena de producción para que siga el ritmo Takt time. Además requiere que exista gran flexibilidad a nivel de recurso humano y tecno para adaptarse a los diferentes artículos a producir (Calidad).

JIDOKA: Esta técnica consiste en el autocontrol de calidad de los procesos eliminando la inspección solo hasta el final del proceso, lo que impide que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Busca que el operario no tenga que estar ligado a una sola máquina, sino que estas puedan operar solas dentro de límites razonables y que cuenten con dispositivos que alerten al momento de presentarse una falla para que el operario se ponga alerta (**Galgano, 2003**).

Este concepto ayuda a identificar los defectos, pero además representa la necesidad de parar la línea de producción, identificar las causas del problema y corregirlas, con el fin de que no se vuelvan a presentar nunca más.

5.2 HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La Ingeniería Industrial es una rama de las ingenierías encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios.

La ingeniería es el arte profesional de la aplicación de la ciencia para la conversión óptima de los recursos naturales en beneficio del hombre (Omar Romero Hernández, 2006).

Algunas herramientas de la Ingeniería Industrial que podrían aplicarse en el proyecto son:

TIEMPOS Y MOVIMIENTOS: El estudio de tiempos y movimientos tiene como objetivo reducir y mejorar los costos, mejorar las condiciones de trabajo y el entorno.

MÉTODO SIMPLEX: Este método es un algoritmo iterativo que ayuda a resolver de forma eficiente problemas de programación lineal. Lo que busca es optimizar el valor de la función objetivo, teniendo en cuenta unas restricciones y presenta dos

opciones: obtener el valor óptimo mayor (por ejemplo maximizar utilidades) u obtener el valor óptimo menor (por ejemplo minimizar costos).

HERRAMIENTAS SEIS SIGMA: Esta es una técnica que permite monitorear defectos y mejorar la calidad, esta técnica ayuda a reducir el nivel de defectos. Seis Sigma proporciona un método para administrar las variaciones de proceso que causan defectos – definidos como desviaciones inaceptables del objetivo o media – y sistemáticamente trabajan hacia el manejo de las variaciones para eliminar esos defectos. El objetivo primordial de Seis Sigma es proporcionar procesos de clase mundial, confiables y con valor para el cliente final. (Manivannan, Introducción a seis sigma, 2007)

TQM: Esta filosofía combina la planificación de sistemas de calidad, planificación estratégica de calidad y control estadístico de calidad, todo esto a través de un sistema de gestión que involucra la participación de todos los miembros de la organización y busca la satisfacción del cliente a largo plazo.

SISTEMA KANBAN: Es una herramienta que permite llevar el control del inventario por medio de un conjunto de formas de comunicación e intercambio de información entre los diferentes operarios de una línea de producción, que sirven como ordenes de trabajo que dan información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Su propósito es simplificar la comunicación, agilizándola y evitando errores producidos por falta de información.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA: La distribución de planta busca encontrar la forma más eficiente de ordenar los equipos y áreas de trabajo, de modo que sea la más económica, al mismo tiempo es segura y satisfactoria para el personal que ha de realizar el trabajo. Esto implica que se deben tener en cuenta los espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal, etc.

Los objetivos de la distribución en planta son:

1. Integración de todos los factores que afecten la distribución.
2. Movimiento de material según distancias mínimas.
3. Circulación del trabajo a través de la planta.
4. Utilización “efectiva” de todo el espacio.
5. Mínimo esfuerzo y seguridad en los trabajadores.
6. Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

PRONOSTICOS: Es una herramienta que permite proyectar las ventas de la compañía basándose en datos del pasado, son la base de la proyección presupuestal y del control de costos, además permiten reducir el nivel de incertidumbre o de riesgo acerca de eventos futuros. A largo plazo permiten la toma de decisiones como definir el tamaño de las instalaciones y la toma de decisiones frente a inversiones, a mediano plazo permiten planificar la capacidad de producción y a corto plazo permite controlar el inventario y tomar decisiones como subcontratar personal extra.

MRP: La planeación de los requerimientos de materiales, es un sistema que permite planear y programar los requerimientos de los materiales para las operaciones de producción finales que aparecen en el programa maestro de producción. Permiten calcular los requerimientos de capacidad detallada para los centros de trabajo en el área de producción.

MPS: El programa maestro de producción, es un plan que determina la cantidad de ítems a producir, que, cuantos y donde se deben producir en un horizonte de planeación corto. Se inicia a partir de los pedidos de los clientes de la empresa o de pronósticos de la demanda anteriores al inicio del MRP.

EOQ: Este método busca encontrar la cantidad óptima de unidades a pedir, manteniendo el equilibrio entre el costo de producir u ordenar y el costo de mantener inventario. Este método se desarrolla conociendo la demanda del producto y bajo los siguientes supuestos:

1. La demanda es conocida, constante e independiente.
2. El lead time del proveedor, o de alistamiento es constante y conocido.
3. El inventario se reabastece instantáneamente cuando llega a cero, con la llegada del lote pedido.
4. No existen descuentos por volumen de pedido.
5. Los costes totales son la suma de los costes de adquisición, los costes de mantener el inventario, y los costes de ordenar.

PARETO: El diagrama Pareto es una herramienta de análisis que permite tomar decisiones teniendo en cuenta las prioridades de la organización. La filosofía de esta herramienta consiste en que el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan, “en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales”. Es una herramienta vital para dar prioridad a los esfuerzos de mejoramiento.

TEORIA DE COLAS: Esta teoría estudia el comportamiento matemático de las líneas de espera. Estas se presentan de diversos modos, ya sean clientes que llegan a un lugar y si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma en la línea de espera, o materia prima almacenada esperando ser utilizada en el proceso de producción, etc. Los modelos que resultan de los estudios matemáticos sirven para encontrar una buena relación entre los costos del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado.

5.3 APORTE INTELECTUAL DEL INVESTIGADOR

Con ayuda de las herramientas de Lean Manufacturing podemos impactar de manera positiva algunas variables de producción que permitirán mejorar los procesos productivos. Junto con las herramientas de Ingeniería Industrial, se logrará tener una mejor visión del impacto de las herramientas de Lean Manufacturing, aportando un soporte numérico que ayudara a la toma de decisiones.

Con el diseño de la guía, se busca que las empresas manufactureras tengan un soporte y un instructivo para implementar de manera efectiva las herramientas y puedan obtener resultados que ayuden a analizar los procesos. También se brinda un paso a paso de la forma en que se deben implementar las herramientas de Lean Manufacturing, junto con las herramientas de Ingeniería Industrial, otorgando un soporte en cada actividad realizada.

6. MARCO LÓGICO

		ACTIVIDADES	INDICADORES		MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
			ENUNCIADO(DIMENSIÓN/ AMBITO DE CONTROL)	FORMULA DE CÁLCULO		
Objetivo General	Contribuir a la formalización y aplicabilidad de las herramientas de Lean Manufacturing.	Investigar los antecedentes de Lean manufacturing.	% de artículos leídos	No. de artículos encontrados/ No. de artículos leídos	Informe de avance durante PDG I.	Se encontrara la información requerida en la bibliografía consultada.
		Investigar cuales son las herramientas de Lean Manufacturing	% de articulos leídos	No. de artículos encontrados/ No. de artículos leídos	Informe de avance durante PDG I.	Se encontrara la información requerida en la bibliografía consultada.
		Buscar antecedentes de resultados obtenidos al aplicar las herramientas de Lean Manufacturing.	Resultados obtenidos por empresas que apliquen las herramientas de Lean Manufacturing.	No. De empresas de la ciudad de Cali visitadas que aplican Lean Manufacturing/ No. De empresas de la ciudad de Cali que aplican lean manufacturing.	Informe de avance.	Acceso a bibliografía de la universidad ICESI, bases de datos y visita a empresas que usen esta filosofía.
Objetivos específicos	1. Identificar las variables de producción afectadas por la implementación de cada herramienta de lean manufacturing.	1.1. Investigar que hacen las herramientas de Lean Manufacturing.	Cantidad de herramientas de Lean Manufacturing	\sum De herramientas de Lean Manufacturing	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
		1.2. Identificar el logro de cada una de las herramientas de Lean Manufacturing.	Logro de la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing	Logros obtenidos con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing/ Logro esperado de la aplicación de las Herramientas de Lean Manufacturing.	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
		1.3. Identificar el impacto en las variables de producción.	% Impacto en las variables de producción.	No. De variables de producción afectadas/ No. total de variables en un proceso de producción.	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
	2. Describir los efectos que las variables de producción tienen en los resultados de la empresa.	2.1 Analizar el impacto de las herramientas de Lean Manufacturing en las variables de producción.	Mejora en los procesos productivos donde se aplica Lean Manufacturing.	\sum Cantidad de mejoras obtenidas en los procesos productivos por la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.	Matriz de análisis e información de procesos productivos donde se aplique Lean manufacturing.	Acceso a información de las empresas.
		2.2 Identificar cómo ocurre el impacto en las variables de producción.	% Impacto en las variables de producción.	No. De variables de producción afectadas/ No. total de variables en un proceso de producción.	Matriz de análisis.	La información hallada en la bibliografía es actualizada, refleja la realidad de la industria actual.

Objetivos específicos	3. Analizar los algoritmos, modelos de programación lineal y técnicas existentes y relacionarlos con las herramientas de Lean Manufacturing para optimizar procesos.	3.1. Investigar que herramientas matemáticas de ingeniería industrial aplicadas a la producción manufacturera.	% de herramientas matemáticas utilizadas en el proyecto aplicadas a la producción manufacturera.	No. De herramientas utilizadas en el proyecto/ No. De herramientas existentes.	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
		3.2. Identificar el logro de cada una de estas herramientas.	Logro de la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial	Logros obtenidos con la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial/ Logro esperado de la aplicación de las Herramientas de ingeniería industrial.	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
		3.3. Identificar el impacto en las variables de producción.	Mejora en los procesos productivos con herramientas de ingeniería industrial	\sum Cantidad de mejoras obtenidas en los procesos productivos aplicando herramientas de ingeniería industrial	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
		3.4 Relacionar las herramientas de Lean Manufacturing con las herramientas de ingeniería industrial	Relación de las herramientas cualitativas y cuantitativas	variables afectadas en común \sum $\frac{\text{Herramientas de Lean Manufacturing}}{\text{Herramientas de ingeniería industrial}}$	Matriz de análisis.	Las variables afectadas por ambos métodos son las mismas.
	4. Diseñar una guía reuniendo las herramientas pertinentes que ayuden a optimizar los procesos productivos.	4.1. Buscar empresas de la ciudad de Cali que hagan uso de las herramientas de Lean Manufacturing.	Cantidad de empresas que implementen las herramientas Lean Manufacturing.	\sum Empresas de la ciudad de Cali que implementen las herramientas Lean Manufacturing	Matriz de análisis.	Acceso a información bibliográfica existente.
		4.2. Visitar empresas de la ciudad de Cali que utilicen las herramientas de Lean Manufacturing.	% visitas a empresas	No. de visitas a empresas que implementen Lean Manufacturing/ No. De empresas que implementen Lean Manufacturing.	Informe de avances.	Las visitas de la ciudad de Cali que aplican Lean Manufacturing, permitirán que realicemos visitas a a sus instalaciones
		4.3. Analizar los resultados en las variables de producción.	conclusiones de los resultados obtenidos despues del analisis	Tiempo requerido para desarrollar la actividad/ Tiempo planeado para desarrollar la actividad	Informe de avances.	Las variables afectadas por ambos métodos son las mismas.
		4.4. Hallar la forma optima de relacionar los dos tipos de herramientas.	Cantidad de herramientas relacionadas	cantidad de herramientas de Lean Manufacturing e ingeniería industrial relacionadas	Simulación de la relación	Las dos herramientas se pueden relacionar por medio de una sencilla simulación.
		4.5. Elaborar una guía o instructivo con los pasos a seguir para implementar Lean Manufacturing acompañado de herramientas cuantitativas.	Guia terminada	Tiempo requerido para diseñar la guia/ Tiempo planeado para diseñar la guía	Documento con la selección de las herramientas que se ajustan a lo requerido por las empresas.	Material y acompañamiento para la elaboración de la guía.

Tabla 1. Matriz de marco lógico

7. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

7.1 RECURSOS

Durante el desarrollo del proyecto será necesario el uso de diversos recursos, tales como:

- ✓ Recurso humano: Necesitares de la asesoría de nuestro tutor temático, quién nos guiará durante la planeación, implementación, resultados y conclusión del proyecto, al igual que el tutor metodológico.
- ✓ Recursos bibliográficos: Se necesitara material bibliográfico, como libros y artículos sobre el tema, páginas web y ensayos relacionados con Lean Manufacturing e Ingeniería Industrial, ubicados en la universidad ICESI y material suministrado por el tutor del proyecto.
- ✓ Recursos tecnológicos: Se hará uso de recursos como computadores, internet, para hacer consultas referentes al tema y se hará uso del Software como Microsoft Office.
- ✓ Recurso empresa: Serán las empresas de la ciudad de Cali, quienes estén implementando las herramientas de Lean Manufacturing, que nos ayudarán a orientar los resultados nuestro proyecto.

7. CRONOGRAMA

El siguiente cronograma muestra el desarrollo del proyecto en semanas. Cada semana se llevara a cabo el cumplimiento de los objetivos establecidos.

CRONOGRAMA																																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
OBJETIVO ESPECIFICO 1																																			
ACTIVIDAD 1																																			
ACTIVIDAD 2																																			
ACTIVIDAD 3																																			
OBJETIVO ESPECIFICO 2																																			
ACTIVIDAD 1																																			
ACTIVIDAD 2																																			
OBJETIVO ESPECIFICO 3																																			
ACTIVIDAD 1																																			
ACTIVIDAD 2																																			
ACTIVIDAD 3																																			
ACTIVIDAD 4																																			
OBJETIVO ESPECIFICO 4																																			
ACTIVIDAD 1																																			
ACTIVIDAD 2																																			
ACTIVIDAD 3																																			
ACTIVIDAD 4																																			

Tabla 2. Cronograma

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

En primer lugar se hará una descripción de las variables de producción en las que se puedan aplicar las herramientas de Lean Manufacturing, para así reducir los tipos de desperdicios y hacer que los procesos sean más productivos. Igualmente se consideran las variables en las que las herramientas de Ingeniería Industrial tienen impacto.

8.1 VARIABLES DE PRODUCCIÓN

Para seleccionar las variables que afectan la producción, se consideró principalmente aquellas que si no están funcionando bien dentro del proceso productivo van a representar mayores costos, pero el cliente no lo va a ver como un valor agregado.

La descripción de las variables se realizó con ayuda de la literatura existente, artículos y otros proyectos de grado que están relacionados con Lean Manufacturing, donde se identificaron los aspectos relevantes de los procesos de producción, entre ellos las variables que afectan directamente los procesos productivos. Estas variables son:

8.1.1 COSTOS

El costo consiste en las transacciones y los eventos económicos que la contabilidad cuantifica se registran según las cantidades de efectivo que se afecten, su equivalencia o la estimación razonable que de ellos se haga al momento en que se consideren realizados contablemente (Francisco Jiménez Boulanger, 2007).

En una empresa manufacturera los elementos del costo son el material directo y mano de obra directa, que son los materiales y trabajo rastreables al bien que se está produciendo; y gastos indirectos de fábrica que son los costos de producción diferentes de los materiales directos y la mano de obra relacionados con la fabricación de un producto difíciles de costear por unidad.

Lo que busca las herramientas de Lean Manufacturing es organizar los procesos de tal forma que se trabaje con lo necesario y así disminuir los costos variables. Igualmente las herramientas de Ingeniería Industrial buscan ofrecer productos y servicios con valor agregado, diseñando y mejorando sistemas productivos, para reducir, en este caso, los costos asociados a la producción.

8.1.2 INGRESOS

El ingreso es la entrada o percepción de activo en forma de efectivo por cobrar u otro activo que se reciben de los clientes por motivo de la prestación de un servicio, la venta de un producto o de inversiones en valores (Francisco Jiménez Boulanger, 2007).

Para que las empresas manufactureras logren aumentar sus ingresos, es necesario que diseñen bien sus procesos para eliminar los tipos de desperdicios. Esto se puede lograr tanto con las herramientas de Lean Manufacturing e Ingeniería Industrial, determinando de forma clara las necesidades del cliente y desarrollando los procesos productivos en torno a la demandada, de modo que el cliente se sienta satisfecho, lo que se va a traducir en ingresos, debido a las ventas.

8.1.3 INVENTARIOS

El inventario es el almacenamiento de bienes y productos. Pueden ser materias primas, productos en proceso, productos terminados o suministros (Ebert, 1991).

Para los inventarios, tanto Lean Manufacturing como la Ingeniería Industrial tienen herramientas que aportan para el manejo adecuado de estos. Los inventarios tienen tanto ventajas como desventajas, por esta razón las empresas deben saber si tener inventarios los favorecen o no.

8.1.4 MANO DE OBRA

La mano de obra es el esfuerzo físico o mental que se consume en elaborar un producto o servicio, y por lo tanto contribuye a la obtención del producto o servicio final (Begoña prieto, 2006).

Si se tiene mano de obra calificada y un ambiente adecuado se pueden producir reducir tiempos muertos y atacar otras variables que afecten la producción para aumentar la eficiencia.

8.1.5 SEGURIDAD

La seguridad es una variable de producción que afecta directamente a las empresas en cuanto a los costos. Por esta razón, hay que tener los puestos de trabajo bien organizados, los procesos bien estructurados y capacitar al personal para que usen la protección adecuada.

8.1.6 CALIDAD

La calidad es el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas (Francisco J. Miranda González, 2007).

Lo que buscan las empresas es entregar productos que satisfagan las expectativas de los clientes, y esto se logra cumpliendo con los estándares de calidad, permitiendo también detectar los puntos donde se requiere intervenir para arreglar los problemas que se presenten.

8.1.7 MOVIMIENTOS

Se refiere a los movimientos y desplazamientos en el área de trabajo, donde se busca eliminar los movimientos inútiles y simplificar los movimientos requeridos. Esta variable afecta el sistema productivo, provocando un aumento en los costos y en la disminución del valor agregado, dado que si no se tiene una buena organización de los procesos, el tiempo de ciclo va a ser más alto de lo debido.

8.1.8 ESPACIO

Es importante tener una buena distribución en la organización para que los procesos se realicen de manera fluida. Esto se logra teniendo las áreas de trabajo despejadas y controlando los niveles de inventario.

8.1.9 LEAD TIME

El lead time es el tiempo que media desde que se inicia un proceso operativo, hasta la finalización del mismo, permitiendo analizar la rapidez del flujo de materiales (Tejero, 2011).

Con el lead time es posible conocer la cantidad de material necesaria para la producción, el tiempo desde que se tramite un pedido hasta que lo entrega el proveedor, el tiempo en el que se agrega valor al producto. Lo que busca las herramientas de Ingeniería Industrial y las de Lean Manufacturing, es reducir el lead time, permitiendo que el producto se mueva dentro de los procesos y evitar así movimientos y ocupación de espacio innecesarios, para no incurrir en sobre costos.

8.1.10 CONFIABILIDAD

La confiabilidad operacional es la capacidad de la empresa, a través de los procesos, tecnologías y las personas, para cumplir con su propósito dentro de los límites del diseño y de las condiciones operacionales (Arata, 2009).

En cuanto a algunas herramientas de Ingeniería Industrial al igual que las de Lean Manufacturing, buscan reducir la incertidumbre para llevar a cabo los procesos de manera confiable. Algunas de estas herramientas son los pronósticos, herramientas de calidad como seis sigma y Jidoka.

8.1.11 TIEMPO DE PRODUCCIÓN

El tiempo de producción ayuda a determinar los tiempos en los que se genera valor al producto, ayudando a identificar cuáles son los cuellos de botella, si los movimientos son necesarios y si la distribución de los procesos es adecuada.

8.2. IMPACTO DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING E INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN

A continuación se presentan las matrices donde se analizaron los impactos de las herramientas de Lean Manufacturing y de Ingeniería Industrial en las variables de producción. Estas matrices describen cada herramienta, explican cuál es su función, que logra y como generan el impacto en las variables de producción.

Cada una de las herramienta descritas en las matrices, atacan las diferentes variables producción. En el caso de las variables que afectan de forma negativa, estas herramientas buscan disminuir el impacto y en la matriz se representas con las flechas de color rojo y apunta hacia abajo; en cuanto a las variables positivas estas herramientas buscan que el impacto aumente y en la matriz se representan con las flechas de color verde y apuntan hacia arriba.

8.2.1 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING				IMPACTO										
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Lead time	Confianza	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
5S	Los materiales y herramientas de uso común se ubican cerca del operario	Reducción de tiempo en caminatas y búsquedas	Tiempos de proceso mas cortos, reducción en el lead time.							↓		↓		Elimina la necesidad de que el operario se tenga que mover de su puesto de trabajo.
	Mantiene el lugar de trabajo limpio.	Detectar fallas, programar acciones de mantenimiento necesarias antes de que el equipo sufra averías.	Detección temprana de fallas.						↑				↑	Permite mantener el orden en las operaciones de trabajo lo que garantiza la detección de anomalías de forma rápida.
	Los materiales y herramientas que no son de uso común no deben estar en el lugar de trabajo.	Minimizar distracciones en el lugar de trabajo, disminución de accidentes por distracciones.	Tiempos de proceso más cortos.						↑				↓	Garantiza el orden en el lugar de trabajo.
Kaizen	Empodera a los trabajadores escuchando sus ideas, evaluándolas y si son viables se ponen en práctica y se les brinda retroalimentación constante.	Incrementa el sentido pertenencia del trabajador con la compañía y su responsabilidad con la misma.	Mano de obra empoderada, trabajo con alto nivel de calidad.					↑	↑					Crea sentido de pertenencia en los trabajadores, y un trabajador motivado hace las cosas por pasión no por obligación.

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING				IMPACTO										
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Lead time	Confiabilidad	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
Sistemas de trabajo flexible	Organiza el sistema de producción por celdas, los agrupa por familia de productos con un grupo específico de maquinas, en una ubicación geográfica próxima, lo que reduce el espacio físico que se utiliza y se mantiene un grupo de personas asignadas a cada celda.	Especialización de los operadores en las tareas que se desarrollan en cada celda, se tienen responsables por las tareas, reducción en la cantidad de espacios para almacenar el producto en proceso. Permite variar la velocidad de una celda dependiendo de los volúmenes de producción.	Reducción de inventario en proceso, Reducción de costos, Se garantiza calidad, flexibilidad en el volumen de producción, reducción de espacio a utilizar, flujo de inventario organizado.	↓		↓			↑		↓	↓		Reorganiza la planta y se reacomodan las líneas de flujo de producción existentes. También tiene en consideración factores como la capacidad de producción, el tipo de producto y su forma, tamaño y peso.
Trabajo estándar	Garantiza el seguimiento de procesos operativos y el aprendizaje para personal nuevo en la empresa.	Mejora continua de la calidad.	medición de la calidad						↑					El trabajo debe ser normalizado antes de que pueda ser mejorado. esta debe ser la base de todas las actividades de mejora continua.
SMED	Reduce el tiempo de alistamiento y de referencia de una maquina. Trabajo por lotes.	Disminución en el tiempo de alistamiento.	Reducción de tiempo de alistamiento, reducción de lead time.	↓						↓	↓	↓		Reducir tiempos de alistamientos de una actividad u operación para mejorar el lead time.

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING				IMPACTO										
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Lead time	Confiabilidad	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
HEIJUNKA	Frente a una demanda relativamente estable y conocida, mejora la respuesta frente al cliente con una producción nivelada. Ayuda a incrementar la flexibilidad de la planta.	Logra un flujo constante, un ritmo determinado y un trabajo estandarizado.	Reduce el stock de materia prima y productos terminados, disminución de lead time.			↓						↓		Para equilibrar el volumen de trabajo, así como la variedad de trabajo entre los trabajadores durante un periodo de tiempo.
Jidoka	Permite que el proceso tenga autocontrol de calidad, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso.	Corrige la condición anormal de un proceso y la elimina. Garantiza la calidad. Seguimiento del estado del proceso.	Mejora en la calidad, disminuye los errores en la maquina, permite la detección de errores por parte del operario.	↓	↑	↓		↑	↑				↑	corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre.
Value stream mapping	Establece el alcance de los procesos productivo, logísticos o administrativos de forma que facilita la identificación de las operaciones que aportan valor y facilita la detección de oportunidades de mejoramiento, ayudando a priorizar acciones futuras.	Identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio. Vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa, para obtener un sistema estructurado para implementar mejoras.	Detectar oportunidades de mejoramiento que se pueden aplicar con las otras herramientas.	↓	↑									Observa y entiende el flujo del proceso de la información y el material a medida que el producto hace el recorrido por la cadena de valor
TPM	Convierte las actividades de mantenimiento en actividades productivas.	Aumenta la confiabilidad de los equipos, maximizando su eficiencia global. mejora la calidad.	Disminución de inventarios, disminución tiempos de paro, disminución de inventario, reducción de lead time, disminución de desperdicios.	↓		↓						↓	↑	Convertir las actividades de mantenimiento en actividades productivas.

HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING				IMPACTO										
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Lead time	Confiabledad	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
JIT	Solo se produce cuando la demanda me lo indique	Reducción de los niveles de inventarios de materia prima, en proceso y terminada, cada parte de la cadena de suministro sabe que hacer en el momento que lo tiene que hacer.	Reducción de inventarios, disminución de desperdicios de los recursos.	↓		↓						↓		Para confirmar un sistema de suministro de trabajo para el cliente interno o externo, precisamente en el momento adecuado, en las cantidades correctas y sin errores.

8.2.2 HERRAMIENTAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL

HERRAMIENTAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL				IMPACTO											
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Tiempo de producción	Confiablez	Lead time	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
Método simplex	Permite mejorar la solución de la función objetivo en cada paso.	Optimizar el valor de la función objetivo, presentan dos opciones: obtener el valor óptimo mayor (maximizar) u obtener el valor óptimo menor (minimizar).	Maximizar ingresos, minimizar costos,	↓	↑										Sirve para solucionar problemas de programación lineal. Prueba la optimalidad de la solución, identifica las variables que entran y salen, y tiene una tabla característica para desarrollar una nueva solución.
Teoría de colas	Permite modelar sistemas en los que varias personas u objetos que demandan un servicio llegan en un mismo servidor y, por lo tanto, pueden registrarse esperas desde que un	Identificar el nivel óptimo de capacidad. Evaluar el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema. Prestar atención al tiempo de permanencia en la cola de espera.	Minimizar costos. Disminuye tiempos de permanencia en el sistema	↓	↑	↓					↑	↓		↓	Evalúa la capacidad de servicio de un agente y si es necesario aumentar la capacidad, teniendo en cuenta la variable costo.
Estudio de tiempos y movimientos	Establece un estándar de tiempo permisible para desarrollar una labor.	Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos, Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad	Minimizar tiempos, minimizar costos	↓					↑			↓			Evalúa la necesidad de los movimientos y el tiempo requerido al momento de desarrollar una tarea, cuando se logra un tiempo constante después de una cantidad significativa de pruebas lo que se busca es estandarizar los procesos, de modo que sean cada vez más eficientes.
	Analiza los movimientos que se realizan en el desarrollo de una labor.	Eliminar movimientos ineficientes	Minimizar tiempos	↓						↓		↓			

HERRAMIENTAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL				IMPACTO											
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Tiempo de producción	Confiabledad	Lead time	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
Pronósticos	pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado.	Reducen el nivel de incertidumbre y de riesgo, muestran la proyección presupuestal, ayuda a planificar la capacidad, ubicación de la instalaciones, capacidad de mano de obra, etc.	Controla los costos, controla los niveles de inventario, capacidad de mano de obra.	↓	↑	↓	↓								↓ Saca una proyección de la posible demanda basándose en datos históricos para hacer estas proyecciones, es importante tener en cuenta el comportamiento del mercado y tener una cantidad de datos significativa, de lo contrario el pronostico estará sesgado
Modelo EOQ	Balancear los costos opuestos: el de ordenar y el de almacenar. Este método que ayuda al control de inventarios.	Encontrar la cantidad optima de unidades a pedir.	Minimizar el costo total de pedir	↓		↓					↑				Determina el tamaño óptimo del pedido e, indirectamente el inventario promedio. También determina la tasa de rotación de inventario óptima de la empresa, dados sus costos específicos de inventario.
MPS	Indica la cantidad exacta de ítems a producir y el tiempo en que lo debe hacer.	Ayuda a adoptar decisiones tácticas respecto a los niveles adecuados de fabricación, inventarios y recursos que deben utilizarse en fabricación.	Minimizar costos, minimizar lead time.	↓		↓						↓		↓	Determina cuantas unidades de producto se deben fabricar y en que momento deben ser fabricadas para dar respuesta a la demanda futura dentro del horizonte.
MRP	Determina la planificación de la producción, qué?, cuánto? Y cuándo? Se debe fabricar.	Determinar los componentes que se necesitan.	Disminuir inventarios, minimizar lead time, minimiza costos.	↓		↓						↓		↓	Reconoce los orígenes de la demanda de los productos, ya sea demanda independiente o dependiente.
Método de la ruta más corta	Encontrar la ruta de mínima distancia entre el nodo 1 y el nodo n.	Minimizar la distancia a recorrer	Minimizar tiempos, minimizar costos, minimizar lead time.	↓										↓	Busca la opción económicamente mas eficiente para llegar al cliente de forma rápida.

HERRAMIENTAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL				IMPACTO											
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Tiempo de producción	Confiabledad	Lead time	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
Herramientas 6 sigma	Tomar acciones tanto preventivas como correctivas ante situaciones que representen problemas o posibles problemas.	reducir las fallas o elementos defectuosos.	Satisfacción en los clientes, minimizar los desperdicios, aumento en la calidad, disminuye costos.	↓					↑						Aumenta los niveles de calidad en las organizaciones. Busca controlar las variables que se encuentran relacionadas con las características de calidad del cliente.
Pareto	Identifica el número significativamente pequeño de causas que usualmente generarán la mayor cantidad de los problemas o defectos.	Ayuda a identificar el 80% de los problemas que se debe al 20% de las causas.	Identifica errores que permiten disminuir costos.	↓					↑						Lo que hace es identificar los pocos vitales, y descartar los muchos triviales, los que aunque son muchos no tienen tanto peso sobre las problemáticas.
TQM	Combina la planificación de sistemas de calidad, planificación estratégica de calidad y control estadístico de calidad.	Genera satisfacción en el cliente y una mejora continua en la organización.	Mejora la eficacia, la flexibilidad y la competitividad de las organizaciones. Integra técnicas de gestión de procesos y procedimientos operativos, junto con herramientas tecnológicas adecuadas que conducen a una mejora continua de la organización.	↓			↓		↑						Todos están involucrados, la alta dirección y todos los niveles directivos deben estar implicados y comprometidos en su implementación.
SISTEMAS KANBAN	Da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo.	Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento. Dar instrucciones basadas en las condiciones actuales del área de trabajo. Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.	Prioriza la producción, facilita el control del material, elimina mudas	↓		↓							↓		A través de dispositivo de dirección automático que proporciona información acerca de lo se va a producir, en que cantidades, con que medios y como transportarlos

HERRAMIENTAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL				IMPACTO											
Herramienta	¿Que hace?	¿Que logra?	Impacto en variables de producción	Costos	Ingresos	Inventarios	Mano de obra	Seguridad	Calidad	Movimientos	Espacio	Tiempo de producción	Confiabilidad	Lead time	¿Como ocurre O Por qué ocurre??
DISTRIBUCION DE PLANTA	Encontrar la mejor ordenación de las áreas de trabajo y del equipo en áreas.	La mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.	Conseguir la máxima economía en el trabajo al mismo tiempo que la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores.	↓	↑		↓	↑		↓	↓	↓			La distribución de planta ayuda a encontrar la mejor forma de ordenar las áreas de trabajo y del equipo para conseguir la máxima economía en el trabajo, al mismo tiempo que la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores.

8.2.3 RELACIONES DE LAS HERRAMIENTAS

En la tabla de relaciones, se describe la herramienta de Lean Manufacturing y la herramienta de Ingeniería Industrial con la cual va a tener relación, el impacto que ambas tienen en las variables de producción, algunas observaciones y por último las formulas y técnicas que se utilizan para implementar cada herramienta. (Véase el anexo 1).

HERRAMIENTAS LEAN	HERRAMIENTAS ING. INDUSTRIAL
VSM	DISEÑO DE PROCESOS, MÉTODO SIMPLEX
5S	TIEMPOS Y MOVIMIENTOS
SMED	
TRABAJO ESTÁNDAR	
TPM	HERRAMIENTAS 6 SIGMA
JIDOKA	TQM, TIEMPOS Y MOVIMIENTOS
SISTEMAS DE TRABAJO FLEXIBLE	DISEÑO DE CELDAS, BOA, RPW, MANEJO DE MATERIALES, ALGORITMOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.
HEIJUNKA	PRONÓSTICOS EOQ MPS MRP MODELOS DE PLANEACIÓN AGREGADA
JIT	SISTEMAS KANBAN, TEORÍA DE COLAS

8.3. EMPRESAS QUE UTILIZAN LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Para tener un ejemplo real de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, se visitó dos empresas en la ciudad de Cali, cada una de estas aplica las técnicas Lean Manufacturing de forma diferente, de acuerdo a sus necesidades de producción. Estas empresas fueron una empresa multinacional y una fábrica textil, ambas con sede en la ciudad de Cali.

8.3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN EMPRESA MULTINACIONAL.

Las herramientas que utiliza esta empresa son:

8.3.1.1 6s

- ✓ El primer paso es **clasificar**. Los artículos del laboratorio que ya han sido usados, se eliminan al comienzo del ciclo. Cada uno se marca con un punto rojo y luego se coloca en un área dedicada especial por un período de tres meses antes de su eliminación. Este paso proporciona espacio para nuevas mejoras o nuevas órdenes.
- ✓ Para el segundo paso **ordenar**, se examinan los procesos analíticos individuales incluidos los consumibles y los instrumentos, y se establecieron en un orden que satisface las necesidades requeridas para el proceso, el espacio y la ergonomía.
- ✓ El tercer paso, **limpiar**, se lleva a cabo después de ordenar. se limpian los requisitos necesarios. También para poner las cosas en un estado bien mantenido.
- ✓ El cuarto paso es la **estandarización**, permitió que los artículos necesarios regresaran después que se termina el trabajo. Este paso permitió reducir los tiempos de búsqueda.

- ✓ El quinto paso, sostenimiento, se lleva a cabo por los supervisores de laboratorio, el jefe de laboratorio y cinturones negros comprobar el estado y hacer sugerencias para futuras mejoras, ayudando a crear un " siempre listo para una situación de auditoría " de laboratorio.
- ✓ El sexto paso, Seguridad, se implementa en todos los pasos. Es extremadamente importante para un laboratorio que maneja CMR (sustancias carcinógenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción) y afecta, por ejemplo, la disposición de los instrumentos de mayor edad.

8.3.1.2 KANBAN

Con la implementación del kanban, esta multinacional logro la meta de reducción de los plazos de entrega. Este sistema es un indicador visual para el stock de material, para asegurar de que se ordenen los materiales a tiempo para evitar retrasos. Esto mejora el nivel de servicio al cliente ya que las demoras se pueden prevenir.

8.3.1.3 VALUE STREAM MAPPING

Esta multinacional también implementa la herramienta Value Stream Mapping, que le ha ayudado a centrar su atención en el flujo de los procesos de producción. También ayudó a identificar los despilfarros para corregirlos de manera oportuna y con ayuda de los empleados, para mejorar el desempeño general de la empresa.

8.3.1.4 TPM

Para tener una producción ininterrumpida, esta multinacional implementa el Mantenimiento Productivo Total o TPM, con todos los pilares de la herramienta los cuales son el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado y la prevención del mantenimiento.

8.3.1.5 A3 TÉCNICA, GRÁFICOS DE CONTROL

El método se limita a un equipo, obligando a la simplicidad y la comunicación rápida. Esto asegura que el trabajo puede ser realista realizará en el mismo

obstáculo. Esto demuestra un cambio exitoso y motiva a los trabajadores para hacer aún más la resolución de problemas.

Estos equipos incluyen los miembros de todas las áreas de laboratorio que participan en el proceso de análisis, junto con el supervisor del laboratorio responsable y gerente de producto quién tiene el conocimiento específico del producto.

8.3.1.6 SMED

En toda la empresa se aplica SMED, donde tiene listo todo lo necesario para comenzar una actividad, logrando la disminución en el tiempo de alistamiento. En esta empresa han realizado un buen estudio de las actividades externas e internas, para no desperdiciar el tiempo productivo en las operaciones que se pueden realizar con anticipación.

8.3.1.7 JIDOKA

Esta empresa los empleados también aportan al mejoramiento siendo parte fundamental en las iniciativas de solución de problemas, detectando problemas de calidad o mal funcionamiento de las maquinas. Esto permite una mejora en la calidad y disminuye los errores en las máquinas, con la detección de las fallas a tiempo.

8.3.2 CONCLUSIÓN

Esta multinacional ha ido creciendo y mejorando con el paso de los años, lo cual se ve reflejado en los productos que fabrican. Con la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing y junto con la ayuda de los ingenieros industriales que trabajan en la empresa, han logrado disminuir la variedad de desperdicios que la afectan.

Dentro de la empresa se ve reflejado la forma en que implementan las herramientas Lean en todo lugar, desde la limpieza que otorga la aplicación de 6s, los alistamientos del SMED, las mejoras implementadas en los procesos

productivos con los VSM y los indicadores que sirven para mantener informados a los empleados. Esta empresa es un gran ejemplo de las mejoras que se pueden obtener con la aplicación de Lean Manufacturing y la colaboración de la Ingeniería Industrial.

8.3.2. IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN EMPRESA TEXTIL.

En esta empresa la implementación de Lean Manufacturing ha sido por secciones, no se ha hecho en la totalidad de los procesos de la fábrica. La fábrica se divide en 3 áreas, confección donde está el 30% de la producción, bordado donde está el 60% de la producción y el 10% restante que está en el área de estampado y lavandería.

El proceso del área de donde se han implementado las herramientas de Lean Manufacturing comienza con la recepción de las piezas cortadas, anteriormente se manejaba un sistema FiFo para elegir las piezas con las que se iba a empezar a producir sin tener en cuenta si la parte más adelante del proceso se iba requerir las pieza con la que se inicia el trabajo, por lo tanto se incrementaba el inventario de estas piezas cada vez más. Motivo por el cual la empresa implemento lean, iniciaron con la herramienta Kanban

8.3.2.1. KANBAN

La implementación del Kanban consistió en la implementación de unas cajas, en cada caja se identifica la pieza y su referencia, se surten con este material y cuando se tiene lista una talla completa se deja de abastecer el modulo y se sigue con otro.

Dentro de las mejoras logradas con esta implementación, está la reducción del personal utilizado en el área de trabajo, anteriormente se requerían 3 personas para separar las referencias a fabricar, ahora solo se necesita 1. Estas personas que ya no están en el proceso fueron reubicadas en otras áreas de la fábrica.

Se logra la detección a tiempo en las piezas, por ejemplo en el caso de una camisa y su cuello, el cuello no va a estar en inventario con anticipación a la fabricación de la camisa, se fabricarán al mismo tiempo, de modo que si el cuello tiene un error se detecta a tiempo y se logra corregir el problema antes de continuar con el resto de las unidades. Al mismo tiempo se logró la toma de decisiones rápidas.

Desde el momento en el que se implementó, estabilizar el proceso llevo 6 meses.

8.3.2.2. SMED

En el área de bordado se implementó la herramienta SMED, antes de su implementación los alistamientos tardaban el 40% de la jornada laboral, el 60% restante era tiempo que se dedicaba a la producción.

Con la implementación de esta herramienta se llevaron a cabo arreglos mecánicos en la máquina de bordado, desarrollaron una bandeja que permitió que la operación de alistamiento se volviera externa. Además una de las soluciones que se había analizado antes, era la compra de otra máquina, de modo que mientras se alistaba la bandeja de una máquina que estaba parada, la otra trabajada.

8.3.2.3. 5S y MANUFACTURA FLEXIBLE

En el área de importados, se reciben las prendas que ya vienen listas desde otros países, aquí lo que se hace es revisar que estén en buen estado y en caso de tener algún daño o imperfección se les hace el arreglo requerido. Anteriormente se trabaja en una estructura lineal, había personas encargadas de revisar las prendas y otras encargadas de arreglar, generalmente una de las dos partes se saturaba de trabajo y la otra se quedaba sin que hacer, al implementar manufactura flexible esto fue lo que paso:

Se dividió el trabajo por celdas, cada celda tiene 2 personas, una se encarga de arreglar y la otra de revisar, pero las dos saben hacer ambas tareas, de modo que pueden soportarse mutuamente.

Los reproceso disminuyeron del 90% al 3%.

Se disminuyeron el número de horas extras trabajadas.

Con la implementación de 5S se buscó ir mas allá de que los trabajadores tuvieran sus puesto de trabajo en condiciones óptimas, se busca crear conciencia para toda la sección de importados, lo que se hizo fue implementar auditores de 5S, cada semana una persona diferente audita cada una de las celas de trabajo, evaluando el cumplimiento de esta herramienta.

A finales de 2011 esta sección de la fábrica estaba generando pérdidas, y no se consideraba un problema, porque la sección había sido creada bajo la premisa de que se iban a tener pérdidas, pero con la introducción de 5S y Manufactura flexible se logró generar ganancias lo que causo gran impacto y fue la respuesta para continuar trabajando con las herramientas Lean Manufacturing.

8.4 GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Para implementar Lean Manufacturing en un área de producción se debe desarrollar una serie de pasos implementando las herramientas de esta filosofía en un orden específico, como se muestra en la gráfica.

Nota: Mirar recomendaciones.

Herramienta No. 1.- Value Stream Mapping: Este proceso permite ver la totalidad del sistema, de modo que permite encontrar los problemas que se presentan para atacarlos y dar solución en una forma sencilla. Proporciona un lenguaje común, facilita la comunicación y el consenso entre todos los niveles de la organización.

Pasos para implementar:

1. Se debe focalizar el proceso de mapeado en una única familia de productos.

Nota: Cuando el número de referencias es alto, es aconsejable centrar el estudio en las referencias que mayor volumen de producción.

2. Mapeado de la situación inicial o actual
 - 2.1. Identificar y dibujar el proceso (diagramas de flujo) con todas sus etapas, esperas, inventarios etc.
 - 2.2. Realizar estudios de tiempos y movimientos. Van a permitir:
 - 2.2.1. Establecer un estándar de tiempo permisible para desarrollar la labor.
 - 2.2.2. Analizar los movimientos que se realizan en el desarrollo de una tarea para eliminar los movimientos innecesarios.

- 2.3. Observar el proceso en diferentes horas del día y en diferentes días de la semana.

Identificar las operaciones que agregan valor y eliminar las que no.

$D =$ Desplazamiento requeridos para hacer la operación

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{Si el movimiento requerido para la operación} \\ 0 & \text{Si el movimiento no es requerido} \end{cases}$$

F.O = Minimizar el tiempo de las operaciones que agregan valor

$$F.O = \text{Minimizar} \sum_{i=1}^N p_i * D$$

$$\text{Sujeto a} = \sum_{i=1}^N p_i * Y$$

3. Mapeo de la situación futura

- 3.1. Identificar oportunidades de mejora para después implementar las acciones de mejora.
- 3.2. Orientadas a que cada proceso de producción fabrique solo lo que el siguiente proceso necesite, en el momento en el que lo requiera.
- 3.3. Identificar formas para mejorar los flujos, tratando de eliminar las causas raíces del desperdicio.

4. De acuerdo a los datos obtenidos con el estudio que se realizó en los pasos anteriores se debe definir un plan de trabajo de mejora (**KAIZEN**) que ataque los problemas hallados.

5. Implementación de plan de mejora (**KAIZEN**)

- 5.1. Dividir el mapa futuro en segmentos manejables, para ir abordando paulatinamente los proyectos de mejora.
- 5.2. Uso de sistemas a prueba/error con los cuales se aprenda y se obtengan resultados y conclusiones.

El VSM está obteniendo una enorme aceptación y buenos resultados tanto en empresas industriales como de servicios, e incluso en administraciones públicas, dónde se viene aplicando para reducir tiempos de plazos y trámites que no añaden valor.

Herramienta No. 2.- 5S: Esta técnica permitirá mantener un buen ambiente de trabajo, factor crítico para lograr encaminar a la organización hacia la calidad total, bajos costos y entregas inmediatas. Su visión apunta a: Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, lista y limpia para ser usada.

Pasos para implementar:

1. SEIRI: Separar

- 1.1. Separar aquello que es realmente útil aquello que no lo es.
- 1.2. Identificando los elementos innecesarios.
- 1.3. Mantener lo que se necesita y eliminar lo que sobra.

2. SEITON: Organizar

- 2.1. Organizar las herramientas necesarias en un lugar cerca accesible desde el puesto de trabajo.
 - 2.1.1. Decidir el lugar apropiado
- 2.2. Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
 - 2.2.1. . Identificar los lugares visualmente.
- 2.3. Disponer de un lugar adecuado.
 - 2.3.1. Una vez seleccionados los objetos necesarios se pueden ordenar de acuerdo a su frecuencia de uso.

3. SEISO: Limpiar

Este paso implica remover suciedad, basura, desperdicios, y otros contaminantes del área de trabajo.

- 3.1. Determinar objetivos de limpieza
- 3.2. Definir tareas de limpieza

- 3.2.1. Dividir el espacio en diferentes áreas.
 - 3.2.2. Delegar áreas a personas.
 - 3.3. Definir horario de limpieza
 - 3.4. Preparar herramientas de limpieza
 - 3.4.1. Usar elementos apropiados (desinfectantes, jabones, etc)
- 4. SEITKESU: Estandarizar
 - 4.1. Delegar un responsable para realizar actividades con miras a mantener las condiciones de los 3 primeros principios.
 - 4.2. Para evitar la reincidencia, integrar funciones 3S de mantenimiento en las actividades regulares de trabajo de los proveedores y el personal de apoyo.
 - 4.3. Verifique las condiciones en que son mantenidas las 3S.
- 5. SHITSUKE: Disciplina
 - 5.1. pueden crear condiciones o estructuras que permitan y ayuden a mantener el compromiso de los 5 principios. Para esto es importante tener en cuenta los siguientes tipos de condiciones:
 - 5.1.1. *Conciencia*
 - 5.1.2. *Tiempo*
 - 5.1.3. *Estructura*
 - 5.1.4. *Soporte*
 - 5.1.5. *Recompensas y reconocimientos*
 - 5.1.6. *Satisfacción y motivación*

Trabajar estos pasos en paralelo con un estudio de tiempos y movimientos permitirá a la empresa obtener mejoras, ya que el estudio de los movimientos ayuda a identificar oportunidades de ahorro por medio de la eliminación de elementos de una operación de trabajo y combinando elementos de una tarea con elementos de otra. Los tiempos y movimientos permiten encontrar el mejor método de trabajo.

Herramienta No. 3.- Sistemas De Trabajo Flexible: Esta herramienta consiste en un complejo de dispositivos automáticos de manejo de material y máquinas controladas numéricamente, operando de manera integrada por computador, con el objetivo de producir volúmenes medianos de partes o piezas de diferentes tipos. (STECKE 83).

Pasos para implementar:

Los sistemas de trabajo flexibles tienen como base herramientas de Ingeniería Industrial que permiten satisfacer de forma integral las necesidades de los clientes:

Los diagramas de operaciones permiten especificar gráficamente las operaciones a realizar y su secuencia. Los diagramas a utilizar serán: B.O.M, Carta de ensamble, Carta del proceso de operación.

Los pasos a desarrollar con ayuda de estos diagramas son:

1. Definir los elementos de las operaciones
2. Identificar los procesos alternativos por cada operación.
3. Analizar los procesos alternativos.
4. Estandarizar los procesos.
5. Evaluar los procesos alternativos.
6. Seleccionar los procesos.

Balanceo de línea es una metodología para conformar las líneas de producción de acuerdo a los tiempos de operación y las zonas de trabajo. Existen diversos algoritmos para llevar a cabo el balanceo de línea como RPW, para desarrollar este algoritmo se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Hallar el tiempo de producción disponible por semana.
2. Hallar el ritmo de producción o takt time.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ por\ semana}{Demanda\ por\ semana}$$

3. Identificar el tiempo total de trabajo (suma de los tiempos en que se demora realizar cada actividad para producir solo una unidad).
4. Hallar el tiempo total de trabajo.
5. Halla el número teórico de estaciones de trabajo.

$$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{Takt\ time}$$

6. Realizar el gráfico de precedencias, con sus respectivos tiempos de operación.
7. Organizar las operaciones de forma descendente.
8. Ubicar las operaciones en celdas.
9. Hallar la estación donde se presenta los tiempos menos eficientes y será esta la que represente el cuello de botella. El tiempo de línea lo dará la estación más lenta.

Haciendo uso de programación lineal, el principio de optimalidad permitirá tomar la decisión frente a que celdas se van a agregar en el sistema.

$$f_1(\rho) \begin{cases} s_1 \rho \geq p_1 \\ 0 \rho < p_1 \end{cases}$$

$$\text{Para } 2 \leq i \leq N \quad f_i(\rho) \begin{cases} \max_{x_i=0,1} [s_i X_i + f_{i-1}(\rho - p_i X_i)] \rho \geq p_i \\ f_{i-1}(\rho) \quad 0 \rho < p_i \end{cases}$$

Sistema de Incentivos: que premia el desempeño individual y el de los Integrantes del módulo como equipo.

Asignación de trabajo permitirá especificar las operaciones que cada operario sabe hacer o debe aprender. La programación lineal brinda herramientas para la toma de esta decisión, el objetivo es determinar cómo deben hacerse las asignaciones para minimizar los costos totales.

1. El número de asignados es igual al número de tareas. (Este número se denota por n)
2. Cada asignado se asigna a una tarea.

3. Cada tarea debe realizarla exactamente un asignado.
4. Existe un costo c_{ij} asociado con el asignado i ($i = 1, 2, \dots, n$) que realiza la tarea j ($j = 1, 2, \dots, n$).

$$\begin{cases} X_{ij} = 1, \text{ Si el asignado } i \text{ realiza la asignación } j \\ X_{ij} = 0, \text{ En caso contrario} \end{cases}$$

$$F.O = \text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeto a } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \}; \text{ Para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \}; \text{ Para } j = 1, 2, \dots, n$$

Herramienta No. 4.- Trabajo Estándar Esta técnica tiene como objetivo maximizar el rendimiento mientras minimiza los desperdicios

Pasos para implementar:

1. Prepare un cronograma.
 - 1.1. Efectuar las asignaciones de tareas
2. Divida el trabajo.
 - 2.2. Hacer una lista de los pasos importantes.
 - 2.3. Elija puntos clave.
 - 2.4. La seguridad siempre es un punto clave, verificar que se cumplan requerimientos de calidad, seguridad, ergonomía, manejo de equipos.
3. Tenga todo listo.
 - 3.1. Equipo, materiales y herramientas correctas
4. Tenga el espacio de trabajo bien distribuido.
5. Graficar las asignaciones.

- 5.1. Compararlas con el Takt.
6. Verificar los balances y desbalances.
7. Determinar la cantidad de operarios necesarios.
8. Usar el modelo 5W2Hⁱ para cada operación.

El trabajo estándar se relaciona con las herramientas Seis Sigma junto con los tiempos y movimientos, que ayudan a mejorar simultáneamente la eficacia y la eficiencia. Permite mejorar los procesos y aumentar sus niveles de calidad, mediante la reducción de fallas o elementos defectuosos, obteniendo beneficios como la mejora de la rentabilidad y la productividad.

Etapas 6 sigma

1. Definir el problema o el defecto
2. Medir y recopilar datos
3. Analizar datos
4. Mejorar
5. Controlar

Proceso No. 5.- JIDOKA: Esta herramienta mejora la calidad en el proceso ya que solo se producirán piezas con cero defectos. Impide que piezas defectuosas avancen en el proceso.

Pasos para implementar:

1. Detectar el error
2. Parar.
3. Corregir el error.
4. Investigar la causa raíz y tomar medidas para eliminarla.

- 4.1. Se puede implementar herramientas como la matriz de autocalidad MAQ, esta es una herramienta que nos permiten detectar en tiempo real donde se producen defectos y el lugar donde son generados.
- 4.2. Implementar herramientas graficas como Pareto ponderado, herramienta de análisis que permite tomar decisiones teniendo en cuenta las prioridades de la organización, esta mostrara 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan.
- 4.3. Otras herramientas de Ingeniería Industrial graficas que permiten analizar las problemáticas son:
 - Hojas de verificación.
 - diagramas de dispersión.
 - diagramas causa efecto.
 - diagramas de flujo.
 - Histogramas.
 - control estadístico de procesos

Herramienta No. 6.- SMED: Esta teoría contiene un conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramientas y preparación de máquinas en el menor tiempo posible y evitando a toda costa las mudas.

Pasos para implementar:

1. Listar los tiempos y procesos actuales.
2. Estudio de tiempos y movimientos actuales.
3. Observar el alistamiento del día, para la definición de preparaciones internas y externas.
 - 3.1. No busca despedir empleados.
 - 3.2. Se instruye el personal.

4. Separar entre actividades internas y externas.
5. Convertir las actividades internas en externas.
 - 5.1. Eliminar trabajo de buscar y encontrar.
 - a. Arreglar las herramientas y materiales de antemano
 - b. Completar preparativos del alistamiento antes de comenzar
 - c. Estandarizar características
 - d. Implementar marcas visuales
 - e. Eliminar arranques de prueba
6. Organizar las actividades internas
 - a. Crear pasos paralelos.
 - b. Reducir complejidad y desperdicios.
7. Organizar actividades externas.
 - a. Adoptar estándares funcionales.
8. Crear nuevo proceso.
9. Probar el nuevo proceso.
 - a. Documentar oportunidades de mejora.
 - b. Buscar nuevas oportunidades de mejora.
10. Estudio de tiempos y movimientos con el nuevo proceso.
 - a. Documentar los pasos de tiempo del nuevo proceso
11. Documentar el nuevo proceso.
 - 11.1. Obtener las aprobaciones necesarias.
 - 11.2. Entrenar a los trabajadores.
 - 11.3. Publicar hojas de trabajo estandarizadas.
12. Aplicar Kaizen a los alistamientos.

Herramienta No. 7.- TPM: Busca establecer una cultura que maximice y sostenga la eficiencia del sistema de producción involucrando todas las funciones de la organización.

Pasos para implementar:

1. Evaluación del estado actual
 - 1.1. Revisión del libro de registros de los equipos.
 - 1.2. Evaluar el equipo y criterios de evaluación.
 - 1.3. Definición de clasificación de las fallas.
 - 1.4. Entender el estado actual: Número de fallas, paros, frecuencia, severidad, costo de mantenimiento, mantenimientos por fallas, etc.
 - 1.5. Revisión de métodos de revisión de los efectos.
2. Restauración del deterioro y mejora de las debilidades
 - 2.1. Mantener las condiciones base, pero eliminar el ambiente de deterioro, implementación de 5s.
 - 2.2. Revisar las debilidades por medio de herramientas de Ingeniería Industrial como el diagrama Pareto ponderado o el diagrama Ishikawa.
 - 2.3. Controlar la recurrencia de las fallas graves y prevenir defectos, para lo cual se hace uso de las herramientas 6 sigma que permitirán controlar las variables que se encuentran relacionadas con las características de calidad.
 - 2.4. Reducir y mejorar las fallas del proceso.
3. Crear un sistema de manejo de la información, donde se llevara control de las fallas.
 - 3.1. Crear un sistema de manejo de mantenimiento de la maquinaria, donde se lleve control del historial de los equipos, la planeación de mantenimiento, planeación de las inspecciones, etc.
4. Crear un sistema de mantenimiento basado en el tiempo
 - 4.1. Prepara las bases del sistema de mantenimiento basado en el tiempo, iniciando por la descripción del manejo de la maquinaria, sus partes, los repuestos, instrumentos de

medición, lubricación, y datos técnicos e históricos de mantenimiento.

- 4.2. Prepara el flujo de mantenimiento.
 - 4.3. Seleccionar el equipo que se hará cargo de cada máquina.
 - 4.4. Crear el plan de mantenimiento, establecer cronograma y entregables de acuerdo a los requerimientos de cada máquina.
 - 4.5. Crear o actualizar las normas, uso de materiales, protección, inspección, aceptación, etc.
5. Creación de sistema de mantenimiento predictivo:
- 5.1. Introducir tecnologías de diagnóstico a la maquinaria, acompañado de capacitaciones tanto a ingenieros como a operarios.
 - 5.2. Preparar el flujo de mantenimiento predictivo.
 - 5.3. Crear el equipo encargado del mantenimiento predictivo junto con las normas que los regirán.
 - 5.4. Entrenar el equipo y desarrollar nuevas tecnologías de diagnóstico.
6. Evaluación del mantenimiento planeado:
- 6.1. Evaluar los sistemas creados: mantenimiento basado en el tiempo, mantenimiento predictivo, etc.
 - 6.2. Evaluar la confiabilidad de las mejoras implementadas.
7. Evaluar la eficiencia global de los equipos, midiendo la calidad, la productividad y la disponibilidad en el desempeño de la maquinaria.

$$\% \text{ de Calidad} * \% \text{ de Productividad} * \% \text{ de Disponibilidad}$$

Herramienta No. 8.- JIT: Justo a tiempo son un conjunto de principios, herramientas y técnicas que van a permitir producir y entregar la producción en cantidades pequeñas y en tiempo de entrega cortos, de modo que se satisfagan las necesidades del cliente, sin incurrir en altos costos. Muestra el equilibrio entre

entregar los artículos correctos en el tiempo indicado y en las cantidades requeridas.

Pasos para implementar:

1. Cambiar de pensamiento.
 - 1.1. Desechar los conceptos de producir en grandes cantidades y manejo de altos inventarios.
 - 1.2. Adoptar el modo de pensamiento Justo A Tiempo.
 - 1.2.1. No se debe producir nada a menos de que el cliente lo haya ordenado.
 - 1.2.2. Se nivela la demanda de modo que el trabajo fluya suavemente a través de la planta.
 - 1.2.3. Se ligan todos los procesos a la demanda del cliente, mediante simples herramientas visuales.
 - 1.2.4. Se maximiza la flexibilidad de la gente y la maquinaria. (Villaseñor, 2007)
2. Aplicación de las herramientas 5S. (Ver ***Herramienta No. 2.- 5S***)
3. Trabajar la producción en flujo continuo.
 - 3.1. Trabajar para reemplazar la producción en más o en lotes con la producción pieza a pieza.
4. Producción nivelada.
 - 4.1. Fabricar productos en cantidades niveladas, uno cada vez, si es posible.
 - 4.2. No se tiene que estar cambiando la programación.
5. Operaciones estándares.
 - 5.1. Estandarizar el trabajo para mantener un buen flujo entre los procesos.
6. Justo A Tiempo.

- 6.1. Producir justo lo que pide el cliente.
- 6.2. Producir justo en el tiempo establecido. Se penaliza tanto el adelanto en la ejecución de las tareas como el atraso en las mismas.

7. Puntos clave a tener en cuenta. (Villaseñor, 2007)

- 7.1. Justo a tiempo provee tres elementos para cambiar el sistema de producción: flujo continuo, takt time y Kanban.
- 7.2. Justos a tiempo tiene dos componentes clave: la nivelación de la producción (Heijunka) y Kanban.

Sean n tareas que han de ser procesadas en una máquina, todas ellas con una fecha de entrega común d . Para cada tarea i , el tiempo de proceso es P_i y las penalizaciones por periodo de adelanto o de retraso α_i y β_i respectivamente. No están permitidas interrupciones en las tareas, todas ellas están disponibles en el periodo cero y las máquinas están siempre disponibles. Si llamamos C_i al tiempo total de finalización de la tarea i podemos expresar la función objetivo como:

$$\min \sum_i^n \alpha_i E_i + \beta_i T_i \text{ donde } E_i = \max\{d - C_i, 0\} \text{ y } T_i = \max\{C_i - d, 0\}$$

Cuando se trabaja con esta función objetivo hay que distinguir dos casos. En el caso no restrictivo la fecha de entrega es mayor o igual que la suma de todos los tiempos de proceso, por tanto no influye en la secuencia óptima de las tareas. En el caso contrario, el restrictivo, la fecha de entrega puede afectar a la secuenciación óptima.

La solución óptima tiene una tarea que acaba en la fecha de entrega: Este determina las tareas anteriores y posteriores a la fecha de entrega. Una vez clasificados en los dos grupos su posición relativa dentro de cada uno de ellos viene determinada por la propiedad 2 de la solución óptima. (R. Alvarez-Valdés)

$$\text{Min} \sum_i \alpha_i \beta_i \sum_{j>i, \text{in} B} b_j p_j + \sum_i \beta_i \alpha_i \sum_{j>i, \text{in} A} a_j p_j$$

$$\text{Sujeto a} \sum_{i=1}^n b_i p_i \leq d$$

$$a_i + b_i = 1 \quad \forall_i = 1, 2, \dots, n$$

$$a_i, b_i = 1 \quad \forall_i = 1, 2, \dots, n$$

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{Si la tarea } i \text{ acaba en o antes de } d \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad \forall_i = 1, 2, \dots, n$$

$$a_i = \begin{cases} 1, & \text{Si la tarea } i \text{ acaba en o antes de } d \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad \forall_i = 1, 2, \dots, n$$

Para medir los avances obtenidos con la implementación de esta guía se recomienda llevar a cabo un sistema de evaluación basado en los pasos descritos con anterioridad, además documentar todos los cambios implementados, y los resultados arrojados por estos, la documentación se puede hacer por escrito, con fotos o videos. Este material permitirá evaluar la efectividad de los cambios y la viabilidad de continuar con las herramientas de Lean Manufacturing.

9. CONCLUSIONES

1. Se logró establecer a través de relaciones el impacto en las variables de producción que generan tanto las herramientas de Ingeniería Industrial como las de Lean Manufacturing, dando paso a su correlación y como resultado la guía propuesta, la cual permitirá el mejoramiento continuo basado en toma de decisiones sustentadas bajo métodos matemáticos.
2. Lean Manufacturing además de ser una técnica de fabricación, permite añadir valor a las operaciones desarrolladas en las fábricas manufactureras, y es a través de la elaboración de esta guía que se proponen métodos de medición que brindan herramientas para la toma de decisiones objetivas, frente a la utilización e implementación de esta técnica.
3. Las empresas manufactureras interesadas en la implementación Lean Manufacturing deben hacer una evaluación de la realidad actual de la empresa y definir cuáles serán los problemas a trabajar. Con el acompañamiento de la guía podrán hacer seguimiento, pero además podrán medir el impacto de la aplicación de estas herramientas.
4. Con las visitas desarrolladas a las empresas de la ciudad de Cali, para tener referencia de la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en procesos manufactureros, se encontró que si se obtienen mejoras en la producción en variables como los tiempos, niveles de inventarios, disminución de reproceso, costos asociados a la producción, la calidad, uso de espacio y máquinas, y aumento en la productividad. Sin embargo una de ellas no tiene estándares claros de medición matemática que permitan tomar decisiones de forma objetiva.
5. Con respecto a la conclusión anterior, se considera que la guía va a aportar a las empresas que no tienen claridad frente a la relación que hay entre las herramientas de Lean manufacturing y las herramientas matemáticas de Ingeniería Industrial.

10. RECOMENDACIONES

Para la implementación de la guía, se debe tener conocimiento previo tanto de las herramientas de Lean Manufacturing como de las de Ingeniería Industrial, adicionalmente las herramientas y los pasos que se presentan se deben desarrollar en el orden en el que se presentan.

Con la guía se busca, explicando paso a paso cómo debe ser la implementación de Lean Manufacturing acompañado de la Ingeniería Industrial, dando la oportunidad de mejorar los procesos productivos de las empresas manufactureras, brindando datos matemáticos que permitan tomar decisiones objetivas. Se debe tener en cuenta que esta guía se deberá ajustar a la realidad de la empresa, por lo que antes de implementarla se debe hacer un análisis del manejo que se le está dando a los procesos y los resultados que están arrojando.

Las herramientas de Lean Manufacturing permiten obtener ventajas no cuantificables como el fomento de la proactividad en los empleados o la cultura de innovación. Se recomienda aplicar las herramientas de Ingeniería Industrial junto con las herramientas Lean, para poder obtener un buen análisis de los procesos y por consiguiente poder implementar estrategias que ataquen los problemas y lleven a obtener resultados de mejora.

Para que la aplicación de la guía sea efectiva, se recomienda que la empresa capacite al personal en la filosofía Lean, para poder aplicarla de manera constante y unirla con la cultura organizacional de las empresas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arata, A. (2009). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales*. Providencia: RIL editores.
- Begoña prieto, A. S. (2006). *Contabilidad de costes y de gestión. Un enfoque práctico*. Madrid: Delta.
- Calidad, A. E. (s.f.). *Lean manufacturing* . AEC.
- Ebert, A. (1991). *Administración de la producción y de las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento*.
- Francisco J. Miranda González, A. C. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Madrid: Delta.
- Francisco Jiménez Boulanger, C. L. (2007). *Costos industriales*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Galgano, A. (2003). *Las tres revoluciones: caza del desperdicio : doblar la productividad con la "lean production"*. Diaz de Santos .
- Hobbs, D. P. (2004). Lean manufacturing implemenattion. En D. P. Hobbs, *Lean manufacturing implemenattion* (págs. 16-23). U.S.A: J. Ross Publishing.
- Liker, J. K. (2010). El sistema de producción de Toyota (TPS) y el Lean production. En J. K. Liker, *Las claves del éxito de Toyota*. Barcelona: Gestión 2000.
- Manivannan, S. (2007). Introducción a seis sigma. *METALFORMING*.
- Manivannan, S. (2007). Introducción a seis sigma. *METALFORMING*.
- Manuel Rajadell, J. L. (2010). Lean manufacturing la evidencia de una necesidad. En J. L. Manuel Rajadell, *Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad*. (págs. 26-28). España: Ediciones Diaz de Santos.
- Manuel Rajadell, J. L. (2010). *Lean manufacturing la evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Diaz de Santos.
- Monden, Y. (1996). *El "Just in time" hoy en Toyota: nuevo estudio de Yasuhiro Monden autor de "El sistema de producción de Toyota"*. España: DEUSTO S.A.
- Neto, F. M. (2013). *Lean manufacruing: exposición adaptada a la fabircación repetitiva de familia de productos mediante procesos discretos*. .

Omar Romero Hernández, D. M. (2006). *Introducción a la ingeniería. Un enfoque industrial*. México, D.F.: International Thomson Editores S.A.

R. Alvarez-Valdés, E. C. (s.f.). Recuperado el Mayo de 2014, de Universidad Politecnica de Valencia : <http://www.uv.es/asepuma/XVI/704.pdf>

Rivera, L. (2009). *Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing*. Cali: Heurística.

Tapping, D. (2005). *The Lean pocket guide. Tools for the elimination of waste administrative areas*.

Tejeda, A. S. (2011). MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS. *CIENCIA Y SOCIEDAD*.

Tejero, J. J. (2011). *Logística integral. La gestión operativa de la empresa*. Madrid: ESIC EDITORIALI.

Villaseñor, A. (2007). *Manual de Lean Manufacturing Guía Básica*. Mexico D.F: Limusa S.A.

ANEXO 1

HERRAMIENTAS LEAN	HERRAMIENTAS ING. INDUSTRIAL	IMPACTO	OBSERVACIONES	FORMULAS Y TECNICAS
5S	TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	Movimientos, calidad, seguridad, mudas.	<p>La técnica 5S se utiliza para mantener el área de trabajo limpia y ordenada y así hacerla un poco más segura, también para aumentar la productividad en las empresas reduciendo los tiempos muertos y haciéndola una empresa más motivante para sus trabajadores.</p> <p>Seiri: Clasificar las herramientas de acuerdo a su frecuencia de uso. IDENTIFICAR</p> <p>Seiton: ubicar lo elementos de mayor uso.</p> <p>Seis: Limpieza del área de trabajo, maquinaria y herramientas utilizadas.</p> <p>Seiketsu: Aplicación continua de los pasos anteriores para evitar suciedad.</p> <p>Shitsuke: Entrenamiento y capacitación constante.</p> <p>Desarrollando los pasos nombrados anteriormente junto con un estudio de tiempos y movimientos permitirá a la empresa obtener mejoras, ya que el estudio de los movimientos permite identificar oportunidades de ahorro por medio de la eliminación de elementos de una operación de trabajo y combinando elementos de una tarea con elementos de otra. Los tiempos y movimientos permiten encontrar el mejor método de trabajo y en sinergia con las herramientas 5S ayuda a fomentar en todos los empleados la toma de decisiones consistentes frente a costos que generan las mudas.</p>	<p>En cuanto a los tiempos y movimientos, existen algunas técnicas de estudio de tiempos como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Sistema de estándares de tiempo predeterminados (PTSS) 2) Estándares de tiempo con cronómetro 3) Estándares de tiempo de fórmulas de datos estandarizados 4) Estándares de tiempo de opciones expertas y de datos históricos <p>En cuanto a las herramientas de movimientos, existen técnicas como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Diagramas de procesos 2) Diagramas de flujos 3) Diagramas de actividades múltiples 4) Diagramas de operación 5) Diagramas de proces de flujo 6) Diagramas de análisis de operaciones 7) Diseño de estación de trabajo 8) Economía de movimientos 9) patrones de flujo 10) Sistemas de estándares de tiempo predeterminados (PTSS)
VSM		Costos, ingresos, movimientos, mudas.	<p>El VSM permite tener una visión panorámica de toda la cadena de valor, lo que permite identificar con facilidad donde y por que se están presentando problemas, esto lo hace por medio de un estudio de tiempos en cada proceso de la cadena, si trabajamos con estudio de tiempos y movimientos podremos obtener mediciones de forma más minuciosas por que partimos desde los movimientos del operario en el puesto de trabajo hasta los traslados que este tengas, lo que permitirá identificar con mayor veracidad y minucia que actividades no están agregando valor.</p>	<p>TECNICA MTM + VSM ESTUDIOS CONTINUO DE TIEMPO ESTUDIO DE TIEMPO DE CICLO LARGO</p> <p>Los pasos para implementar el SMED son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Listar los tiempos y procesos actuales 2) Observar el alistamiento del día, para la definición de preparaciones internas y externas. 3) Separar entre actividades internas y externas 4) Convertir las actividades internas en externas - Eliminar trabajo de buscar y encontrar (Tiempos y movimientos) - Arreglar las herramientas y materiales de antemano - Completar preparativos del alistamiento antes de comenzar - Estandarizar características - Implementar marcas visuales - Eliminar arranques de prueba 5) Organizar las actividades internas - Crear pasos paralelos Reducir complejidad y desperdicios 6) Organizar las actividades externas - Adoptar estándares funcionales 7) Crear nuevo proceso - Documentar quien va a hacer qué y cuándo - Practicar el alistamiento rápido antes de realizarlo 8) Probar el nuevo proceso - Ejecutar un piloto del nuevo proceso * Documentar los pasos de tiempo del nuevo proceso * Documentar oportunidades de mejora * Buscar nuevas oportunidades de mejora 9) Documentar el nuevo proceso - Obtener las aprobaciones necesarias - Entrenar a los trabajadores - Publicar hojas de trabajo estandarizadas 10) Aplicar Kaizen a los alistamientos
SMED		Reducción de tiempo de alistamiento, reducción de lead time. Movimientos, calidad, seguridad, mudas.	<p>SMED es el concepto de eliminar la fabricación por lotes reduciendo al máximo el tiempo de preparación de máquinas y de materiales. Ayuda a convertir el tiempo de preparación en tiempo productivo, reduce el tamaño del inventario.</p> <p>Mientras el estudio de los movimientos permite identificar oportunidades de ahorro por medio de la eliminación de elementos de una operación de trabajo y combinando elementos de una tarea con elementos de otra. Los tiempos y movimientos permiten encontrar el mejor método de trabajo</p>	
TRABAJO ESTÁNDAR			<p>La herramienta de trabajo estándar sirve para estandarizar el método conocido más eficiente, más sencillo y más seguro conforme al cual realizar un determinado trabajo repetitivo. Se centra en los movimientos cíclicos del operario y su relación con las máquinas, los materiales y el tiempo.</p> <p>Un complemento del trabajo estándar son los tiempos y movimientos, que permiten encontrar el mejor método de trabajo y en sinergia con las herramientas 5S ayuda a fomentar en todos los empleados la toma de decisiones consistentes frente a costos que generan las mudas.</p>	
TPM	HERRAMIENTAS 6 SIGMA	Disminución de inventarios, disminución tiempos de paro, disminución de inventario, reducción de lead time, disminución de desperdicios. Satisfacción en los clientes, minimizar los desperdicios, aumento en la calidad, disminuye costos.	<p>TPM es una herramienta de lean manufacturing que tiene por objetivo maximizar la eficiencia global de los equipos productivos, el OEE (Overall Equipment Effectiveness), y optimizar el coste en que incurren durante todo su ciclo de vida, involucrando todos los departamentos de la empresa.</p> <p>Las herramientas 6 sigma, se encamina a mejorar simultáneamente la eficacia y la eficiencia. Es una metodología de gestión utilizada para mejorar los procesos y aumentar sus niveles de calidad, mediante la reducción de fallos o elementos defectuosos, con el objetivo de generar más satisfacción en los clientes</p>	$OEE = \frac{\text{Salida actual}}{\text{Salida máxima teórica}}$ $OEE = \text{índice de disponibilidad} \times \text{índice de rendimiento} \times \text{índice de calidad}$ <p>Para llevar a cabo la implementación de las herramientas seis sigma, se deben llevar a cabo cinco etapas que son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Definir el problema o el defecto 2) Medir y recopilar datos 3) Analizar datos 4) Mejorar 5) Controlar <p>Como complemento de la aplicación de las herramientas seis sigmas se utilizan herramientas como diagrama causa efecto, flujo de procesos, Pareto, Hoja de verificación, diagrama de flujo, mapeo de procesos.</p>

HERRAMIENTAS LEAN	HERRAMIENTAS ING. INDUSTRIAL	IMPACTO	OBSERVACIONES	FORMULAS Y TECNICAS																																				
JIDOKA	TQM, TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	Corrige la condición anormal de un proceso y la elimina. Garantiza la calidad. Seguimiento del estado del proceso. Combina la planificación de sistemas de calidad, planificación estratégica de calidad y control estadístico de calidad.	TQM es un conjunto de herramientas y un proceso cuyo resultado genera satisfacción en el cliente y una mejora continua en la organización. Requiere que la alta dirección y todos los niveles directivos estén implicados y comprometidos en su implementación. Jidoka quiere decir que cada empleado es responsable de la actividad que realice en el entorno de trabajo, transfiriendo a la máquina la habilidad jidoka que hace algo más que una máquina automática. El sistema está diseñado para evitar que existan unidades defectuosas.	<p>Matriz de auto calidad MAQ: Es una herramienta que nos permiten detectar en tiempo real donde se producen defectos y el lugar donde son generados. Indicador gráfico de soporte.</p> <p>Hojas de verificación Diagramas de dispersión Diagramas causa efecto Gráficas de Pareto Diagramas de flujo Histogramas Control estadístico de procesos</p>																																				
HEIJUNKA	PRONÓSTICOS EQO MPS MRP MODELOS DE PLANEACIÓN AGREGADA	Reduce el stock de materia prima y productos terminados, disminución de lead time. Controla los costos, controla los niveles de inventario, capacidad de mano de obra.	<p>12) Principio de adaptabilidad: Heijunka es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente en volumen y variedad. Requiere una buena comprensión de la demanda de clientes y efectos de esta demanda en los procesos, y exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización. Junto a esta herramienta es posible trabajarla en conjunto con las herramientas para pronosticar la demanda con métodos tanto subjetivos como objetivos. De manera subjetiva se puede pronosticar a partir de una fuente de información son las personas encargadas de las ventas, ya que tienen contacto directo con los clientes. Otra forma de lograrlo es haciendo encuestas a los clientes, escuchando la opinión de los ejecutivos y de expertos.</p> <p>Para pronosticar la demanda de manera objetiva se usan métodos tales como series de tiempo, promedios móviles, métodos basados en tendencia. La determinación del modelo adecuado depende tanto de las características del historial de observaciones como del contexto en el que se requieran los pronósticos.</p> <p>El objetivo de los pronósticos es proporcionar una visión con la exactitud necesaria, a tiempo y a un costo razonable.</p> <p>El MRP consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) introduciendo el factor plazo de la fabricación o de compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar (o provisionar) los componentes con el debido decalaje respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación.</p>	<p>En cuanto a los pronósticos se debe tener en cuenta lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Para las decisiones de mediano plazo, con frecuencia se usan los métodos cuantitativos, incluyendo los causales y series de tiempo. 2) Para las decisiones de corto plazo, con frecuencia se utilizan los métodos de series de tiempo y en algunas situaciones los causales y los cuantitativos. <p>Pronósticos</p> <table border="0"> <tr> <td>Cualitativos</td> <td></td> <td>PLAZO</td> </tr> <tr> <td>Personal de ventas</td> <td>Estimados</td> <td>Corto - Mediano</td> </tr> <tr> <td>Opinión de ejecutivos</td> <td>Opiniones</td> <td>Corto - Largo</td> </tr> <tr> <td>Administración, pdn, vta</td> <td>Proyecciones</td> <td>Mediano</td> </tr> <tr> <td>Analogía histórica</td> <td>Comparaciones</td> <td>Corto - Largo</td> </tr> <tr> <td>Delphi</td> <td>Expertos consumidores</td> <td>Mediano - Largo</td> </tr> </table> <p>Series de tiempo</p> <table border="0"> <tr> <td>Empírico</td> <td>+/- 96</td> <td>Corto</td> </tr> <tr> <td>Promedios móviles</td> <td>N reciente periodos</td> <td>Corto</td> </tr> <tr> <td>Proyección tendencia</td> <td>Línea exponencial</td> <td>Mediana - Largo</td> </tr> <tr> <td>Descomposición</td> <td>Tendencia, ciclo</td> <td>Corto - Largo</td> </tr> <tr> <td>Box-Jenkins</td> <td>Regresión estadística</td> <td>Corto - Mediano</td> </tr> </table> <p>Asociativos</p> <table border="0"> <tr> <td>Regresión y correlación</td> <td>Mínimos cuadrados</td> <td>Mediano - Largo</td> </tr> </table>	Cualitativos		PLAZO	Personal de ventas	Estimados	Corto - Mediano	Opinión de ejecutivos	Opiniones	Corto - Largo	Administración, pdn, vta	Proyecciones	Mediano	Analogía histórica	Comparaciones	Corto - Largo	Delphi	Expertos consumidores	Mediano - Largo	Empírico	+/- 96	Corto	Promedios móviles	N reciente periodos	Corto	Proyección tendencia	Línea exponencial	Mediana - Largo	Descomposición	Tendencia, ciclo	Corto - Largo	Box-Jenkins	Regresión estadística	Corto - Mediano	Regresión y correlación	Mínimos cuadrados	Mediano - Largo
Cualitativos		PLAZO																																						
Personal de ventas	Estimados	Corto - Mediano																																						
Opinión de ejecutivos	Opiniones	Corto - Largo																																						
Administración, pdn, vta	Proyecciones	Mediano																																						
Analogía histórica	Comparaciones	Corto - Largo																																						
Delphi	Expertos consumidores	Mediano - Largo																																						
Empírico	+/- 96	Corto																																						
Promedios móviles	N reciente periodos	Corto																																						
Proyección tendencia	Línea exponencial	Mediana - Largo																																						
Descomposición	Tendencia, ciclo	Corto - Largo																																						
Box-Jenkins	Regresión estadística	Corto - Mediano																																						
Regresión y correlación	Mínimos cuadrados	Mediano - Largo																																						

HERRAMIENTAS LEAN	HERRAMIENTAS ING. INDUSTRIAL	IMPACTO	OBSERVACIONES	FORMULAS Y TECNICAS
<p>SISTEMAS DE TRABAJO FLEXIBLE</p>	<p>DISEÑO DE CELDAS, BOA, RPW, MANEJO DE MATERIALES, ALGORITMOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.</p>	<p>Obtener la eficiencia máxima de las operaciones.</p>	<p>Las herramientas de distribución de planta ayudan a tener menos pérdidas, esfuerzo humano, espacio para la producción, inversión en herramientas, inventario, y tiempo para desarrollar un nuevo producto. También permite tener un sistema de producción más flexible al cambio repentino de la demanda. Secuencias de decisiones necesarias para desarrollar un sistema: 1. Conjunto de objetivos estratégicos y presupuesto. 2. Capacidad del sistema. (Operaciones y campo de trabajo.) 3. Selección de máquinas y esquema de control estratégico. 4. Planear y seleccionar las partes basadas en capacidad y economía. 5. Concluir la distribución del espacio de trabajo. Para el diseño del área de trabajo se debe tener en cuenta el la cantidad de referencias que maneje la empresa.</p> <p>Los objetivos de la distribución de planta son encontrar aquel orden de los equipos y de las áreas de trabajo que sea más económica y eficiente, al mismo tiempo que sea segura y satisfactoria para el personal que ha de realizar el trabajo. En otras palabras sus objetivos son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Disminución de la congestión 2) Supresión de áreas ocupadas innecesariamente 3) Reducción de trabajo administrativo indirecto 4) Mejora de la supervisión y el control 5) Mayor facilidad de ajuste a los cambios y condiciones 6) Mayor y mejor utilización de la mano de obra, la maquinaria y los servicios 7) Reducción de las mantenuciones y del material en proceso 8) Disminución del riesgo para el material o su calidad 9) Disminución de retrasos y del tiempo de fabricación e incremento de la producción <p>El objetivo del balanceo de líneas es dar a cada operador una cantidad de trabajo lo mas parecido posible. Esto puede lograrse solo con el desglose de las tareas en los movimientos básicos que se requieren para hacer cada pieza de trabajo y reensamblar las tareas en labores con casi el mismo valor en cuanto a tiempo.</p> <p>El algoritmo de distribución de planta BOA (Algoritmo de Ordenamiento Bharo), es de gran ayuda en la manufactura celular. A partir de esta herramienta se puede determinar una agrupación natural de piezas y partes en celdas, permitiendo generar una reorganización eficiente de un sistema productivo.</p> <p>Este algoritmo no se enfoca en minimizar los intercambios de material entre las celdas generadas, lo cual podría en ciertas situaciones generar un arreglo en la que se presenten dichos movimientos que producirían una cantidad de costos ocultos en un sistema de manufactura real.</p> <p>El manejo de materiales es una parte integral de la distribución de la planta. Un cambio en el sistema de manejo de materiales modificará la distribución, y si esta cambia, el sistema de manejo se transformará.</p> <p>Para ayudar con el flujo de los materiales, los equipos ayudan en esta tarea, haciéndola menos monótona. Ayuda a reducir los costos de producción y mejora la calidad de vida en el trabajador. El manejo de materiales es responsable del 50% del costo total de las operaciones.</p> <p>Para el manejo de materiales es importante tener en cuenta algunos aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ¿Por qué se hace este movimiento? 2) ¿Qué se está moviendo? 3) ¿De donde y hacia donde se mueve el material? 4) ¿Cuándo necesita moverse? 5) ¿Cómo se llevará a cabo el movimiento? <p>También se debe conocer algunos principios como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Principio de planeación: planear el manejo de materiales y actividades de almacenamiento 2) Principio de los sistemas: Integrar las actividades de recepción, almacenamiento, producción, inspección, empaque, bodegas, envíos, transporte y atención al cliente. 3) Principio de flujo de materiales: Secuencia de operaciones y y distribución del equipo. 4) Principio de simplificación: Reducción, eliminación o combinación de movimientos. 5) Principio de gravedad: Utilizar la gravedad para mover el material 6) Principio de utilización de espacio: Hacer uso óptimo del espacio. 7) Principio del tamaño unitario: Incrementar la cantidad, el tamaño o el peso de las cargas unitarias o la tasa de flujo. 8) Principio de mecanización: Mecanizar las operaciones de manipulación. 9) Principio de automatización: Incluir funciones de producción, manejo y almacenamiento 10) Principio de selección del equipo: Considerar todos los aspectos del material. 11) Principio de estandarización: Estandarizar los métodos de manejo, tipos y tamaños del equipo. 	<p>PASOS DEL RPW</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Hallar el tiempo disponible 2) Hallar el ritmo de producción o takt time $Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ por\ semana}{Demanda\ por\ semana}$ 3) Identificar el tiempo total de trabajo (suma de los tiempos en que se demora realizar cada actividad para producir solo una unidad) 4) Halla el número mínimo de estaciones de trabajo $\# de\ estaciones = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{Takt\ time}$ 5) Realizar el gráfico de precedencias, 6) Calcular PW (peso posicional), que es la suma de los tiempos de una actividad y todos sus sucesores hasta el final del proyecto 7) Clasificar el PW de mayor a menor 8) Ubicar en las estaciones de trabajo las actividades según el orden del RPW. Las estaciones tienen un máximo de tiempo que es el takt time 9) Determinar el tiempo de ciclo del sistema (es el tiempo que más se demora una estación) 10) Determinar la capacidad real $Capacidad\ real = \frac{T\ disponible}{TC}$ <p>Este modelo no tiene en cuenta algunas restricciones de zonas.</p> <p>Algoritmo BOA</p> <p>para realizar este algoritmo se deben realizar los siguientes pasos:</p> <p>PASO 1- ORDENAR POR FILAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Asociar a la columna k el número decimal dado por 2 elevado a la n-k. b) Calcular para cada fila i el valor de la fila que estará dado por el producto escalar entre el vector fila i y el vector fila 2 elevado a la n-k. c) Ordenar las filas de forma descendente de acuerdo a los valores de filas calculados en el punto anterior. Si la matriz no cambia el algoritmo para y esta ya se encuentra ordenada, de lo contrario pasar al paso 2. <p>PASO 2 - ORDENAR POR COLUMNAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Asociar a la columna k el número decimal dado por 2 elevado a la n-k. b) Calcular para cada columna j el valor de la columna que estará dado por el producto escalar entre el vector columna j y el vector columna 2 elevado a la n-k. c) Ordenar las columnas de forma descendente de acuerdo a los valores de las columnas calculados en el punto anterior. Si la matriz no cambia el algoritmo para y esta ya se encuentra ordenada, de lo contrario pasar al paso 1. <p>PL Para asignación de trabajo: El objetivo es determinar como deben hacerse las n asignaciones para minimizar los costos totales.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) El número de asignados es igual al número de tareas. (este numero se denota por n) 2) Cada asignado se asigna a una tarea. 3) Cada tarea debe realizarla exactamente un asignado. 4) Existe un costo cij asociado con el asignado i (i = 1,2,...,n) que realiza la tarea j (j = 1,2,...,n). <p>$x_{ij} = 1$, si el asignado i realiza la asignación j $x_{ij} = 0$, en caso contrario</p> <p>F.O.</p> $Min\ Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; Para\ i = 1,2, \dots, n$ $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1; Para\ i = 1,2, \dots, n$ <p>El principio de optimalidad permite tomar la decisión de que celdas se van a agregar en el sistema.</p> $f_i(\rho) \begin{cases} s_i & \rho \geq p^1 \\ 0 & \rho < p^1 \end{cases}$ <p>para $2 \leq i \leq N$ $f_i(\rho) \begin{cases} \max_{s_i = a_i} [s_i X_i + f_{i-1}(\rho - p_i X_i)] & \rho \geq p^1 \\ f_{i-1}(\rho) & 0 < \rho < p^1 \end{cases}$</p> <p>La variable binaria nos permite conocer si es viable agregar una estación al sistema de manufactura flexible</p> <p>$P =$ tiempo productivo $p_i =$ tiempo por periodo $X = \begin{cases} 1 & \text{si la operación se asigna al sistema} \\ 0 & \text{si no se asigna al sistema} \end{cases}$ $i =$ operación $s =$ Ahorros por periodo</p> <p>F.O: maximizar $\sum_{i=1}^N s_i X_i$ Sujeto a: $\sum_{i=1}^N p_i X_i$</p>

HERRAMIENTAS LEAN	HERRAMIENTAS ING. INDUSTRIAL	IMPACTO	OBSERVACIONES	FORMULAS Y TECNICAS
JIT	SISTEMAS KANBAN, TEORÍA DE COLAS	Estandarización de contenedores. Permite enviar la cantidad determinada de trabajo. Proporciona un control adicional.	<p>La técnica de JIT implica utilizar mecanismo que permitan administrar los inventarios de forma que estos sean dependientes, eliminando la necesidad de planear el abastecimiento de insumos con base en un programa de producción. Es por eso que se relaciona con KAMBAN. Este sistema de comunicación permite mantener el flujo de información entre el cliente y producción, indicando cuando es necesario producir dado que conoce la demanda de los clientes.</p> <p>La teoría de colas tiene como objetivos determinar los niveles óptimos de servicios que las organizaciones deben brindar, de tal manera que se satisfaga adecuadamente la demanda de servicio de los clientes, y las organizaciones trabajen con los costos más bajos posibles de operación, sin que por ello se desmejore la calidad del servicio que prestan.</p> <p>El objetivo del sistema de colas es encontrar el sistema del costo total mínimo. Un sistema con un bajo costo de espera es una fuente importante de competitividad.</p>	<p>Los mecanismos KANBAN son diversos, los mas comunes son el uso de señales como las tarjetas o luminosas, pero existen otros, tales como Mensajes escritos y hablados.</p> <p>Pasos del Kanban</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) El usuario lleva un contenedor de partes o inventario junto con el kanban C correspondiente a su área de trabajo. Cuando no hay más partes o el contenedor esta vacío, el usuario regresará el contenedor vacío junto con el kanban C al área de producción. 2) En el área de producción siempre debe haber un contenedor lleno de partes junto con un kanban P. El usuario separa el kanban P del contenedor lleno de partes. A continuación, lleva el contenedor lleno de partes junto con el kanban C original hasta su área para utilizarlas inmediatamente. 3) El kanban P separado es regresado al área de producción junto con el contenedor vacío. El kanban P es una señal de que se debe producir nuevas piezas o de que deben colocarse nuevas piezas en el contenedor. Cuando se llena el contenedor, se sujeta el kanban P al contenedor. 4) Este proceso se repite durante el día laboral típico. <p>- Los kanban tiene dos propósitos: controlar el inventario y transmitir la información -Cada celda tiene una celda madre, y en cada celda el número de kanbans es una constante.</p> <p>Número total de kanban = $\frac{\text{Demanda media diaria} \times \text{plazo de fabricación} \times (1 + \text{coeficiente de seguridad})}{\text{Capacidad del contenedor}}$</p> <p>Plazo de fabricación= Tiempo de proceso + tiempo de espera + tiempo de transporte + tiempo de ir por el kanban</p> <p>Teoría de colas</p> <p>La teoría de busca encontrar el equilibrio entre el número de unidades que se encuentran en la línea de espera y la cantidad de servidores que satisfagan la demanda de servicio.</p> <p>Se debe tener en cuenta seis (6) características básicas para describir adecuadamente un sistema de colas:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Patrón de llegada de los clientes -λ- (exponencial o poisson) b) Patrón de servicio de los servidores c) Disciplina de la cola -μ- (PEPS o UEPS) d) Capacidad del sistema e) Número de canales de servicio f) Número de etapas del servicio <p>Para las empresas manufactureras, se consideran las mismas características pero refiriéndose a los clientes como unidades de un sistema productivo, los servidores como máquinas y las colas como la manera en que las unidades se ordenan al momento de llegar a las máquinas.</p> <p>También se debe conocer el tipo de sistema que esta compuesto tanto por los clientes, los servidores y Sean n tareas que han de ser procesadas en una máquina, todas ellas con una fecha de entrega común d. Para cada tarea i, el tiempo de proceso es P_i y las penalizaciones por periodo de adelanto o de retraso α_i y β_i respectivamente. No están permitidas interrupciones en las tareas, todas ellas están disponibles en el periodo cero y las máquinas están siempre disponibles. Si llamamos C_i al tiempo total de finalización de la tarea i podemos expresar la función objetivo como:</p> $\min \sum_{i=1}^n \alpha_i E_i + \beta_i T_i \text{ donde } E_i = \max\{d - C_i, 0\} \text{ y } T_i = \max\{C_i - d, 0\}$ <p>Cuando se trabaja con esta función objetivo hay que distinguir dos casos. En el caso no restrictivo la fecha de entrega es mayor o igual que la suma de todos los tiempos de proceso, por tanto no influye en la secuencia óptima de las tareas. En el caso contrario, el restrictivo, la fecha de entrega puede afectar a la secuencia óptima.</p> <p>la solución óptima tiene una tarea que acaba en la fecha de entrega: Este determina las tareas anteriores y posteriores a la fecha de entrega. Una vez clasificados en los dos grupos su posición relativa dentro de cada uno de ellos viene determinada por la propiedad 2 de la solución óptima.</p> $\min \sum_{i=1}^n \alpha_i b_i \sum_{j>i, n \in B} b_j p_j + \sum_{i=1}^n \beta_i a_i \sum_{j \leq i, n \in A} a_j p_j \quad (1)$ $s.t. \sum_{i=1}^n b_i p_i \leq d \quad (2)$ $a_i + b_i = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$ $a_i, b_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$ $b_i = \begin{cases} 1, & \text{si la tarea } i \text{ acaba en o antes de } d \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$ $a_i = \begin{cases} 1, & \text{si la tarea } i \text{ comienza en o después de } d \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$

HERRAMIENTAS LEAN	HERRAMIENTAS ING. INDUSTRIAL	IMPACTO	OBSERVACIONES	FORMULAS Y TECNICAS
VALUE STREAM MAPPING	DISEÑO DE PROCESOS, MÉTODO SIMPLEX	Mayor productividad, eficiencia y rentabilidad, reducción de lead time e inventario. Reducción de tiempos muertos, mayor valor agregado al producto, buena distribución de planta y procesos, maximiza la productividad.	Value stream mapping tiene como objetivo principal el resaltar oportunidades de mejoramiento mostrando los puntos en los que se desperdicia tiempo a través de la existencia de inventarios y demoras innecesarias. Al igual que el value stream mapping, el diseño de procesos, tiene como objetivo diseñar, poner en marcha, gestionar y mejorar los procesos productivos.	<p>Identificar las operaciones que agregan valor y eliminar las que no. D = Desplazamientos requeridos para hacer la operación.</p> $Y = \begin{cases} 1 & \text{Si el movimiento requerido para la operación} \\ 0 & \text{Si el movimiento no es requerido} \end{cases}$ <p>F.O= Minimizar el tiempo de las operaciones que agregan valor</p> $\text{Minimizar } \sum_{i=1}^N p_i * D$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{i=1}^N p_i * Y$

ⁱ Es una herramienta utilizada para la ejecución de planificación, consiste en la construcción de una hoja de cálculo (hoja de cálculo 5W2H) en el que se busca responder 7 preguntas, cuyas palabras en Inglés, se inician con W y H: ¿Qué (**W**hat), ¿Por qué (**W**hy), ¿Cuándo (**W**hen) ¿Dónde (**W**here) ¿Quién (**W**ho), ¿Cómo (**H**ow) y ¿Cuánto (**H**ow much).