DISEÑO DE UN MODELO DE FLEXIBILIZACIÓN DE MANUFACTURA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE GALLETAS CRACKERS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Realizado por:
JENNY MARCELA VILLA PARRA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS
MEDELLÍN
2013

DISEÑO DE UN MODELO DE FLEXIBILIZACIÓN DE MANUFACTURA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE GALLETAS CRACKERS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Realizado por:
JENNY MARCELA VILLA PARRA

Trabajo final para obtener el título de
Magister en Ingeniería Administrativa

Director:
Martin Darío Arango Serna, PhD
Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS
MEDELLÍN
2013

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del Jurado

_____

Firma del Jurado

_____

Firma del Jurado

Medellín, Diciembre de 2013

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 11
2. ESTADO DEL ARTE 14
2.1 Definición de flexibilidad de manufactura 14
2.2 Clasificación de la flexibilidad de manufactura 17
2.2.1 Clasificación Horizontal de la flexibilidad 18
2.2.2 Clasificación Vertical de la flexibilidad 19
2.2.3 Clasificación Temporal de la flexibilidad 20
2.2.4 Clasificación de la flexibilidad por el objeto de variación 20
2.2.5 Clasificación de la flexibilidad de acuerdo con más de una variable (mezcla de clasificación) 21
2.3 Lean manufacturing 22
2.3.1 Antecedentes Históricos 22
2.3.2 Definición de Lean Manufacturing 23
2.3.3 Principios del Lean Manufacturing 25
2.3.3.1 Valor 25
2.3.3.2 Flujo de Valor 25
2.3.3.3 Flujo de Actividades 26
2.3.3.4 Ejecución de los procesos en modo pull 26
2.3.3.5 Perfección (Mejoramiento Continuo Kaizen) 26
2.3.4 Los 7 + 1 Desperdicios clásicos 27
2.3.4.1 Desperdicio por exceso de producción o sobreproducción 28
2.3.4.2 Desperdicio por sobre procesamiento o proceso inadecuado 28
2.3.4.3 Desperdicio por al exceso de inventario 29
2.3.4.4 Desperdicio debido a transportes y manipulación innecesarios 30
2.3.4.5 Desperdicio por movimientos innecesarios 31
2.3.4.6 Desperdicio debido a tiempos de espera 31
2.3.4.7 Desperdicio por falta de calidad 32
2.3.4.8 Desperdicio por talento humano 32
2.3.5 Herramientas de Lean Manufacturing 33
2.3.5.1 Value Stream Mapping VSM (Mapeo de la Cadena de Valor) 34

2.3.5.2 5'S 36
2.3.5.3 Control Visual 37
2.3.5.4 Kaizen 38
2.3.5.5 TPM Mantenimiento Productivo Total 38
2.3.5.6 Manufactura Celular 39
2.3.5.7 SMED Cambios Rápidos 40
2.3.5.8 AMEF 41
2.3.5.9 Poka Yoke 41
2.3.5.10 8 D´s Solución de Problemas 41
2.3.5.11 Six Sigma 42
2.3.5.12 Kanban 42
2.3.5.13 Heijunka 43
2.3.5.14 Trabajo Estándar 43
3. METODOLOGÍA 44
3.1 Selección del tipo de Flexibilidad de Manufactura 44
3.1.1 Valoración del Impacto 44
3.1.2 Valoración de la Facilidad 47
3.1.3 Matriz Impacto – Facilidad 48
3.2 Selección de la/las Herramientas de Lean Manufacturing para el Tipo de Flexibilidad seleccionado 49
4. APLICACIÓN DEL MODELO EN PLANTA PILOTO DE GALLETAS CRACKERS 51
4.1 Selección del Tipo de Flexibilidad de Manufactura 51
4.1.1 Valoración del Impacto 52
4.1.2 Valoración de la Facilidad 55
4.1.3 Matriz Impacto – Facilidad 58
4.2 Selección de la/las Herramientas de Lean Manufacturing para el Tipo de Flexibilidad seleccionado 59
4.2.1 Implementación de la herramienta sugerida por el modelo (SMED) 60
4.2.1.1 Etapa preliminar 60
4.2.1.2 Etapa de Implementación 61
4.2.1.2.1 Identificar las actividades del Set up 61

4.2.1.2.2 Analizar las actividades del Set up 63
4.2.1.2.3 Mejorar las actividades del Set up interno 65
4.2.1.2.4 Mejorar las actividades del Set up externo..... 65
4.2.1.2.5 Ejecutar operaciones simultáneamente 66
4.2.1.2.6 Revisar todas las actividades anteriores y mejorarlas..... 66
4.2.1.2.7 Documentar y estandarizar..... 66
4.2.1.2.8 Aplicar Kaizen..... 69
4.2.1.3 Evaluación de Resultados..... 69
5. CONCLUSIONES 71
6. GLOSARIO..... 72
7. REFERENCIAS 75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de flexibilidad interna y externa. 19
Figura 2. Principios básicos del Lean Manufacturing..... 25
Figura 3. El nivel de stocks cubre las ineficiencias de los procesos como el agua los obstáculos para la navegación..... 30
Figura 4. Algunos ejemplos de los siete tipos de Desperdicios 33
Figura 5. Utilidad de un mapa de valor..... 35
Figura 6. Matriz de herramientas por complejidad..... 50
Figura 7. Herramientas de Lean Manufacturing sugeridas en el modelo 59
Figura 8. Evolución del Setup en el ejercicio piloto..... 69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de flexibilidad. 17
Tabla 2. Matriz de interacción de criterios. 45
Tabla 3. Valoración de impacto 47
Tabla 4. Selección del tipo de flexibilidad por impacto 47
Tabla 5. Valoración de la facilidad 48
Tabla 6. Selección del tipo de flexibilidad por facilidad 48
Tabla 7. Matriz de impacto-facilidad 49
Tabla 8. Escalas de valoración 50
Tabla 9. Matriz de interacción aplicada al piloto. 51
Tabla 10. Ponderación de criterios 52
Tabla 11. Evaluación de impacto: Experto 1 (Director de Manufactura) 52
Tabla 12. Evaluación de impacto: Experto 2 (Jefe de Mantenimiento) 53
Tabla 13. Evaluación de impacto: Experto 3 (Analista de Información de Manufactura) 53
Tabla 14. Evaluación de impacto: Experto 4 (Coordinador de Producción) 54
Tabla 15. Evaluación de impacto: Experto 5 (Coordinador de Productividad) 54
Tabla 16. Selección del tipo de flexibilidad por impacto 55
Tabla 17. Evaluación de facilidad: Experto 1 (Director de Manufactura) 55
Tabla 18. Evaluación de facilidad: Experto 2 (Jefe de Mantenimiento) 56
Tabla 19. Evaluación de facilidad: Experto 3 (Analista de Información de Manufactura) 56
Tabla 20. Evaluación de facilidad: Experto 4 (Coordinador de Producción) 57
Tabla 21. Evaluación de facilidad: Experto 5 (Coordinador de Productividad) 57
Tabla 22. Selección del tipo de flexibilidad por facilidad. 58
Tabla 23. Matriz impacto facilidad y selección del tipo de Flexibilidad. 59
Tabla 24. Identificación del Setup 61
Tabla 25. Registro del Setup 62
Tabla 26. Análisis del Setup 64
Tabla 27. Resumen Análisis del Setup 65
Tabla 28. Resumen actividades internas del Setup 65
Tabla 29. Resumen actividades externas del Setup 66
Tabla 30. Plan de acción. 67
Tabla 31. Estándar provisional del Setup 68

RESUMEN

En la actualidad las empresas requieren desarrollar y mejorar su competitividad a través del mejoramiento y optimización de sus condiciones de una manera tal que les permita competir con mayores probabilidades de éxito en el mercado y cubrir adecuadamente las necesidades de unos clientes que cada vez son más exigentes y solicitan una mayor personalización en los productos y servicios que adquieren; para esto, deben prepararse y adecuar sus procesos de tal manera que puedan responder a estos requerimientos sin afectar la rentabilidad del negocio ni incurrir en grandes desperdicios.

La flexibilidad de manufactura es una de las principales oportunidades a desarrollar en las empresas, sin embargo, al no tenerse una buena claridad de los tipos a los que se pueden enfrentar, ni las adecuadas herramientas, los resultados esperados no se ven tan claros. Para esto, se desarrolla un modelo que permite realizar este proceso de selección de cara a unos criterios preestablecidos que se combinan con una sugerencia de herramientas de Lean Manufacturing a implementar de tal modo que se logren los objetivos de mejoramiento tales como tiempos de reacción más cortos, mejor atención de servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos.

Palabras claves: Flexibilidad, Mejora continua, Lean Manufacturing

ABSTRACT

Today companies need to develop and improve their competitiveness through the improvement and optimization of conditions in a manner that allows them to compete with higher chances of succeeding in the market and adequately meet the needs of clients who are increasingly demanding and asking for more customization in the products and services they buy, and for this , they must prepare and adapt their processes so that they can meet these requirements without affecting the profitability of the business or incurring large waste .

The manufacturing flexibility is a major opportunity to develop businesses, however, without a good clarity of the types to be faced , nor the right tools , the expected results are not so clear. For this, a model is developed that allows this selection process with predetermined criteria that are combined with a suggestion of Lean Manufacturing tools to implement so that achieving objectives such as shorter reaction times, better attention to customer service , better quality and lower costs.

Key Words: Flexibility, Continuous improvement, Lean Manufacturing

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo natural, las especies pueden ser conducidas a la extinción cuando son incapaces de adaptarse con suficiente rapidez al entorno cambiante, esto puede tomar milenos o puede ocurrir en unos pocos años. Las empresas deben adaptarse rápidamente, ya que no cuentan con miles de años de evolución, esto implica que la adaptación debería ajustarse a las exigencias del entorno, pero debe ser más que una adaptación exitosa. A menudo, las especies más recursivas y con mayor inventiva sobreviven y es su capacidad de innovación que les permite a las especies adaptarse y prosperar, de la misma manera que las organizaciones deben hacerlo en el entorno cambiante en el cual operan (Patterson 2008).

Las organizaciones modernas deben hacer frente a entornos empresariales cada vez más dinámicos que los clientes esperan de estas para responder más rápidamente a las necesidades cambiantes, así como los cambios imprevistos derivados de las presiones competitivas (Patterson 2008). En un entorno de libre competencia, en el que el consumidor puede elegir el producto o servicio que más le convenga, dónde la diferenciación entre productos es difícil y donde las ventajas competitivas pueden ser copiadas (especialmente las tangibles, las intangibles – marca, imagen, etc.-), la competitividad y la satisfacción del cliente son los ideales que rigen las acciones empresariales, lo cual exige cubrir debidamente todos sus requerimientos (O´Gayar):

- Calidad
- Costo
- Rapidez de respuesta
- Variedad de productos o servicios
- Flexibilidad.

Se presenta un mercado con ciclos de vida de los productos cada vez más cortos, por lo tanto, la competencia por los recursos y la participación en el mercado es crítica y las organizaciones deben aprovechar sus capacidades operacionales; mejorar sus márgenes de beneficio, disminuir sus niveles de inventario en definitiva, encontrar mejores formas de responder a estos retos (Patterson 2008).

Lograr condiciones que permitan competir con mayores oportunidades de éxito exige a las empresas desarrollar ventajas competitivas en su forma de operar, con una gran flexibilidad para adaptarse a las evoluciones del mercado que se traducirá en unos niveles óptimos de satisfacción del cliente y una mejora de la eficiencia productiva que aportará mayor competitividad y beneficio económico a la organización (Cuatrecasas 2010).
Para que las empresas puedan responder de una forma acertada a los requerimientos de los clientes y consumidores, que cada vez deben ser más exigentes y solicitar mayor personalización en los productos y/o servicios que adquieren, y que esto no implique el incremento de sus desperdicios ni disminución de su rentabilidad, por ello, las empresas

deben adecuar sus procesos de una forma óptima, disponiendo sus recursos de una manera que implique la mejor respuesta al mejor costo.

Actualmente se presentan herramientas de gestión de manufactura que ayudan a las empresas a mejorar sus tiempos de respuesta, pero la falta de condiciones iniciales y conocimiento de la situación actual impiden llegar a los mejores resultados, impactando directamente las relaciones con los clientes.

Las empresas están abordando este tipo de presiones competitivas a través de una variedad de programas de mejora de la participación de la flexibilidad de fabricación, tales como el just-in-time, técnicas de personalización masiva (mass customization tecniques), los métodos basados en el tiempo de la competencia, y la manufactura ágil o Lean Manufacturing.

Da Silveira (2006) retoma el trabajo de Collins y Schmenner (1993) quienes proponen que el rendimiento de la flexibilidad puede ser mejorada con programas de fabricación diseñados para mejorar la simplicidad y la disciplina, identificando las técnicas de Lean Manufacturing y la reducción de residuos como los programas para aumentarlas en la industria manufacturera. La necesidad de flexibilidad en la capacidad de respuesta se produjo en peticiones, tales como cambios en las características del producto, cambios de forma rápida en el desarrollo de nuevos productos, la entrega de pequeños volúmenes de productos entre otros; se indicó que tales competencias de flexibilidad se pueden lograr a través la construcción de la simplicidad y la disciplina en las operaciones, donde la simplicidad se refiere a las iniciativas de modularización de productos, menor pérdida de movimiento, reducción de inventarios, mejora de la información, el intercambio con los proveedores, una mayor visibilidad de las poblaciones y los flujos de materiales y las iniciativas de disciplina que incluyen mantenimiento preventivo, el desarrollo y el lugar de trabajo servicio de limpieza, mejora continua, y la comprobación de calidad (Da Silveira 2006); todos estos, elementos del modelo de Gestión de Lean Manufacturing.

Se busca presentar soluciones a diversos problemas que han contribuido a que no se obtengan los resultados esperados en el ámbito de la flexibilización y por ende no se logre desarrollar el concepto de empresas flexibles; para ello se pretende trabajar sobre las herramientas que ofrecen los modelos de gestión de manufactura y que lleven a optimizar las operaciones de forma que se puedan obtener tiempos de reacción más cortos, mejor atención de servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos, a través de la utilización de conceptos de Lean Manufacturing.

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una herramienta que le permita a las empresas dados unos criterios de evaluación, determinar el tipo de flexibilidad que más le aplica de cara a su proceso productivo, que para este caso es la elaboración de galletas crackers; y a partir del tipo de flexibilidad obtenido y de acuerdo con unos niveles de complejidad, sugerir la/las herramientas de Lean Manufacturing que contribuyen a obtener mejores resultados.

El trabajo se desarrolla en 3 capítulos a saber: Capítulo 2 Estado del Arte, en el cual se presenta una recopilación literaria de lo que es Flexibilidad de Manufactura y algunos de los principales tipos de Flexibilidad de manufactura, definición y metodología de Lean Manufacturing y sus principales herramientas. El Capítulo 3 consiste en definir la metodología del diseño de la herramienta de selección del tipo de Flexibilidad de Manufactura a trabajar así como las herramientas de Lean Manufacturing sugeridas para trabajar y por último el Capítulo 4 es la aplicación del modelo de Flexibilidad de Manufactura en una planta piloto de fabricación de galletas crackers, el cual se complementa con la aplicación de una de las herramientas sugeridas en el modelo. El Capítulo 5 presenta unas conclusiones generales tanto del diseño del modelo como de su aplicación en la planta piloto y se finaliza con un glosario de términos importantes para lograr un completo entendimiento de los temas expuestos.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Definición de flexibilidad de manufactura

La literatura científica y académica en el ámbito industrial define la flexibilidad como la capacidad de un sistema para hacer frente eficazmente a una amplia gama de cambios en el ambiente así como a las variaciones internas, sin deteriorar el sistema en términos de costo, calidad, tiempos de entrega; lo que es sin duda, una virtud deseable que en estos tiempos los sistemas de manufactura lo permitan, dada la fuerte competencia global, los grandes cambios y la personalización. (Viswanadham and Srinivasa 1997).

La manufactura juega un papel importante en las organizaciones en el sentido de que deben poseer la capacidad de responder a las diversas necesidades del cliente mediante la entrega de productos deseados en el tiempo oportuno. En general se acepta el desarrollo de la flexibilidad con la función de manufactura a lo largo de toda la organización como la mejor preparación para responder a las necesidades de los clientes altamente cambiantes (Vokurka and O'Leary-Kelly 2000).

Desde Hayes y Wheelwright (1984), se abogó por la flexibilidad de producción como uno de los aspectos principales de la estrategia competitiva de la empresa, en adelante ha habido un crecimiento sustancial en la cantidad de investigación sobre este tema. Aunque se ha presentado un gran progreso hacia la mejora de los conocimientos relativos a la flexibilidad de fabricación, un examen detallado de estudios revelan la naturaleza fragmentada del cuerpo general de la literatura (Vokurka and O'Leary-Kelly 2000).

Los primeros artículos académicos en Flexibilidad de Manufactura son inicialmente de carácter descriptivos, donde los autores se centran en describir la flexibilidad con base en el entorno en que se encuentran, tratando de entender sus efectos en el desempeño. La flexibilidad es conocida como una característica deseable de las organizaciones y los investigadores han documentado las características de las organizaciones flexibles mediante la observación y entrevistas a quienes la implementan. El conocimiento es utilizado para refinar los componentes de manufactura. Algunas medidas se basan en el entendimiento del concepto por parte del investigador y otras se basan en mediciones realizadas en las organizaciones, y aunque existen diferencias entre los componentes propuestos en cada estudio, existen en las listas propuestas comunes de componentes flexibilidad de fabricación (Patterson 2008).

Los problemas identificados en los años 80 del siglo XX, para las organizaciones que se esfuerzan por aumentar la flexibilidad de fabricación, la proliferación de listas que identifican la fabricación de componentes de flexibilidad, definiciones de componentes superpuestos, y numerosas relaciones propuestas entre los componentes. El número de etiquetas y definiciones de los componentes de la flexibilidad de producción sigue aumentando. Swamidass (1988) identificó 20 diferentes términos, Sethi y Sethi (1990)

identificó al menos 50, y Shewchuk y Moodie (1998) encontró 70 en la literatura existente. Muchos de los componentes tienen definiciones similares, mientras que algunos estudios utilizan el nombre del componente mismo pero con una definición totalmente diferente (Patterson 2008).

El concepto de flexibilidad en la producción genera controversia académica, debido a la diversidad de definiciones para las características que podrían ser más flexibles en un sistema de fabricación. Por ejemplo, los investigadores han utilizado los términos dimensiones, componentes, flexibilidades, elementos, componentes, parámetros, tipos, aspectos y niveles para describir los componentes de la flexibilidad de fabricación, y es necesario definir algunos términos como tipos y medidas de flexibilidad que a menudo se utilizan con poca precisión y de manera intercambiable. Correa (1994) señala que la falta de estandarización en los asuntos de terminología sobre la flexibilidad en la literatura hace que sea difícil comparar clasificaciones de diferentes autores.
Lo mencionado anteriormente, es el resultado de tres deficiencias básicas con respecto a los intentos de desarrollar términos de flexibilidad de manufactura.

- La primera es que han sido términos basados en diferentes perspectivas de lo que constituye un sistema de fabricación y su entorno,
- la segunda es que, en la definición de los tipos de flexibilidad y medidas, los investigadores han tenido diferentes ideas sobre la información requerida y el correspondiente nivel de detalle necesario para especificar la información ya disponible
- y por último, no hay un mecanismo formal para la articulación de las definiciones de los tipos y las medidas de flexibilidad existentes. Los términos frecuentemente son incompletos, inexactos e insuficientes en su nivel de detalle para ser entendidos claramente.

Los primeros artículos en flexibilidad se centran en describir el concepto y sus componentes (Adler, 1988; Browne et al., 1984; Sethi & Sethi, 1990; Slack, 1983; Swamidass, 1988), mientras que las primeras investigaciones en campo se centran en la observación de la componentes en entornos reales de producción y evaluar la flexibilidad de producción para determinar qué características hacen que los sistemas de fabricación sean flexibles (Cox, 1989; Slack, 1987) (Patterson 2008) .
Varios autores han investigado las características de los componentes de flexibilidad en un sistema de manufactura, como la flexibilidad del trabajo (Dahlen, Ericsson, & Fujii, 1995), o flexibilidad en el manejo de materiales (Witt, 1996). Otros investigadores, como Upton (1994, 1995, 1997), han ampliado el alcance de sus estudios más allá de la flexibilidad de fabricación para incluir las cuestiones relacionadas con la infraestructura de la organización o la implementación exitosa de la flexibilidad de manufactura (Patterson 2008).

“Las definiciones de flexibilidad de manufactura encontradas en la literatura o que directamente se refieren al contexto de las empresas, se derivan de las definiciones generales de flexibilidad nacidas en otras disciplinas (como la biología evolutiva, la antropología, etc.); sin embargo, todavía no hay un consenso sobre lo que significa flexibilidad de manufactura. Algunos sugieren que se trata de una respuesta de la organización a un entorno dinámico (Beach, Mühlemann, Precio, Paterson, y Sharp, 2000; Gerwin, 1993; Hyun Ahn, 1992), otros sugieren que es una adaptación a corto plazo y largo plazo (Slack, 1987) que es a la vez una capacidad real de fabricación percibida (Slack, 1983; Watts, Hahn, & Sohn, 1993), algunos lo definen como la capacidad general del sistema de fabricación para ser flexible (Adler, 1988; Buzacott, 1984; Hayes y Wheelwright, 1984; Jack & Collins, 2006; Swamidass, 1988). En gran parte de la literatura en la década de 1980, se refiere casi exclusivamente a los sistemas de fabricación totalmente automatizados (es decir FMS). Los primeros escritos de Buzacott (1982), Browne et al. (1984), y Sethi y Sethi (1990) estudiaron FMS automatizado que podría fabricar una variedad de productos con los cambios de fáciles y posiblemente podría funcionar sin atención. La tecnología de la nueva era y las organizaciones estaban tratando de tomar decisiones de inversión sobre el tipo de tecnología automatizada de fabricación para instalar a reducir los costos laborales” (Patterson 2008).

La flexibilidad es una de las propiedades más codiciadas en los sistemas de fabricación y normalmente se considera como una respuesta adaptativa a la incertidumbre del entorno (Gupta y Goyal 1989) desde el punto de vista de los investigadores; y como la adaptación a las necesidades cambiantes de los clientes desde el punto de vista de los administradores (Gerwin 1993), así como la disminución de la variabilidad de productos y procesos.

Las necesidades del mercado han estado influidas por lo que los clientes han llegado a esperar de una industria en particular (Hayes y Abernathy 1980 von Hippel, 1988), pero a su vez, una empresa puede animar a los clientes a ver los beneficios de los plazos de entrega más cortos o introducción de nuevos productos más frecuentes y proporcionar estos altos niveles de servicio a través de la flexibilidad de fabricación superior, generando más incertidumbre entre sus competidores y estableciendo una poderosa ventaja competitiva (Patterson 2008).

El aumento de la flexibilidad de fabricación permite a las organizaciones obtener mejores resultados en un entorno dinámico. Anticiparse a los cambios del entorno permite a la empresa ser proactivo y flexible, en lugar de reactiva y defensiva cuando se produce uno. La capacidad de diseñar nuevos productos rentables y adaptar los productos existentes puede crear oportunidades para la organización a buscar nichos de mercado y crear incertidumbre en el entorno para los competidores. A través de la innovación puede influir en lo que al medio ambiente exige, creando de nuevo la presión ambiental y el cambio inesperado para los competidores (Patterson 2008).

Algunas definiciones dadas por algunos autores que han escrito sobre la flexibilidad de manufactura se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 1. Definiciones de flexibilidad.

Definición	**Referencia**
Capacidad de responder efectivamente a las circunstancias cambiantes	Gerwin (1987)
La rapidez y la facilidad con la que las plantas pueden responder a cambios en las condiciones del mercado	Cox (1989)
La capacidad de adaptación de un sistema para una amplia gama de posibles entornos que se puede encontrar	Sethi and Sethi (1990)
La capacidad de un sistema de fabricación para generar ingresos netos altos coherente en todos los estados posibles de la naturaleza en la que puede ser llamado a funcionar	Ramesesh and Maliyakal (1991)
La capacidad para hacer frente a circunstancias cambiantes o inestabilidad causada por el medio ambiente	Gupta and Somers (1992)
La capacidad del sistema para adaptarse rápidamente a cualquier cambio en los factores relevantes como el producto, el proceso, las cargas, y fallos de la máquina	Nagarur (1992)
Una respuesta a la incertidumbre externa	Newman et al. (1993)
La capacidad de un sistema de fabricación para cambiar los estados en un rango creciente de volumen y / o variedad, mientras que se adhiere a estrictas métricas de tiempo y coste.	Upton (1994, 1995b)
La capacidad de responder rápidamente a las cambiantes necesidades de los clientes a un precio razonable	Small and Chen (1997)
La capacidad de una organización para pasar de una tarea a otra con rapidez y en forma rutinaria	Vokurka and Fliedner (1998)
La capacidad de la organización para cumplir con una variedad creciente de las expectativas del cliente y sin costes excesivos, el tiempo, las interrupciones de organización, pérdidas o rendimiento	Zhang et al. (2003)
Una capacidad genérica para adaptarse a las influencias internas y / o externas	Holweg (2005)

Fuente: (Santos and Hanna 2009).

2.2 Clasificación de la flexibilidad de manufactura

Un tipo de flexibilidad consiste en un nombre y una definición verbal, por ejemplo, la flexibilidad de enrutamiento, que se define como "la facilidad con la que los productos pueden ser procesados con máquinas o equipos alternos." Y una medida de flexibilidad es una fórmula, algoritmo, metodología, o similares, para la generación de un valor para un tipo dado flexibilidad en unas condiciones dadas, por ejemplo, una medida de la

flexibilidad de enrutamiento podría ser la cantidad media de las rutas alternativas posibles de la máquina para el conjunto de los productos considerados; dada la flexibilidad en el tipo, múltiples medidas son posibles (Shewchuk and Moodie 1998).

La literatura indica que a menudo la mayoría de las flexibilidades se definen en términos de un tipo solamente, los tipos y medidas correspondientes se encuentran con mucha menos frecuencia (Shewchuk and Moodie 1998).

La flexibilidad de manufactura integra varios componentes que una organización puede utilizar para dar una mejor respuesta a las necesidades de los clientes o a los objetivos organizacionales, es el rango de los posibles cambios y facilidad de respuesta en términos de costo y / o tiempo, y se prevé como un medio para mejorar la disponibilidad del producto, fiabilidad en el suministro, y la productividad (Slack 1987).

Algunas condiciones determinantes en la necesidad de la flexibilidad son:

- La variabilidad de la demanda.
- Tiempos cortos de ciclo de los productos y las tecnologías.
- Amplia gama de productos.
- Incremento en la necesidad de elaborar productos más ajustados a los requerimientos del mercado.
- Tiempos cortos de entrega.

La flexibilidad ha sido clasificada de diferentes maneras que los autores agrupan de acuerdo con diferentes lógicas: (1) Horizontal o por fases, (2) vertical o jerárquica, (3) temporal, (4) de acuerdo con el objeto de variación (volumen, mezcla, características del producto o del proceso de manufactura, etc.), (5) mezclada o según otras variables diferentes, que confirman la amplitud de los conceptos. “La flexibilidad es un concepto complejo, multidimensional y difícil de capturar” (Sheti and Sheti 1990). A continuación la ampliación de esta clasificación (De Toni and Tonchia 1998):

2.2.1 Clasificación Horizontal de la flexibilidad

La clasificación horizontal de la flexibilidad está dirigida a limitar el análisis (Harrison 1993). Hace referencia a unas estaciones sencillas de manufactura y a las fases que constituyen la cadena de valor (Porter 1985), que incluye aguas arriba el diseño y la compra y aguas abajo la distribución y el servicio al cliente.

En la figura 1 se puede distinguir entre flexibilidad interna y externa (Linch and Cross 1999).

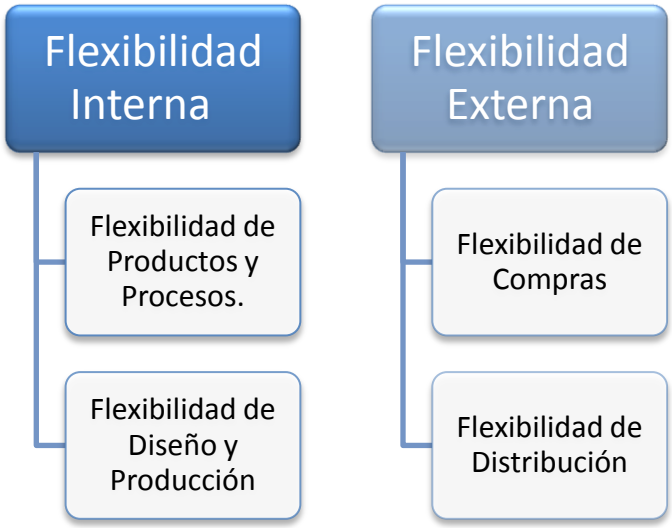

Figura 1. Clasificación de flexibilidad interna y externa. (Elaboración propia)

2.2.2 Clasificación Vertical de la flexibilidad

La clasificación vertical (o jerárquica) de la flexibilidad tiene que ver con el grado de detalle del objeto analizado, es decir, la flexibilidad puede ser estimada en relación con un solo recurso del sistema (micro nivel) o al sistema completo (macro nivel) (De Toni and Tonchia 1998).

(Gerwin 1987) Describe 4 niveles en los cuales debería ser analizada y medida la flexibilidad:

- Nivel de máquina y planta
- Nivel de función de producción y departamento de trabajo
- Nivel de producto (o línea de producto)
- Nivel global de la organización (extendiendo el concepto a otras funciones como compras, distribución, diseño, mantenimiento, entre otras)

(Gupta 1993) Se centra su trabajo en las denominadas células de manufactura y en la clasificación de la incertidumbre en niveles jerárquicos en base a la magnitud y el alcance de los cambios:

- Maquina: la flexibilidad de la máquina como la capacidad de procesar una variedad de partes efectivamente
- Células: la construcción de bloques de células de mecanizado (empleados, máquinas, equipos, dispositivos de movimiento intra-celulares, y la célula controladora)

- Planta: las medidas de flexibilidad en esta estación incluye la determinación de hacer frente a los costos de la incertidumbre
- Corporativo

2.2.3 Clasificación Temporal de la flexibilidad

La primera clasificación completa de flexibilidad en sentido temporal fue dada por Merchant (1983), que hace una distinción entre (De Toni and Tonchia 1998):

- Flexibilidad instantánea: la capacidad para seleccionar inmediatamente el centro de trabajo más adecuado para llevar a cabo las operaciones requeridas por el ciclo de trabajo en una parte determinada.

- Flexibilidad en muy corto plazo: la capacidad de modificar la secuencia y la mezcla de las partes producidas.

- Flexibilidad en el corto plazo: la capacidad de modificar ciertas especificaciones de diseño de las partes de los productos.

- Flexibilidad del corto al mediano plazo: la capacidad del sistema de trabajar con los niveles máximos de productividad cuando los volúmenes son variables.

- Flexibilidad en mediano plazo: la posibilidad de agregar o eliminar partes de la mezcla que ha sido producida.

- Flexibilidad del mediano al largo plazo: la posibilidad de modificar la capacidad de manufactura agregando o eliminando centros de trabajo.

- Flexibilidad en el largo plazo: la posibilidad de adaptar el sistema a nuevos tipos de productos o mezcla de componentes.

2.2.4 Clasificación de la flexibilidad por el objeto de variación

La clasificación de flexibilidad por el objeto de variación es considerada la más común encontrada en la literatura. Gerwin (1993) fue el primero en mencionar las dimensiones de la flexibilidad de una forma más específica y relacionado a los diferentes tipos de incertidumbres del mercado que la causan. Estos tipos de flexibilidad son (De Toni and Tonchia 1998):

- Relativa a los materiales: la cual puede ser definida como la capacidad de hacer frente a las variaciones inesperadas de las entradas y se mide a través de las tolerancias y variaciones máximas toleradas en las propiedades físicas y químicas de los materiales.

- Relativa al volumen: la cual puede ser definida como la capacidad de hacer frente a las variaciones en la demanda agregada y se mide a través de la proporción entre la variación media del volumen del producto y la capacidad máxima del producto.

- Relativo a los productos: se define como la capacidad de conocer las demandas del mercado en términos de especificaciones de producto y se mide por el número de cambios en el diseño del producto en un periodo de tiempo o por la proporción de la inversión necesaria para modificar la producción existente y el nivel global de inversión en la planta.

- Relativo a la mezcla: define como la capacidad de conocer los requerimientos del mercado en términos de variedad de productos suministrados en un periodo de tiempo y se mide por la amplitud de la gama

- Relativo al Change-over: la cual tiene en cuenta la capacidad de variar en el tiempo la mezcla de productos en relación con el ciclo de vida de productos individuales (mientras que la flexibilidad de la mezcla es la capacidad de un proceso de fabricación para producir un número de diferentes productos en el mismo tiempo, la flexibilidad del change-over es la capacidad de un proceso para hacer frente a adiciones o sustracciones a la mezcla en el tiempo)

- Relativo al ciclo estándar

2.2.5 Clasificación de la flexibilidad de acuerdo con más de una variable (mezcla de clasificación)

Como se ha mencionado, aunque las clasificaciones de flexibilidad de acuerdo con una variable (fase, nivel de análisis, horizonte de tiempo, o el objeto de la variación) son más comunes en la literatura, algunas mezclas han sido adoptadas, donde las más comunes consideran el objeto de variación y el tiempo o el objeto de variación y el nivel de análisis.
A continuación se hace una distinción entre la flexibilidad en el corto, mediano y largo plazo (De Toni and Tonchia 1998):

- Flexibilidad en el corto – mediano plazo
    - Flexibilidad de máquinas
    - Flexibilidad de procesos
    - Flexibilidad de transferencia
    - Flexibilidad de routeing
    - Flexibilidad de la operación
    - Flexibilidad de volumen

- Flexibilidad en el largo plazo
    - Flexibilidad de producto

- Flexibilidad de producción
- Flexibilidad de expansión

2.3 Lean Manufacturing

2.3.1 Antecedentes Históricos

El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX se contagió a todos los sectores de la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil, que encontró en el Fordismo y el Taylorismo su máxima expresión, pero que dejó de ser viable, porque no sólo significa la producción de grandes objetos sino todo un sistema de tecnologías, de mercados, economías de escala y reglas rígidas que colisionan con la idea de flexibilidad que se impone en la actualidad (Rajadell Carreras and Sánchez García 2010).

En 1929, Estados Unidos sufrió una crisis de sobreproducción, manifestada en un subconsumo de masas frente a la capacidad productiva real de la sociedad, lo que hizo necesaria la implementación de ajustes que dieron paso al establecimiento del Fordismo, que lograba generar un mercado para la gran producción acumulada.

Después de la Segunda Guerra Mundial se produjo una gran expansión de las organizaciones de producción en masa, en parte alentada por la política exterior norteamericana, que respondía a criterios puramente economicistas de aumento de la demanda agregada y la estabilidad de sus mercados. Esto generó gigantescas y rígidas estructuras burocráticas; sin embargo, a fines de los años 60 del siglo pasado el modelo empezó a erosionarse, la productividad disminuyó y el capital fijo per cápita empezó a crecer, lo que entrañó una disminución de los niveles de rentabilidad. El modelo llegaba a su límite y era necesaria una adaptación y es cuando nace el Toyotismo. A finales de 1949, un colapso de las ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En la primavera de 1950, un joven ingeniero japonés, Eiji Toyoda, realizó un viaje de tres meses de duración a la planta Rouge de Ford, en Detroit, y se dio cuenta de que el principal problema de un sistema de producción son los despilfarros; además, que el sistema de producción en masa era un sistema difícilmente aplicable en Japón en aquellos tiempos ya que el mercado japonés era bastante pequeño y exigía una amplia gama de coches, las leyes laborales en ambos países variaban, y el capital para la compra de tecnología y su volumen no les permitía lograr la reducción de costos alcanzada por EEUU (Rajadell Carreras and Sánchez García 2010).

Después de la crisis del petróleo de 1973, se impuso en muchos sectores el nuevo sistema de producción ajustada (Lean Manufacturing) de manera que empezó a transformar la vida económica mundial por la difusión del Toyotismo. Los japoneses se concienciaron de la precariedad de su posición en el escenario económico mundial; ya que desprovistos de materias primas energéticas, solo podían contar con ellos mismos

para sobrevivir y desarrollarse. Mientras en la industria automovilística norteamericana se utilizaba un método de reducción de costes al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, en Toyota se plantea la fabricación, a un buen precio, de pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. El reto para los japoneses fue lograr beneficios de productividad sin aprovechar los recursos de las economías de escala y la estandarización taylorista y fordiana. La racionalización del proceso de trabajo implicó, el principio de “fábrica mínima”, que adopta la reducción de existencias, materiales, equipos, etc., y se complementa con el principio de “fábrica flexible”, sustentada en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y la respuesta rápida a la demanda (Rajadell Carreras and Sánchez García 2010).

2.3.2 Definición de Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es un enfoque de gestión de los procesos basado en llevar a cabo aquello y sólo aquello que es preciso para entregar al cliente lo que desea, en la cantidad que desea y cuando lo desea, a un precio competitivo. En este orden de ideas, el objetivo de un sistema Lean es entregar al cliente el producto o servicio exactamente solicitado por él, con el máximo ajuste a sus especificaciones, con el mínimo consumo de recursos requeridos y con la máxima rapidez de respuesta, por lo que el Lean Manufacturing se enfoca en tres variables principales que son Calidad, Costo y Tiempo buscando alcanzar la mayor eficiencia y competitividad (Cuatrecasas 2009).

El pensamiento Lean es Lean porque proporciona un método para hacer más y más con menos y menos (menos esfuerzo humano, menos equipos, menos tiempo y menos espacio), acercándose a ofrecer aquello que los clientes quieren exactamente; este debe ir más allá de los límites de la empresa y examinar la totalidad; es decir, la serie completa de actividades vinculadas a la creación y producción de un producto específico, desde su concepción, siguiendo por su diseño detallado hasta su disponibilidad real, desde la venta inicial a partir de la recepción del pedido y la programación de la producción hasta la entrega, y desde las materias primas producidas fuera del ámbito de la empresa hasta el producto recibido por el consumidor (Jones and Womack 2012).

La implementación de Lean busca alcanzar la creación de valor por medio de la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso y no en la inversión en costosos sistemas de alta tecnología. De este modo, el incremento en la productividad y la rentabilidad se hace con los mismos equipos y personal que posee la empresa.

El proceso de transformación Lean en una empresa se hace principalmente mediante el orden, la reorganización de áreas y cambio en la mentalidad, métodos y procedimientos de trabajo utilizados por los empleados. Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios o excesos, que se lleva a cabo mediante el trabajo con equipos interdisciplinarios, organizados y capacitados(Socconini 2010).

Según BOM Consulting Group, mediante la implementación de Lean, la compañía puede alcanzar los siguientes resultados sobre las operaciones, empleados y clientes de la siguiente manera (http://www.bomconsulting.net):

- Operaciones
    - Productividad: aumento del 30% al 120%
    - Lead Time (tiempo desde que se recibe la orden hasta que se entrega): reducción del 40% al 80%
    - Manufactura/Costo del producto: disminución del 20% al 50%
    - Inventario: Disminución del 40% al 80%
    - Espacio liberado en la planta: de 30% a 50%
    - Tiempo necesario para lanzar un nuevo producto al mercado: disminución del 30% al 50%
    - Costos asociados a la calidad disminuyen entre un 50% y 60%

- Empleados
    - Comunicación efectiva y coordinada a lo largo de toda la organización
    - Fuerza de trabajo más productiva y capacitada
    - Equipos de trabajo más efectivos
    - Reducción de la necesidad de supervisar los empleados promueve un ambiente laboral mejorado y enriquecido
    - Operarios más competentes y eficientes
    - Aumento en la motivación
    - El trabajo se desarrolla en condiciones más seguras y saludables.

- Clientes
    - Aumento en los tiempos de respuesta a requerimientos
    - Aumento en la flexibilidad en los pedidos (tamaños de lote, referencias, etc.)
    - Entrega de producto terminado a tiempo.
    - Incremento en la confianza del cliente.

2.3.3 Principios del Lean Manufacturing

Los principios básicos del Lean Manufacturing se apoyan tanto en la eliminación de los desperdicios como de la flexibilidad, tal como se puede observar en la figura 2:

Figura 2. Principios básicos del Lean Manufacturing. (Elaboración Propia)

2.3.3.1 Valor

El principio fundamental del Lean Management es el valor, lo que implica que los productos y servicios ofrecidos deben ajustarse a lo que el cliente determina, es el consumidor quien realmente valora el producto (Cuatrecasas 2009).

El pensamiento Lean debe iniciarse con un intento consciente de definir el valor de forma precisa en términos de productos específicos con capacidades específicas, ofrecidos a precios específicos a través de un diálogo con consumidores específicos; lo que implica replantear las empresas actuales y reanalizar desde dónde se puede crear valor. Es entonces la especificación de valor el primer paso fundamental en el pensamiento Lean, pues al proporcionar un bien o servicio incorrecto de forma correcta, es considerado Muda o Despilfarro (Jones and Womack 2012).

2.3.3.2 Flujo de Valor

Integra el conjunto de procesos que van desde la concepción del producto hasta que el cliente lo tiene en sus manos y lo que se busca es optimizar todo a través de una alianza entre quienes intervienen en él, lo que exige un estrecho contacto tanto con proveedores como con distribuidores para optimizarlo (Cuatrecasas 2009).

El flujo de valor es el conjunto de todas las acciones específicas para pasar un producto específico por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa que son (Jones and Womack 2012):

- La tarea de la solución de problemas, que se inicia en la concepción, sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción;

- La tarea de gestión de la información que va desde la recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada, y
- La tarea de la transformación física, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor.

La identificación de la totalidad del Flujo de Valor para cada producto, es el siguiente paso en el pensamiento Lean.

2.3.3.3 Flujo de Actividades

Busca eliminar hasta donde sea posible las actividades que no agregan valor, tales como, transportes innecesarios, almacenamientos de materiales o productos, esperas, entre otras; y debe abarcar todos los procesos de un proceso de un producto o servicio, incluyendo proveedores y distribuidores (Cuatrecasas 2009). Consiste en crear flujo en el proceso para que la información de materiales fluya más rápido y para que los problemas se puedan visualizar (http://www.bomconsulting.net).

2.3.3.4 Ejecución de los procesos en modo pull

Se da cuando el proceso de fabricación, produce lo solicitado por el cliente, donde se tienen los materiales clasificados y se produce y repone a medida que se retiran, tal como sucede en un supermercado. Así, será la demanda la que atraerá (pull) a la producción y no la producción la que será empujada (push) al cliente (Cuatrecasas 2009).
Busca adoptar este sistema para mantener pequeñas cantidades de inventario y evitar así la sobreproducción.

2.3.3.5 Perfección (Mejoramiento Continuo Kaizen)

En la medida que las organizaciones empiezan a especificar el valor de un modo preciso, a identificar la totalidad del flujo de valor, a hacer que las etapas creadoras de valor para los productos específicos fluyan constantemente y dejen que sean los consumidores quienes atraigan hacia ellos mismos valor de la empresa, se van dando cuenta de que no hay límites en los procesos de reducción de esfuerzos, tiempos, costos y fallos mientras ofrecen un producto que se acerca cada vez más a lo que el cliente desea verdaderamente y es ahí donde el quinto y último principio del Lean aparece: La perfección (Jones and Womack 2012).

Existe una alternativa que es la ruta radical a la perfección, un kaikaku total del flujo de valor, que involucra a las empresas desde el principio hasta el final, involucrándose y colaborando entre sí para cambiar sus métodos y constituir así una iniciativa Lean, teniendo clara la dirección a seguir que es fabricar productos con mayor flexibilidad, en cantidades más pequeñas y en flujo continuo, estableciendo calendarios precisos en los que llevar a cabo tareas aparentemente imposibles, para luego cumplirlas e incluso superarlas.

Un aspecto relevante en la definición de valor es la determinación del costo objetivo, el cual es establecido en las empresas convencionales a través de lo que el mercado es capaz de soportar, y a partir de ahí, van haciendo definiciones hasta determinar unos costos que garanticen un margen de beneficios adecuados. En el Lean Manufacturing, las iniciativas se analizan preguntándose a partir de las definiciones convencionales, que partes del costo se pueden eliminar analizando cuál sería el costo sin desperdicios y sin pasos innecesarios, evaluando los pasos del flujo de valor en toda la cadena y respondiendo al cuestionamiento de si cada actividad realmente crea valor para el cliente.

Una vez identifica el costo objetivo del producto, se procede a crear un " mapa" del flujo de valor, donde se identifiquen todas las acciones necesarias para diseñar, solicitar y fabricar un producto específico, clasificando estas acciones en 3 categorías así: I) Aquellas acciones que realmente agreguen valor de acuerdo con la percepción del consumidor; II) aquellas que no crean valor pero que son necesarias para el desarrollo del producto, gestión de pedidos o sistemas de producción y que por lo tanto no pueden eliminarse todavía y III) aquellas acciones que no crean valor según el consumidor y que pueden eliminarse inmediatamente.

Cuando se define el concepto de valor y se identifican del flujo de valor, el primer paso es concentrarse en el objeto real (el diseño específico, el pedido específico, y el propio producto) y no perderlo nunca de vista desde el principio al fin. El segundo paso, que hace posible el primero, es ignorar los límites y fronteras tradicionales de puestos de trabajo, carreras profesionales, funciones y empresas, para así constituir una iniciativa Lean, que elimine todos los impedimentos al flujo continuo del producto o familia de productos específica. El tercer paso es replantear prácticas y herramientas específicas que eliminen flujos hacia atrás, desechos e interrupciones de todo tipo, para que el diseño, pedidos y producción del producto específico puedan seguir avanzando en forma continua (Jones and Womack 2012).

2.3.4 Los 7 + 1 Desperdicios clásicos

Una de las metas del pensamiento Lean, es eliminar completamente todas las interrupciones en el proceso productivo y no descansar hasta haberlo conseguido.
Desde la perspectiva de este sistema, un desperdicio (MUDA) es todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos (materiales, equipos, personal, tecnología, etc.) para fabricar un producto. El concepto de desperdicio identifica ocho tipos existentes en cualquier clase de empresa o negocio, y que se presentan desde la recepción de la orden hasta la entrega del producto.

Taiichi Ohno, el principal exponente y representante de la Producción Ajustada o Lean Manufacturing, señala 7 desperdicios clásicos y característicos en las organizaciones (Jones & Womack, 2012), al que se le ha sumado uno importante como lo son los

desperdicios del talento humano, por lo que en el lenguaje Lean a estos desperdicios se les llama “Los 7 + 1 Tipos de Desperdicios”, a saber (http://www.bomconsulting.net):

2.3.4.1 Desperdicio por exceso de producción o sobreproducción

Producir más de la cantidad que realmente se necesita o más pronto de lo que se necesita, se conoce como el exceso de producción, lo cual es producto (entre otros factores) de una mala previsión de ventas, una mala programación, control de la producción o una errónea idea de maximizar la producción, imaginando que se va a vender toda la capacidad producida, y a mayor utilización de los costos fijos, se logrará un óptimo de producción por un menor costo total, y con ello se superarán los problemas generados por picos de demandas o problemas de producción (lo cual normalmente resulta erróneo). Cualquiera que sea el motivo, lo cual en las fábricas tradicionales suelen ser la suma de todos estos factores mencionados, el coste total para la empresa es superior a los costos que en principio logran reducirse en el sector de operaciones. En la actualidad el cliente es muy cambiante en sus requerimientos y con ello viene la obsolescencia de la sobreproducción (http://www.bomconsulting.net).

El exceso de producción está en la base de toda gestión incorrecta y de todos los despilfarros. Normalmente la producción en exceso supone anticipar producto no solicitado aún por el mercado y se convierte en costos adicionales, por lo que es correcto producir exclusivamente el producto en cantidad, clase y calidad que solicita el mercado. La producción en cada etapa de un producto debe ser la exclusivamente necesaria para cubrir las necesidades del cliente, por lo que el tamaño de los lotes de producción debe ser demandado en cada momento, lo que supone ir trabajando en la fabricación de pequeños lotes que permitan ir atendiendo los pedidos con rapidez sin incurrir en costos innecesarios en almacenamiento, personal, tiempos, como también puede implicar que algunas máquinas u otros equipos de producción deban pararse, evitando incurrir así en gastos innecesarios.

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia de la sobreproducción son(Cuatrecasas 2009):

- Tamaño excesivo
- No adecuación a la demanda.

2.3.4.2 Desperdicio por sobre procesamiento o proceso inadecuado

Consiste en realizar procedimientos innecesarios para procesar artículos, utilizar herramientas o equipos inapropiados o proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente, consumo innecesario de recursos debido a la utilización de métodos incorrectos o insuficientemente eficientes, que dan como resultado precios de los productos no competitivos en el mercado (http://www.bomconsulting.net ; Cuatrecasas 2009).

Es preciso desarrollar cada una de las actividades que componen los procesos de producción de forma que se alcancen sus objetivos aplicando el mínimo de recursos y en el menor tiempo posible, lo que supone llevar los métodos de trabajo más adecuados y eficaces, personal calificado y motivado, equipos adecuados, herramientas necesarias. Se debe tratar de normalizar los productos o sus componentes, útiles, herramientas, así como normalizar los métodos de trabajo y las máquinas que permitan aprovechar al máximo la reducción de tiempos asimilación de errores y otras ventajas derivadas de la ejecución repetitiva de los procesos.

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia del sobreprocesamiento son (Cuatrecasas 2009):

- Tiempos excesivos de las operaciones.
- Actividades que no aportan valor añadido.
- Búsquedas de útiles, herramientas, etc.
- Preparaciones o cambios de útiles de larga duración.
- Nivel de automatización de actividades repetitivas bajo.
- División de tareas entre los puestos de trabajo, de alta especialización (opuesta a la polivalencia)
- Operarios que “vigilan” máquinas o equipos mientras trabajan
- Uso de equipo de gran capacidad y versatilidad (inadecuados para la producción en flujo lineal).
- Énfasis en el aprovechamiento de la capacidad de los equipos.

2.3.4.3 Desperdicio por al exceso de inventario

Es el excesivo almacenamiento de materias primas, producto en proceso y producto terminado, que tiene como agravante que oculta problemas referentes a la calidad, la flexibilidad de producción, el cumplimiento de las entregas, entre otros, pues permite “responder” a los clientes “sin contratiempos”, aunque tiene un alto costo que le resta competitividad a las empresas, un costo que es adicional y que implica mayor espacio, transportes, manipulación (http://www.bomconsulting.net).

La clave para evitar la presencia de existencias innecesarias consiste en una correcta gestión de los aprovisionamientos y una organización adecuada de la gestión del proceso de producción sin olvidar no producir más allá de la demanda. Se puede observar gráficamente (Figura 3.) cómo los niveles de inventarios (representados por el agua) en el proceso de producción (la navegación de un barco) cubren las ineficiencias de los procesos.

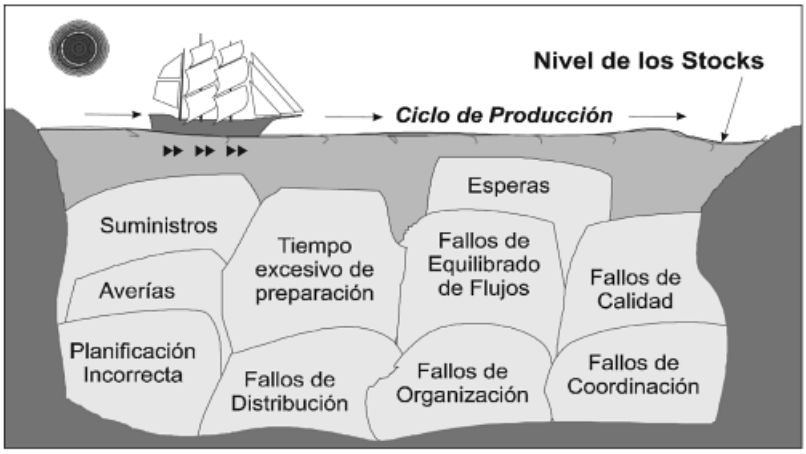

Figura 3. El nivel de stocks cubre las ineficiencias de los procesos como el agua los obstáculos para la navegación (Cuatrecasas 2009).

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia del exceso de inventario son (Cuatrecasas 2009):

- Pedidos anticipados de materiales para almacén.
- Operación en lotes de transferencia de tamaño superior a 1 unidad (stocks en todos los puestos)
- Stock en proceso fruto del desequilibrio de flujo y de la operación por lotes de tamaño superior a una unidad.

2.3.4.4 Desperdicio debido a transportes y manipulación innecesarios

Consiste en mover trabajo en proceso de un lado a otro, incluso cuando se recorren distancias cortas; también incluye el movimiento de materiales, de partes o producto terminado hacia y desde el almacenamiento (http://www.bomconsulting.net).

Una mala organización del sistema productivo, con un diseño del proceso y su distribución en planta mal planificados, puede dar lugar a distancias recorridas por materiales y productos excesivas e innecesarias, que puede implicar un mayor número de manipulaciones innecesarias, lo que constituye en un evidente despilfarro.

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia del exceso de transportes innecesarios son (Cuatrecasas 2009):

- Distribución en planta inadecuada.
- Excesiva distancia entre líneas.
- Secuenciación de actividades incorrecta.

2.3.4.5 Desperdicio por movimientos innecesarios

Es cualquier movimiento que el operario realiza aparte de generar valor agregado al producto o servicio. Incluye a las personas en la empresa subiendo y bajando por documentos, buscando, escogiendo, agachándose, etc.; caminar innecesariamente es un desperdicio (http://www.bomconsulting.net).

La producción debe tratar en todo momento de añadir valor al producto. Los transportes y manipulaciones de materiales y productos constituyen un desperdicio y no añaden valor al producto, pero tampoco lo hacen los movimientos del personal que podrían evitarse, como en el caso del caminar de una misma persona que se ocupara de tareas separadas por una distancia considerable. Los movimientos innecesarios los habría también en el caso de personas que se tuvieran que desplazar para ir en busca de materiales., herramientas, útiles o documentos.

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia del exceso de movimientos innecesarios son (Cuatrecasas 2009):

- Distribución en planta incongruente con la distribución de tareas.
- Excesiva distancia entre líneas
- Asignación de tareas a los puestos con distancias entre actividades por falta de polivalencia.

2.3.4.6 Desperdicio debido a tiempos de espera

Cuando un operario está en espera de información o materiales para la producción, esperas por averías de máquinas o clientes esperando al teléfono (http://www.bomconsulting.net).

Es éste uno de los despilfarros más claros y también más fáciles de detectar. Sin embargo, es muy difícil de evitar en toda su extensión. Para eliminarlo sería necesaria una sincronización total entre las operaciones. Si cada actividad se desarrolla justo en el momento preciso, no habrá tiempos de espera.

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia del exceso de tiempos de espera son (Cuatrecasas 2009):

- Falta de equilibrio provocado por flujo irregular.
- Falta de equilibrio provocado por la asignación de tareas incorrectas.
- Tiempos de cada puesto no ajustados a un tiempo de ciclo único.
- Paradas por mantenimiento o averías.
- Paradas breves de todo tipo.
- Operación por lotes de transferencia de tamaño superior a una unidad (las unidades que no se procesan, esperan).

2.3.4.7 Desperdicio por falta de calidad

Es la repetición o corrección de procesos, que incluye re trabajo en productos no conformes o devueltos por el cliente (http://www.bomconsulting.net).

Los componentes o productos con defectos constituyen un despilfarro evidente ya que deben reprocesarse o tirarse, lo que supone la pérdida o repetición de actividades que aportaban valor al producto. Además, pueden dar lugar a desajustes en la programación, tales como paros de líneas, esperas, etc.; así mismo se habrá incurrido en nuevos despilfarros por la actividad desplegada para detectar o reparar fallos.

Pero si el defecto se escapa del control y el producto defectuoso llega hasta el cliente, se incurre en los costos correspondientes a la reposición o reparación de dicho producto, sin contar con el desprestigio y la posible pérdida del cliente.

Para evitar defectos y por tanto fallos de calidad, no bastará con establecer controles que permitan conocer cuál es nuestro nivel de fallos. Deberá proveerse de una organización del proceso que evite la producción con posibilidad de fallos.

Algunas de las causas que, en mayor o menor medida, determinan la existencia de la falta de calidad son (Cuatrecasas 2009):

- Desconocimientos de los defectos de calidad a controlar y las actividades donde aparecen.
- Desconocimiento de las causas de los defectos de calidad.
- Falta de control de calidad en cada puesto (autocontrol) o en el subsiguiente (control sucesivo).
- Control de calidad no efectuado al 100%.
- No utilización de sistemas que garanticen la calidad del trabajo de los equipos (automatización o jidoka).
- No utilización de sistemas que garanticen la calidad del trabajo del personal (dispositivos y sistemas antierror o poka-yoke)

2.3.4.8 Desperdicio por talento humano

Es el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad y se refiere a no utilizar la creatividad y la inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar los desperdicios. Cuando los empleados no se han capacitado en los siete desperdicios anteriores, se pierde su aporte en ideas, sugerencias y oportunidades de mejoramiento (http://www.bomconsulting.net). En las iniciativas Lean, la mano de obra de la planta de fabricación tiene que hablar constantemente para resolver problemas de producción e implementar mejoras en el proceso.

Algunos ejemplos de los siete tipos de Desperdicios se muestran en la figura 4, a saber:

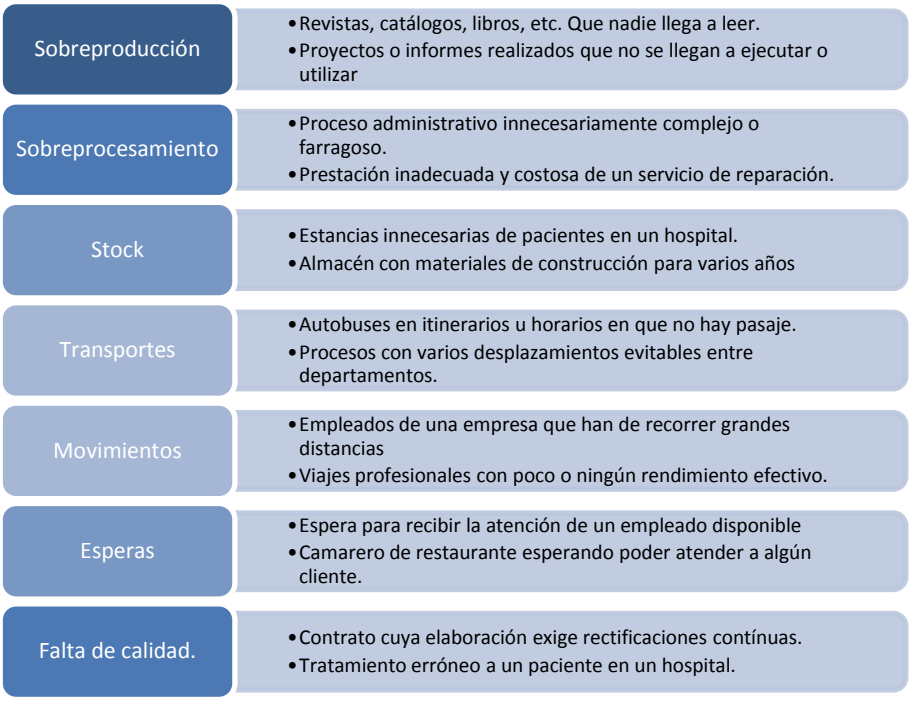

Figura 4. Algunos ejemplos de los siete tipos de Desperdicios. (Cuatrecasas 2009)

2.3.5 Herramientas de Lean Manufacturing

Una empresa Lean, esbelta o ágil, que quiera obtener el mejor beneficio dadas las condiciones cambiantes de un mundo globalizado, debe ser capaz de adaptarse a los cambios rápidamente y para ello, debe recurrir a la utilización de las herramientas más adecuadas de mejora, prevención, solución de problemas y administración disponibles; además, desarrollar hábitos que influyan en la cultura de la organización y un fuerte liderazgo que motive (Socconini 2010).

El Lean Manufacturing tiene como uno de sus objetivos la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas que se desarrollan fundamentalmente en Japón, las cuales hacen posible la eliminación de desperdicios y el mejoramiento continuo (http://fundamentosindustriales.jimdo.com/).

Es importante implementar las herramientas mediante un proceso sistemático que permitan evaluar y tomar decisiones basadas en el desempeño total del sistema. Algunas de las principales y más utilizadas Herramientas de Lean Manufacturing son:

2.3.5.1 Value Stream Mapping VSM (Mapeo de la Cadena de Valor)

Esta herramienta ha permitido entender completamente el flujo y, principalmente, detectar las actividades que no agregan valor al proceso; además, ha sido uno de los pilares para establecer planes de mejora con un objetivo y un enfoque muy precisos.

El análisis de valor puede aportar información muy valiosa para responder a estas preguntas y, sobre todo, para diseñar un tema que se adapte a las fluctuaciones de la demanda, dada las cambiantes necesidades del cliente. En esta época de competitividad internacional solamente prevalecerán las empresas cuyos objetivos primarios sean la velocidad de entrega y la calidad. Ya no son los grandes corporativos los que determinan el rumbo, sino las compañías más veloces en respuesta al cliente e innovación.

Se presentan dos tipos de mapas, Mapa del estado actual y Mapa del estado futuro. El mapa del estado actual será un documento de referencia para determinar excesos en el proceso y documentar la situación actual de la cadena de valor. El mapa de valor futuro presenta la mejor solución a corto plazo para la operación, tomando en cuenta las mejoras que se van a incorporar al sistema productivo. El mapa futuro representa parte del plan de acción para implementar las herramientas Lean, dada una situación previamente analizada (Socconini 2010).

El mapa es un gráfico compuesto de íconos y símbolos simples que muestra la secuencia y el movimiento del flujo de información y materiales, así como las operaciones que componen la cadena de valor, aquí se considera (http://www.bizbodz.com/):

- Flujo de materiales
- Inventarios
- Clientes y proveedores
- Transporte de materiales
- Sistemas de TI
- Flujo de información

A continuación (Figura 5.) se presenta la utilidad de un mapa de valor:

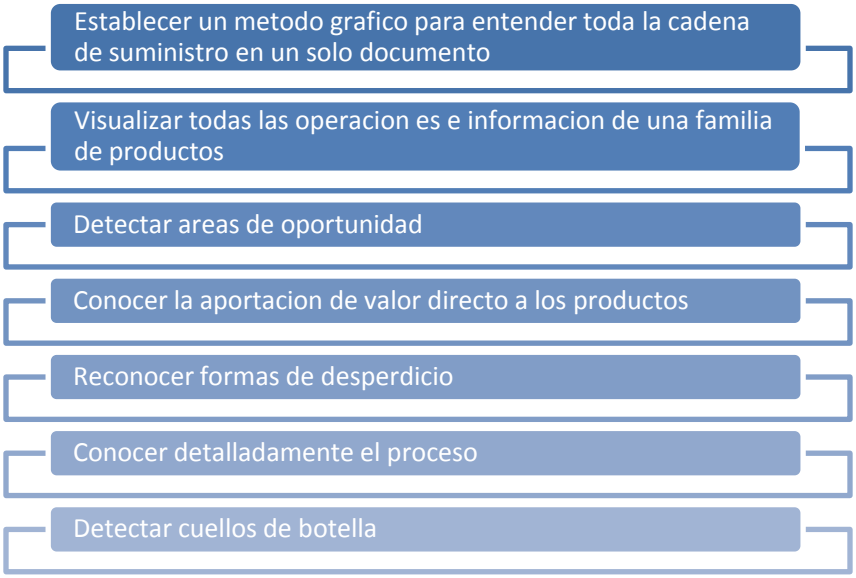

Figura 5. Utilidad de un mapa de valor. (Socconini 2010)

Los siguientes son los pasos para llevar a cabo una correcta implementación del VSM:

- Paso 1. Seleccionar el líder y establecer expectativas.
  En este paso es muy importante seleccionar una persona que pueda tomar decisiones, mediar en las soluciones y planear el proyecto. El líder selecciona el proceso que será mapeado.

- Paso 2. Elegir el equipo de trabajo
  La composición del equipo de trabajo es crucial y se debe asegurar que sea un equipo interdisciplinario.

- Paso 3. Seleccionar el proceso a ser mapeado
  VSM es adecuado para la mayoría de las empresas y se puede utilizar en la fabricación, logística, cadena de suministro y algunas organizaciones orientadas al servicio.

- Paso 4. Recolectar la información y producir el mapa del estado actual
  Una de las claves más importantes del VSM es que utiliza y analiza los datos del negocio, que incluye los tiempos de proceso, información de materiales o inventario, requerimientos o demanda del cliente. Como parte del mapa, es importante calcular el tiempo total tomado, que incluye las esperas y los tiempos de procesamiento.

- Paso 5. Critica al estado actual.
  Consiste en analizar los datos y trabajar con el equipo en hace sugerencias sobre cómo se podría mejorar el proceso, desafiando lo actual.

- Paso 6. Mapa del Estado Futuro
  Basándose en el Mapa del estado actual y las críticas obtenidas, se elabora el mapa del estado futuro, prestando mucha atención en considerar los requerimientos del cliente. Establecer indicadores de medición del rendimiento es clave en el estado futuro.

- Paso 7. Crear el plan de acción e implementar
  Con el mapa del Estado Futuro se establece un plan de acción que se podría implementar para cambiar del proceso actual al futuro.

- Paso 8. Medición de Beneficios.
  Una vez ejecutado el plan de acción después de un periodo de tiempo en el que se puedan comprobar los resultados obtenidos, se analiza y mide cada cambio (http://www.bizbodz.com/).

2.3.5.2 5'S

Las 5's constituyen una disciplina para lograr mejorar en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en cinco etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios en largo plazo (Socconini 2010).

El método de las 5's fue desarrollado por Hiroyuki Hirano y representa una de las piedras que enmarcan el inicio de cualquier herramienta o sistema de mejora, Por ello, se dice que un buen evento de mejora es aquel que se inicia con las 5's- A este sistema se le conoce como las 5's porque cada una de las palabras originales (en japonés) de la metodología inicia con la letra "s":

- Seiri – Seleccionar: Consiste en retirar del lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios.

- Seiton – Organizar: Consiste en ordenar los artículos que son necesarios para el trabajo, estableciendo in lugar específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y regreso al mismo lugar después de usarla.

- Seiso – Limpiar: Consiste básicamente en eliminar la suciedad y evitar ensuciar, siempre con la idea en mente de que al limpiar, también se es inspeccionara lo que se limpia.

- Seiketsu – Estandarizar: Consiste en lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logrados en las tres primeras etapas se ejecuten consistentemente y de manera regular para asegurar que la selección, la organización y la limpieza se mantengan en las aéreas de trabajo

- Shitsuke – Seguimiento: Consiste en convertir en un hábito las actividades de las 5's, manteniendo correctamente los procesos generados mediante el compromiso de todos, así como participando en los eventos Kaizen que resultan de las necesidades de mejora surgidas en el lugar de trabajo.

Es una herramienta fundamental para aquellas empresas que desean continuar en un proceso de Mejoramiento Continuo, sin ellas, los proceso tienen grandes posibilidades de no alcanzar los resultados esperados.

La implementación de las 5´s permite aprovechar mejor los recursos disponibles, dar visibilidad a los problemas y anomalías existentes, proveer un ambiente de trabajo más seguro y placentero, incrementar la capacidad y mejorar la calidad (Socconini 2010).

2.3.5.3 Control Visual

El control visual es un sistema de comunicación que tenemos incorporado en nuestra vida diaria, por el cual mediante imágenes se explican mensajes claros y precisos que permiten conocer, ubicar y recordar normas de comportamiento en un lugar determinado.

Este sistema de comunicación permite mantener y mejorar cada "S" en forma sencilla, haciendo visibles las transgresiones. La detección de dificultades permite efectuar acciones correctivas y modificaciones, en caso de ser necesario (http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s_cap3).

Es necesario implementar herramientas y mecanismos visuales, auditivos y de texto que sirven para detectar y notificar problemas de calidad o cuando ocurre una falla y entonces, por medio de una señal, avisa al que se ha generado un problema. Los controles visuales o de señal se utilizan básicamente para: mejorar la calidad, reducir el costo, mejorar el tiempo de respuesta, aumentar la seguridad, mejorar la comunicación y entender inmediatamente los problemas (Socconini 2010).

Los controles visuales permiten:

- Compartir información: se refiere a la información necesaria respecto del funcionamiento del área tal como: objetivos, mejoras, normas, control de stocks, operaciones, calidad y seguridad, etc.

- Distinguir, evidenciar y corregir desvíos: cada norma o procedimiento debe ser lo suficientemente visible para que cualquier desvío o anormalidad pueda ser detectado y corregido. Distinguir anormalidades permite tomar medidas que evitan su repetición, lo que mejora la productividad.

- Eliminar desperdicios: el desperdicio es aquel elemento que no agrega valor, por lo cual debe ser fácilmente identificado y corregido. El término desperdicio se refiere no solo a lo material sino también al tiempo.

- Dar autonomía al trabajador: es capacitar a las personas para que realicen acciones apropiadas para mejorar procedimientos, normas, corregir desvíos y prevenir recurrencia.

- Desarrollar criterios para el uso del control visual: comunicar en forma clara y precisa la información. Su implementación es sencilla y de bajo costo.

- Comunicar normas y procedimientos en el área de trabajo: permite preparar el lugar de forma tal que facilite el desarrollo y control de las tareas (http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s_cap3).

2.3.5.4 Kaizen

Kaizen es una palabra japonesa que significa “mejora continua”, para Soconnini (2010) es una forma poderosa de hacer mejoras en todos los niveles de la organización. Su principal utilidad radica en su aplicación gradual y ordenada, que implica un trabajo conjunto de todas las personas de la empresa.

Un evento Kaizen resulta muy efectivo para mejorar rápidamente un proceso mediante la implementación de herramientas para reducir los desperdicios, mejorar la calidad y reducir la variabilidad y mejorar las condiciones de trabajo. Se utilizan por lo general cuando existe un problema de calidad en el proceso, se quiere mejorar la distribución de las áreas, reducir tiempos de reparación de máquinas, etc.(Socconini 2010).

2.3.5.5 TPM Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Productivo Total o TPM tiene sus orígenes en Estados Unidos, donde muchas empresas manufactureras aplicaban ciertas prácticas para prevenir fallas y con ello impedir paros inoportunos y reparaciones de emergencia (Socconini 2010).

Es una metodología de Mejoramiento que permite la continuidad de la operación, en los equipos y plantas al introducir conceptos de Prevención, Cero defectos, cero accidentes y participación total de las personas. Se utiliza cuando se quiere tener plantas, máquinas, equipos en óptimas condiciones (Socconini 2010).

TPM está compuesto por 8 pilares los cuales sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente, efectiva y son necesarios para el desarrollo del TPM en una organización. Estos son:

- Mejoras Enfocadas (ME): Maximiza la eficiencia de los procesos a través de la eliminación de pérdidas.

- Mantenimiento Autónomo (MA): Empodera a los colaboradores de su máquina y su lugar de trabajo.

- Mantenimiento Planeado (MP): Asegura la confiabilidad de los equipos al mejor costo para lograr Cero Fallas

- Mantenimiento de la Calidad (MQ): Asegura la calidad de los productos, logrando Cero Defectos

- Control Inicial (CI): Busca reducir el tiempo, el costo y mejorar la calidad en el lanzamiento de nuevos productos y equipos.

- Educación y Entrenamiento (EE): Desarrolla competencias en los colaboradores que permitan un crecimiento personal y de la Organización
- Eficiencia Administrativa (EA): Optimiza los procesos administrativos.

- Seguridad y gestión ambiental (SHE): Logra obtener ambientes de trabajo y procesos con Cero Accidentes y Cero Contaminación.

2.3.5.6 Manufactura Celular

Es un concepto de fabricación en el que la distribución de la planta se mejora de manera significativa haciendo fluir la producción ininterrumpidamente entre cada operación, reduciendo los tiempos de respuesta y maximizando las habilidades del personal, permitiendo que cada empleado realice varias operaciones (Socconini 2010).

La manufactura celular permite mejorar la continuidad de las operaciones de planta, eliminar inventarios en proceso, mejorar la flexibilidad de productos en una sola área,

conecta las operaciones para evitar transportes, demoras, movimientos de materiales, inventarios en proceso y sobreproducción.

El procedimiento para implementar la manufactura celular es (Socconini 2010) :

- Establecer el objetivo, alcance y documentación del proyecto.
- Dibujar el plano actual del sistema de producción (diagrama spaghetti y el mapa de valor actual)
- Hacer un análisis de mudas y detectar oportunidades.
- Determinar el tiempo takt time y el número de operadores necesarios.
- Dibujar el mapa de valor futuro.
- Diseño de la nueva célula
- Implementar

2.3.5.7 SMED Cambios Rápidos

SMED (Single Minute Exchange of Die) es una técnica destinada a la ejecución de operaciones de set up (cambios de referencia) en tiempos de un dígito de minuto; es decir, tiempos inferiores a 10 mnutos. SMED flexibiliza la producción, permitiendo la migración de grandes a pequeños lotes de producción, con considerables ganancias de productividad, casi sin la necesidad de inversiones.

Etapas para su implementación:

- Identificar las actividades del Set up
  - Consiste en observar y registrar todas las actividades de set up para captar sus por menores.
  - Registrar el set up, utilizando una cámara de vídeo. Guardar todas las evidencias disponibles, como solicitudes, formularios, etc.
  - Utilizar un cronómetro para anotar los tiempos y un contador de metros para medir las distancias recorridas.
  - Diseñar el Layout y la Descripción del Procedimiento
  - Cumplimentar el Registro de Set up

- Analizar las actividades del Set up

  En esta etapa se reúne al grupo involucrado en las actividades del set up para ver el video y analizar cómo es realizado, identificando las actividades que deben ser externas al proceso y las que requieren ser internas. Las actividades externas son aquellas que se pueden llevar a cabo sin interrumpir la producción y las actividades internas son las que sólo se pueden realizar con la máquina parada. Lo ideal en un proceso de cambio de referencia es que en lo posible todas las actividades internas se conviertan en externas.

- Mejorar las actividades del Set up interno
- Mejorar las actividades del Set up externo
- Ejecutar operaciones simultáneamente
- Revisar todas las actividades anteriores y mejorarlas
- Documentar y estandarizar
- Aplicar Kaizen

2.3.5.8 AMEF

Es una herramienta muy poderosa que permite identificar fallas en los productos y procesos, evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. Se utiliza al diseñar productos o servicios, diseñar procesos, evitar que sucedan fallas o problemas, cuando se requiere capacitar a operadores en un proceso (Socconini 2010).

Para llevar a cabo el AMEF primero se desarrolla un mapa del proceso, se forma el equipo de trabajo, se determinan los pasos críticos del proceso y las fallas potenciales en cada paso y evaluar su nivel de severidad, evaluar la ocurrencia de las fallas y priorizar y por último, emprender acciones preventivas, correctivas o de mejora (Socconini 2010).

2.3.5.9 Poka Yoke

Es un método desarrollado por Shingeo Shingo después de la Segunda Guerra Mundial, diseñado para centrarse en la búsqueda de la calidad en la fuente y obtener retroalimentación sobre los defectos lo más cerca posible a la raíz del problema. El Poka Yoke puede llevar a cabo inspecciones al 100% y si se producen anormalidades, se puede llevar a cabo una respuesta inmediata y de acción.

Poka Yoke o a prueba de errores, son dispositivos que pueden ser físicos, mecánicos o eléctricos que se ubican en el proceso para asegurar que sea muy fácil para el operador hacer su trabajo correctamente (Feld 2001).

2.3.5.10 8 D´s Solución de Problemas

Las 8 D´s constituyen una metodología para resolver problemas de una manera sistemática y documentada, de los cuales no se conoce la causa raíz mediante el registro de las acciones tomadas en una serie de 8 pasos para generar soluciones integrales y a largo plazo. Se utiliza cuando hay alguna desviación en algún indicador (Socconini 2010).

El procedimiento para implementar esta herramienta es (Socconini 2010):

1. Definir el problema
2. Formar el equipo
3. Describir el problema
4. Desarrollar las acciones de contención
5. Definir la causa raíz
6. Desarrollar acciones correctivas
7. Desarrollar acciones preventivas
8. Reconocer el trabajo del equipo

2.3.5.11 Six Sigma

Es una metodología de mejora continua que se enfoca en la reducción de defectos en todo tipo de procesos, para de esa forma reducir costos de mala calidad e incrementar la satisfacción de los clientes. El propósito de Six Sigma es reducir la variación de los procesos para que estos no generen más allá de 3.4 defectos por millón.

Reducir los defectos de su nivel actual a un nivel Six Sigma puede generar ahorros para la organización de hasta el 40% de sus ingresos. Six Sigma logra que los resultados se transformen en beneficios económicos para las empresas, alcanzando ahorros superiores a los US$100,000 millones a nivel mundial (Notas de Clase, Peña 2012).

El procedimiento para implementar six sigma se da a través de una metodología llamada DMAIC (siglas en inglés de Define, Measure, Analyze, Improve, Control), que consiste en (Socconini 2010):

- Medir: Obtención de datos y mediciones
- Analizar: Se analizan los datos y se convierten en información
- Mejorar: Se llevan a cabo acciones de mejoramiento
- Controlar: Se verifica el sostenimiento de las mejoras.

2.3.5.12 Kanban

El sistema Kanban está inspirado en la manera en que trabajan los supermercados, se utiliza cuando es necesario estructurar el sistema de control de materiales y administración de la producción, debido a la alta mezcla de productos y a los volúmenes de producción que tienden a ser menores. Entre sus utilidades se encuentran (Socconini 2010):

- Permite trabajar con inventarios bajos
- Evita la sobreproducción
- Da certidumbre a los clientes de recibir sus productos a tiempo
- Permite fabricar sólo lo que el cliente necesita.

2.3.5.13 Heijunka

La nivelación de la producción es un sistema de control que sirve para nivelar la producción al ritmo de la demanda del cliente final, variando la carga de trabajo de los procesos de manufactura. Se implementa para evitar la sobreproducción, nivelar la producción en la cadena (Socconini 2010).

Etapas para su implementación (Socconini 2010):

- Calcular el tiempo takt
- Calcular el pitch para cada producto
- Establecer el ritmo de producción
- Crear la caja Heijunka

2.3.5.14 Trabajo Estándar

El trabajo estándar tiene su fundamento en la excelencia operacional. Sin el trabajo estandarizado no se puede garantizar que en las operaciones siempre se elaboren los productos de la misma manera, apoya el control visual, creando así un ambiente para detectar anormalidades fácilmente, facilita la documentación de las mejoras, asegura operaciones más seguras y efectivas, mejora la productividad (Socconini 2010).

El trabajo estándar se compone de tres elementos fundamentales que son (Socconini 2010):

- Tiempo takt
- Secuencia estándar de las operaciones
- Inventario estándar del proceso

Estos documentos deben ser revisados, evaluados y actualizados constantemente, además de ser considerados en la implementación de eventos kaizen, manufactura celular, SMED, Kanban.

3. METODOLOGÍA

3.1 Selección del tipo de Flexibilidad de Manufactura

La investigación sobre flexibilidad debe hacer algo más que desarrollar y poner a prueba la teoría, debe mostrar a los gerentes de las empresas cómo evaluar y mejorar la flexibilidad en sus operaciones.

Para analizar si una empresa necesita más o menos flexibilidad en un entorno particular, es necesario distinguir entre la flexibilidad requerida, la potencial y la real para cada aspecto de rango o tiempo de las dimensiones previamente identificadas. Los requerimientos representan la determinación de la dirección estratégica de la cantidad que se necesita de un tipo especial de flexibilidad, la potencial indica lo que puede ocurrir dado el diseño de las instalaciones existentes, si las condiciones externas son las adecuadas; y el término de flexibilidad real de la utilización de planta se determina sobre la base de la experiencia. Cantidades inapropiadas de flexibilidad son reveladas por las discrepancias entre las condiciones reales, potenciales y requeridas (Patterson 2008).

Una organización no necesariamente requiere cada tipo de flexibilidad, es necesario que se determinen qué factores o criterios como el entorno de la organización, los objetivos, el tipo de proceso o áreas específicas dentro de la organización que requieren ser más flexibles, y dónde el aumento de la flexibilidad agrega poco o ningún valor (Patterson 2008) y a partir de esta selección, se establezcan las herramientas de análisis que permitan mejorarla significativamente.

Para esto, se diseña el modelo que se presenta a continuación; en el cual el foco de trabajo será en la Flexibilidad de Manufactura, y se evaluará cómo algunos de sus principales tipos de Flexibilidad impactan en las empresas de acuerdo con unos criterios de decisión, avocando a la experiencia de unos evaluadores expertos para calificarla y establecer no sólo su impacto sino su facilidad de mejorarla, de esta manera estableciendo o definiendo el tipo de Flexibilidad que aplica en mayor medida para la empresa evaluada.

3.1.1 Valoración del Impacto

Lo primero que se propone para llevar a cabo esta evaluación es conformar un equipo interdisciplinario de expertos en los temas de manufactura, lo que es de vital importancia porque esta es una parte crucial en la definición del foco de trabajo en el tema de Flexibilidad.

El proceso inicia con una valoración con base en el Impacto y la Facilidad que genera unos tipos específicos de Flexibilidad de Manufactura en la empresa que se evaluará, esto se realizará a través de un Análisis Multicriterio, el cual basado en criterios explícitos

para evaluar varias alternativas, se utiliza siempre que un grupo de personas debe tomar una decisión importante en la que concurren distintos aspectos, complejos o controvertidos, fundamentalmente en las etapas de Selección y Evaluación de alternativas (Notas de Clase, Peña 2012).

Los criterios de evaluación para el análisis del Impacto de los tipos de Flexibilidad en la empresa que se definieron son:

- Alineación Estratégica
- Satisfacción del Cliente
- Calidad
- Productividad
- Costo

Para establecer los pesos se trabajará con una matriz dónde se califique con cero (0) o uno (1) la interacción de cada criterio con los demás, siendo cero (0) poca o ninguna interacción y uno (1) que si tienen interacción entre sí. La matriz suma automáticamente la cantidad de unos (1) en cada criterio y los pondera sobre el total de puntos, estableciendo de esta forma el peso que tendrá cada criterio al relacionarlos con los tipos de Flexibilidad propuestos para el modelo, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de interacción de criterios.

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Pesos
Alineación Estratégica	**0**					
Satisfacción del Cliente		**0**				
Calidad			**0**			
Productividad				**0**		
Costo					**0**	

Fuente: Elaboración propia

Es importante que entre los expertos definan esta calificación que será determinante a la hora de continuar el proceso de priorización para la selección del tipo de Flexibilidad de Manufactura que la empresa requiere trabajar.

Una vez definidos los pesos que tendrá cada criterio, se definen los tipos de Flexibilidad de Manufactura que se abordarán en el modelo, a saber:

- Flexibilidad de Materiales: Se refiere a los cambios en las tolerancias y variaciones máximas toleradas en las propiedades físicas y químicas de los materiales (Gerwin 1993).

- Flexibilidad de Volumen: Es la capacidad de hacer frente a las variaciones en la demanda. Capacidad de un sistema para cambiar de manera significativa el nivel de producción y la composición de la mezcla de productos en un corto espacio de tiempo (Gerwin 1993; Viswanadham and Srinivasa 1997).

- Flexibilidad de Nuevos Productos: Es la capacidad de conocer las demandas del mercado en términos de especificaciones de producto. Capacidad de un sistema para añadir o sustituir nuevos productos a la gama de productos con el tiempo (Viswanadham and Srinivasa 1997).

- Flexibilidad de la Mezcla: Es la capacidad de un proceso de fabricación para producir un número de diferentes productos en el mismo tiempo. Capacidad de un sistema para producir simultáneamente una serie de productos diferentes en un período determinado (Gerwin 1993).

- Flexibilidad de Change Over: La capacidad de un proceso para hacer frente a adiciones o sustracciones a la mezcla en el tiempo. Capacidad de un sistema de cambiar en un corto periodo de tiempo de un producto a otro (Gerwin 1993).

- Flexibilidad del tiempo de Entrega: Capacidad de un sistema para reducir el tiempo desde el pedido hasta la entrega (Viswanadham and Srinivasa 1997).

Para de este modo, establecer la matriz de Impacto en la flexibilidad de Manufactura en cada uno de los Criterios establecidos, calificando de 1 a 5 el impacto que genera cada tipo de Flexibilidad de Manufactura en cada criterio (Alineación estratégica, Satisfacción del Cliente, Calidad, Productividad y Costo), siendo 1 un impacto bajo y 5 un alto impacto. Ver tabla 3.

Tabla 3. Valoración de impacto

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Valoración total Impacto
						-
Flexibilidad de Materiales						-
Flexibilidad de Volumen						-
Flexibilidad de Nuevos Productos						-
Flexibilidad de la Mezcla						-
Change Over						-
Flexibilidad del tiempo de Entrega						-

Fuente: Elaboración propia

Esta matriz es valorada por 5 expertos definidos como parte del equipo interdisciplinario que trabajará en el proyecto, para llegar a un consolidado de la valoración realizada por el Impacto generado por cada tipo de Flexibilidad en los criterios establecidos, tal como se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Selección del tipo de flexibilidad por impacto

	Valoración Experto 1	Valoración Experto 2	Valoración Experto 3	Valoración Experto 4	Valoración Experto 5	**Valoración definitiva Impacto**
Flexibilidad de Materiales	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de Volumen	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de Nuevos Productos	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de la Mezcla	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de Change Over	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad del tiempo de Entrega	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Valoración de la Facilidad

En la etapa de valoración de la Facilidad es de vital importancia el criterio de los expertos, ya que se realiza cualitativamente y calificando entre 1 y 5 qué tan fácil es trabajar sobre cada uno de los tipos de Flexibilidad dadas las condiciones actuales de la empresa y

desde una mirada de las 4 M´s (Materiales, Materias Primas, Mano de Obra y Máquinas), esta matriz será analizada y valorada por cada experto individualmente y al final, tal como se realizó con la valoración de Impacto, consolidar un solo valor. Ver tablas 5 y 6.

Tabla 5. Valoración de la facilidad

Tipo de Flexibilidad	**Facilidad para trabajar en el tipo de Flexibilidad**
Flexibilidad de Materiales	
Flexibilidad de Volumen	
Flexibilidad de Nuevos Productos	
Flexibilidad de la Mezcla	
Flexibilidad de Change Over	
Flexibilidad del tiempo de Entrega	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Selección del tipo de flexibilidad por facilidad

	Valoración total1	Valoración total2	Valoración total3	Valoración total4	Valoración total5	**Valoración definitiva Facilidad**
Flexibilidad de Materiales	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de Volumen	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de Nuevos Productos	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de la Mezcla	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad de Change Over	-	-	-	-	-	-
Flexibilidad del tiempo de Entrega	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Matriz Impacto – Facilidad

Una vez se realiza cada valoración, se procede a realizar la consolidación y definición del tipo de Flexibilidad de Manufactura a trabajar, realizando una multiplicación de los valores

dados por Impacto y por Facilidad, siendo la calificación de mayor valor el foco sugerido para activar la utilización de las Herramientas de Lean Manufacturing y mejorar el tipo de Flexibilidad, lo que se realizará en la tabla 7, la cual al final entregará la sugerencia de flexibilidad de manufactura a trabajar.

Tabla 7. Matriz de impacto-facilidad

Tipo de Flexibilidad	Impacto	Facilidad	Valoración Final
Flexibilidad de Materiales	-	-	-
Flexibilidad de Volumen	-	-	-
Flexibilidad de Nuevos Productos	-	-	-
Flexibilidad de la Mezcla	-	-	-
Flexibilidad de Change Over	-	-	-
Flexibilidad del tiempo de Entrega	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.2 Selección de la(s) herramientas de Lean Manufacturing para el tipo de flexibilidad seleccionado.

En esta etapa se busca, una vez establecido el tipo de Flexibilidad que se trabajará, definir a través de unas escalas de valoración dadas por los máximos y mínimos posibles de las matrices de Impacto y Facilidad, seleccionar y sugerir las Herramientas de Lean Manufacturing que mejor se ajustan para realizar mejoramiento en los tipos de Flexibilidad de Manufactura dados.

Como el menor valor posible es uno (1) y el mayor veinticinco (25), se crean dos niveles de Impacto – Facilidad así como se observa en la tabla 8:

Tabla 8. Escalas de valoración

	Nivel	Valoración
Impacto - Facilidad	Baja	Menor que 8
	Media	Entre 9 y 17
	Alta	Entre 18 y 25

Fuente: Elaboración propia

En esta figura (6), se definen los niveles de complejidad que representa el Tipo de Flexibilidad seleccionado para luego establecer las Herramientas de Lean Manufacturing sugeridas a trabajar.

	Impacto - Facilidad		
	Baja	**Media**	**Alta**
Flexibilidad de Materiales	5 ´s	SMED	TPM
Flexibilidad de Volumen	Trabajo estándar	* 8 D´s * VSM	Six Sigma
Flexibilidad de Nuevos Productos	Control Visual	SMED	AMEF
Flexibilidad de la Mezcla	* Poka Yoke * Kanban	* VSM * Manufactura Celular	Six Sigma
Flexibilidad de Change Over	Kanban	* SMED * VSM	Kaizen
Flexibilidad del tiempo de Entrega	Kanban	VSM	* Heijunka *TPM

Figura 6. Matriz de herramientas por complejidad (Elaboración propia – Apoyada Socconini)

De esta manera se llega a la conclusión que dado el puntaje en la valoración Impacto – Facilidad, se tiene un nivel Alto, Medio o Bajo y a raíz de esa clasificación se da la sugerencia de Herramientas a implementar.

4. APLICACIÓN DEL MODELO EN PLANTA PILOTO DE GALLETAS CRACKERS

La aplicación de este modelo se desarrolla en una planta de fabricación de Galletas tipo Crackers en la cual se realizan 15 tipos de diferentes de referencias; en esta presenta un sistema productivo gestionado de forma totalmente convencional (tradicional), basado en la operación a gran escala, sus líneas de producción fueron diseñadas para la elaboración de formatos únicos que no posibilitan ofrecer una variedad de productos en poco tiempo; además, la disposición de sus recursos (máquinas, materias primas y material de empaque, mano de obra y métodos) no presentan un diseño tal que les permita optimizarlos, una planta donde se presentan elevados tiempos muertos en maquinarias, falta estandarización de procesos y operaciones y no se cuenta con personal polivalente, capaz de adaptarse a los diferentes procesos, pero que busca una estrategia de flexibilización que le permita dar solución este problemática y responder rápidamente a los cambios en los requerimientos de los clientes (lo que desea, en la medida que lo desea y cuando lo desea), cuidar sus costos y convertirse en una empresa altamente rentable y competitiva, mejorando continuamente la satisfacción de clientes y consumidores.

4.1 Selección del Tipo de Flexibilidad de Manufactura

Se convoca para dar inicio al desarrollo de la aplicación de este modelo, a 5 personas expertas en los hornos de fabricación de galletas crackers, entre lo que se incluye al Director de Producción, Jefe de mantenimiento, Analista de Información de Manufactura, Coordinador de Producción y Coordinador de Productividad, adicional a contar para este desarrollo con personal técnico y operarios de producción.

Se establece un esquema de reuniones y se da inicio formal al proceso de aplicación para identificar el tipo de Flexibilidad de Manufactura a trabajar dadas las características de la empresa. Para empezar se presenta la matriz de valoración de pesos para los criterios establecidos, se realiza la explicación de cómo valorar cada criterio y se llega a lo siguiente:

Tabla 9. Matriz de interacción aplicada al piloto.

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Suma	Participación
Alineación Estratégica	**0**	1	1	1	1	4	24%
Satisfacción del Cliente	0	**0**	1	0	1	2	12%
Calidad	1	1	**0**	1	1	4	24%
Productividad	1	0	1	**0**	1	3	18%
Costo	1	1	1	1	**0**	4	24%

Fuente: Elaboración propia

Estableciendo así el valor de cada criterio para la matriz de Impacto así:

Tabla 10. Ponderación de criterios

Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo
24%	12%	24%	18%	24%

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidos los pesos, cada experto realizó la calificación de la matriz de Impacto y Facilidad, donde se evaluó cada tipo de Flexibilidad de cara a los criterios establecidos.

Durante este análisis se evidenció la falta de conocimiento de los tipos de Flexibilidad que habla la literatura (Materiales, Máquinas, Horizontal, Vertical,…), por lo que se vio la necesidad de dar una explicación en cada hoja de Evaluación de cada uno de los tipos a evaluar. Sin embargo, una vez entendidos los conceptos, cada uno de los evaluadores además de valorar de uno a cinco cada matriz, iba analizando pros y contras, necesidades, requerimientos y posibles inversiones que les permitiera mejorar su Flexibilidad de Manufactura, como dar mayor continuidad al negocio al ver la importancia de afianzar en su planta la Flexibilidad y poder brindar al cliente lo que quiere, cuando quiere, como lo quiere y en el momento que lo requiere. Así, los resultados de las evaluaciones fueron:

4.1.1 Valoración del Impacto

Tabla 11. Evaluación de impacto: Experto 1 (Director de Manufactura)

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Valoración total Impacto
Flexibilidad de Materiales	5	4	4	4	5	4,47
Flexibilidad de Volumen	5	5	4	5	4	4,53
Flexibilidad de Nuevos Productos	5	4	4	5	5	4,65
Flexibilidad de la Mezcla	4	3	4	5	4	4,06
Change Over	4	4	5	5	4	4,41
Flexibilidad del tiempo de Entrega	5	5	4	4	4	4,35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Evaluación de impacto: Experto 2 (Jefe de Mantenimiento)

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Valoración total Impacto
Flexibilidad de Materiales	3	5	4	4	5	4,12
Flexibilidad de Volumen	5	4	5	5	4	4,65
Flexibilidad de Nuevos Productos	4	4	4	5	5	4,41
Flexibilidad de la Mezcla	5	3	5	5	5	4,76
Change Over	4	4	5	5	5	4,65
Flexibilidad del tiempo de Entrega	5	5	3	3	4	3,94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Evaluación de impacto: Experto 3 (Analista de Información de Manufactura)

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Valoración total Impacto
Flexibilidad de Materiales	4	5	5	4	4	4,35
Flexibilidad de Volumen	4	3	5	5	4	4,29
Flexibilidad de Nuevos Productos	5	4	5	5	4	4,65
Flexibilidad de la Mezcla	3	5	5	4	4	4,12
Change Over	4	2	5	4	4	4,00
Flexibilidad del tiempo de Entrega	4	5	5	4	4	4,35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Evaluación de impacto: Experto 4 (Coordinador de Producción)

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Valoración total Impacto
Flexibilidad de Materiales	3	4	5	4	3	3,76
Flexibilidad de Volumen	4	5	5	4	4	4,35
Flexibilidad de Nuevos Productos	4	4	4	4	3	3,76
Flexibilidad de la Mezcla	3	3	4	4	3	3,41
Change Over	4	5	5	3	2	3,71
Flexibilidad del tiempo de Entrega	4	5	4	4	3	3,88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Evaluación de impacto: Experto 5 (Coordinador de Productividad)

	Alineación Estratégica	Satisfacción del Cliente	Calidad	Productividad	Costo	Valoración total Impacto
Flexibilidad de Materiales	4	4	5	4	5	4,47
Flexibilidad de Volumen	5	3	5	5	4	4,53
Flexibilidad de Nuevos Productos	5	4	5	4	4	4,47
Flexibilidad de la Mezcla	5	4	5	5	5	4,88
Change Over	5	4	5	5	5	4,88
Flexibilidad del tiempo de Entrega	5	5	3	3	4	3,94

Fuente: Elaboración propia

El cuadro consolidado donde se define la valoración por Impacto en cada Tipo de Flexibilidad arroja el siguiente resultado, siendo para los evaluadores expertos, el Tipo de Flexibilidad que mayor Impacto genera para la Compañía la Flexibilidad de Volumen.

Tabla 16. Selección del tipo de flexibilidad por impacto

	Valoración total1	Valoración total2	Valoración total3	Valoración total4	Valoración total5	**Valoración definitiva Impacto**
Flexibilidad de Materiales	4,47	4,12	4,35	3,76	4,47	4,24
Flexibilidad de Volumen	4,53	4,65	4,29	4,35	4,53	4,47
Flexibilidad de Nuevos Productos	4,65	4,41	4,65	3,76	4,47	4,39
Flexibilidad de la Mezcla	4,06	4,76	4,12	3,41	4,88	4,25
Flexibilidad de Change Over	4,41	4,65	4,00	3,71	4,88	4,33
Flexibilidad del tiempo de Entrega	4,35	3,94	4,35	3,88	3,94	4,09

Fuente: Elaboración propia

Como el diseño del modelo no sólo contempla el Impacto que genera cada uno de los tipos de Flexibilidad en los criterios sino también su facilidad de trabajarlo dadas las características del proceso, se realizó la evaluación cualitativa del ítem Facilidad por parte de cada uno de los expertos, arrojando los siguientes resultados:

4.1.2 Valoración de la Facilidad

Tabla 17. Evaluación de facilidad: Experto 1 (Director de Manufactura)

Tipo de Flexibilidad	**Facilidad para trabajar en el tipo de Flexibilidad**
Flexibilidad de Materiales	2
Flexibilidad de Volumen	4
Flexibilidad de Nuevos Productos	3
Flexibilidad de la Mezcla	3
Flexibilidad de Change Over	4
Flexibilidad del tiempo de Entrega	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Evaluación de facilidad: Experto 2 (Jefe de Mantenimiento)

Tipo de Flexibilidad	Facilidad para trabajar en el tipo de Flexibilidad
Flexibilidad de Materiales	3
Flexibilidad de Volumen	3
Flexibilidad de Nuevos Productos	2
Flexibilidad de la Mezcla	3
Flexibilidad de Change Over	3
Flexibilidad del tiempo de Entrega	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Evaluación de facilidad: Experto 3 (Analista de Información de Manufactura)

Tipo de Flexibilidad	Facilidad para trabajar en el tipo de Flexibilidad
Flexibilidad de Materiales	2
Flexibilidad de Volumen	4
Flexibilidad de Nuevos Productos	4
Flexibilidad de la Mezcla	4
Flexibilidad de Change Over	4
Flexibilidad del tiempo de Entrega	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Evaluación de facilidad: Experto 4 (Coordinador de Producción)

Tipo de Flexibilidad	Facilidad para trabajar en el tipo de Flexibilidad
Flexibilidad de Materiales	1
Flexibilidad de Volumen	3
Flexibilidad de Nuevos Productos	3
Flexibilidad de la Mezcla	4
Flexibilidad de Change Over	4
Flexibilidad del tiempo de Entrega	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Evaluación de facilidad: Experto 5 (Coordinador de Productividad)

Tipo de Flexibilidad	Facilidad para trabajar en el tipo de Flexibilidad
Flexibilidad de Materiales	3
Flexibilidad de Volumen	3
Flexibilidad de Nuevos Productos	5
Flexibilidad de la Mezcla	3
Flexibilidad de Change Over	4
Flexibilidad del tiempo de Entrega	2

Fuente: Elaboración propia

El cuadro consolidado donde se califica la Facilidad de trabajar sobre cada uno de los tipos de Flexibilidad arrojado por el modelo es el siguiente, siendo la Flexibilidad del Change Over la que se considera por los expertos una de las más fáciles de trabajar.

Tabla 22. Selección del tipo de flexibilidad por facilidad.

	Valoración total1	Valoración total2	Valoración total3	Valoración total4	Valoración total5	**Valoración definitiva Facilidad**
Flexibilidad de Materiales	2,00	3,00	2,00	1,00	3,00	2,20
Flexibilidad de Volumen	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,40
Flexibilidad de Nuevos Productos	3,00	2,00	4,00	3,00	5,00	3,40
Flexibilidad de la Mezcla	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,40
Flexibilidad de Change Over	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,80
Flexibilidad del tiempo de Entrega	4,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,80

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Matriz Impacto – Facilidad

Es mediante esta matriz que se establece el Tipo de Flexibilidad que debe o se sugiere sea trabajado dadas las características de la empresa y el conocimiento de los expertos en el momento de realizar estas valoraciones; y dado lo evaluado por cada uno de ellos se realizó la consolidación final de los elementos Impacto y Facilidad y este fue el resultado para la empresa evaluada:

Tabla 23. Matriz impacto facilidad y selección del tipo de Flexibilidad.

Tipo de Flexibilidad	Impacto	Facilidad	Valoración Final
Flexibilidad de Materiales	4,24	2,20	9,32
Flexibilidad de Volumen	4,47	3,40	15,20
Flexibilidad de Nuevos Productos	4,39	3,40	14,92
Flexibilidad de la Mezcla	4,25	3,40	14,44
Flexibilidad de Change Over	4,33	3,80	16,45
Flexibilidad del tiempo de Entrega	4,09	2,80	11,46

Fuente: Elaboración propia

El modelo entonces sugiere hasta ahora, y dadas las características y lo evaluado por los expertos, realizar un enfoque en mejorar la Flexibilidad del Change Over, dado su alto Impacto y su mayor Facilidad para ser trabajado por su puntuación de 16,45.

4.2 Selección de la(s) herramientas de Lean Manufacturing para el tipo de flexibilidad seleccionado

La segunda y última parte del modelo, realiza una sugerencia de la activación de unas herramientas de Lean Manufacturing dada la valoración realizada, que para el caso se da que la empresa evaluada se encuentra en un nivel de Impacto - Facilidad medio, al obtener un puntaje total de 16,45.

Así, las herramientas a utilizar dada la matriz Herramientas Lean para el tipo de Flexibilidad por nivel son:

Dada la calificación la sugerencia es utilizar la/las siguientes Herramientas

Según el puntaje obtenido, Impacto -Facilidadad de este tipo de Flexibilidad en Medio, para lo cual las herramientas sugeridas son:

VSM
SMED

Figura 7. Herramientas de Lean Manufacturing sugeridas en el modelo (Elaboración propia)

4.2.1 Implementación de la herramienta sugerida por el modelo (SMED)

Dada la sugerencia que hace el modelo de acuerdo con el tipo de Flexibilidad de Manufactura establecido (Flexibilidad del Changeover), se define con el equipo de trabajo hacer la aplicación de la Herramienta SMED como metodología para el mejoramiento de la misma.

4.2.1.1 Etapa preliminar

Durante esta etapa se define el equipo de trabajo, y en este caso, se decide continuar con las personas que iniciaron el proceso para llegar a este punto que son:

- Director de Producción
- Jefe de Mantenimiento
- Analista de información de Manufactura
- Coordinador de Producción
- Coordinador de Productividad
- Además se incluyen el personal Técnico y Operario que interviene en este proceso.

Con ellos se realiza un entrenamiento teórico para que el equipo quede homologado en los principios y bases de lo que es el SMED para poder dar inicio formal al desarrollo y aplicación de la herramienta.

Para comenzar el proceso, es necesario establecer el foco de trabajo dado que el horno cuenta con 15 referencias, por lo que a través de un levantamiento de información de 3 meses atrás, se hace una consolidación de la información de los principales cambios y los tiempos requeridos en cada uno de ellos. Ver Tabla 24.

Tabla 24. Identificación del Setup

IDENTIFICIÓN DEL SET UP		Tiempo promedio de alistamiento (minutos)	Frecuencia (número de eventos)	Tiempo total (minutos x eventos)
De proceso	A proceso			
Amarillo1	Azul1	51,8	17	881
Amarillo2	Violeta3	30,0	22	659
Amarillo3	Naranja2	40,2	12	482
Amarillo4	Amarillo1	42,6	7	298
Azul 1	Amarillo1	46,2	5	231
Azul 2	Naranja3	22,6	10	226
Azul 3	Violeta4	47,5	4	190
Azul 4	Naranja4	21,3	8	170
Violeta1	Amarillo2	21,7	6	130
Violeta2	Violeta1	6,1	21	128
Violeta3	Azul 2	9,7	13	126
Violeta4	Amarillo4	53,0	2	106
Naranja1	Violeta2	21,0	4	84
Naranja2	Amarillo3	11,1	7	78
Naranja3	Naranja2	32,5	2	65

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se evidencia que el cambio más representativo es pasar de la referencia Amarillo 1 a Azul 1, que presenta en promedio 51,8 minutos/alistamiento; es por esto que este será el cambio a analizar en el equipo trabajo.

4.2.1.2 Etapa de Implementación

En esta etapa comienza todo el desarrollo metodológico del SMED de la siguiente forma

4.2.1.2.1 Identificar las actividades del Set up

Es la etapa donde se realiza la grabación del video para posteriormente realizar el registro de la situación actual del cambio junto con el layout de la descripción del proceso, para establecer tiempos y distancias recorridas durante el proceso del set up.

Con el equipo definido se programó el cambio de la referencia Amarillo1 a la referencia Azul1 para dar inicio a la grabación del video, descripción del proceso y registro del setup. Una vez se realiza esta medición el tiempo obtenido para realizar el cambio fue de 55 minutos con 48 segundos y la distancia recorrida fue de 383,17 metros, información detallada que se puede observar en el Registro del Setup. Ver tabla 25 (Registro del Setup)

Tabla 25. Registro del Setup

REGISTRO DE SETUP Cambio de referencia Amarillo1 a referencia Azul1					
Nº	Actividad	Tiempo Inicio	Tiempo Fin	Tiempo en cada etapa	Ditancia recorrida (m)
1	Reportar el cambio a los operadores de la referencia a trabajar (Azul1)	00:00:00	00:01:14	00:01:14	18,99
2	Revisar existencia del material de Empaque	00:01:14	00:01:30	00:00:16	8,04
3	Ir por el material de empaque al almacén	00:01:30	00:03:16	00:01:46	46,11
4	Espera por personal y herramientas	00:03:16	00:07:42	00:04:26	58,71
5	Parametrizar los equipos con la información de la nueva referencia	00:07:42	00:10:24	00:02:42	16
6	Desmontaje implementos Amarillo1	00:10:24	00:12:18	00:01:54	5,24
7	Cambio de equipos Amarillo1 a Azul1	00:12:18	00:17:48	00:05:30	2,07
8	Montaje de implementos Azul1	00:17:48	00:19:29	00:01:41	21,17
9	Parametrizar el programa Azul1	00:19:29	00:21:32	00:02:03	3,27
10	Ajuste distancias guías	00:21:32	00:24:39	00:03:07	14,25
11	Ajustes de material de empaque	00:24:39	00:25:54	00:01:15	3,94
12	Ajuste de producto en máquinas	00:25:54	00:28:49	00:02:55	14,23
13	Validación de la entrega de producto a la máquina empacadora	00:28:49	00:29:57	00:01:08	12,03
14	Actualización de información de contadores para Azul1	00:29:57	00:32:15	00:02:18	22,97
15	Ensayo de máquina para porción individual	00:32:15	00:34:06	00:01:51	10,32
16	Realizar ajustes en las máquinas	00:34:06	00:36:21	00:02:15	10,6
17	Retira material de empaque	00:36:21	00:38:29	00:02:08	12,25
18	Verifica medidas del papel	00:38:29	00:39:48	00:01:19	5,43
19	Arranca proceso	00:39:48	00:39:59	00:00:11	0,83
20	Realizar ajustes en las máquinas	00:39:59	00:41:15	00:01:16	7,01
21	Reinicia máquina	00:41:15	00:46:12	00:04:57	37,34
22	Montaje de material de empaque	00:46:12	00:50:13	00:04:01	24,27
23	Reinicio proceso	00:50:13	00:53:49	00:03:36	16,4
24	Primer producto bueno	00:53:49	00:55:48	00:01:59	11,7
Tiempo y Distancia total Set up			**00:55:48**		**383,17**

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2 Analizar las actividades del Set up

Una vez realizada la medición de las actividades para realizar el cambio, los tiempos invertidos y las distancias recorridas, se procede a realizar el análisis del Setup, en el cual se entiende el proceso, se establecen las actividades internas y externas y se establece una propuesta de mejoramiento de tal forma que se pueda optimizar el proceso del cambio.

Con la elaboración del análisis del Setup se propone entonces pasar de un total de 24 actividades en la propuesta actual a 18 actividades, las cuales implican un mejoramiento en los recorridos de 225,77 m, pasando de 383,17m a 157,4 m y un mejoramiento en el tiempo del alistamiento de 31 minutos 09 segundos, tiempo que será logrado con la ejecución de unas acciones establecidas por el grupo interdisciplinario, que a partir de sus conocimientos se definirán. Ver tabla 26 (Análisis del Setup) y tabla 27 (Resumen de análisis del Setup).

Tabla 26. Análisis del Setup

ANÁLISIS DEL SETUP Cambio de referencia Amarillo1 a referencia Azul1														
Nº	Actividad	Actual			Análisis ECRS				Propuesta de Mejoramiento					Acciones
		Tiempo Interno	Tiempo Externo	Distancia	Eliminar	Combinar	Reducir	Simplificar	Tiempo Interno	Tiempo Externo	Distancia	Operario	Auxiliar	
1	Reportar el cambio a los operadores de la referencia a trabajar (Azul1)		00:01:14	18,99	X					00:00:00	10,20			El coordinador será el encargado de reportar a los operadores las referencias a trabajar
2	Revisar existencia del material de Empaque		00:00:16	8,04		X # 3				00:00:16	8,04		X	Será el auxiliar y no el operador quien realice el proceso de validación y recolección del material de empaque a utilizar
3	Ir por el material de empaque al almacén		00:01:46	46,11		X # 2				00:01:46	46,11		X	
4	Espera por personal y herramientas		00:04:26	58,71			X			00:01:00	19,57			El personal adicional será contactado por el coordinador antes de que el cambio ocurra. Implementar un herramientero cerca a la máquina
5	Parametrizar los equipos con la información de la nueva referencia	00:02:42		16			X		00:02:00		8,00		X	Entrenamiento al auxiliar para el desarrollo de esta actividad
6	Desmontaje implementos Amarillo1	00:01:54		5,24			X		00:01:50		2,62	X		Optimización - Estandarización
7	Cambio de equipos Amarillo1 a Azul1	00:05:30		2,07				X	00:03:30		2,00	X		
8	Montaje de implementos Azul1	00:01:41		21,17	X				00:01:00		0,00	X	X	
9	Parametrizar el programa Azul1		00:02:03	3,27	X					00:00:00	0,00			Es una actividad para el coordinador
10	Ajuste distancias guías	00:03:07		14,25			X		00:01:00		5,25	X		
11	Ajustes de material de empaque	00:01:15		3,94			X		00:01:00		2,00	X		
12	Ajuste de producto en máquinas	00:02:55		14,23			X		00:01:20		2,85	X		
13	Validación de la entrega de producto a la máquina empacadora	00:01:08		12,03			X		00:00:30		2,03		X	Incluir en el estándar del auxiliar las nuevas actividades a desarrollar
14	Actualización de información de contadores para Azul1	00:02:18		22,97			X		00:01:30		15,96		X	Actualizar matrices de conocimientos y habilidades tanto del operador como del auxiliar
15	Ensayo de máquina para porción individual	00:01:51		10,32			X		00:01:51		5,16	X		
16	Realizar ajustes en las máquinas	00:02:15		10,6					00:02:15		10,60	X		
17	Retira material de empaque	00:02:08		12,25	X				00:00:00		0,00			
18	Verifica medidas del papel		00:01:19	5,43			X			00:01:00	0,00	X		Realizar el proceso de validación de materiales con anterioridad Contar con un listado de las medidas de los materiales de empaque
19	Arranca proceso	00:00:11		0,83					00:00:11		0,83			
20	Realizar ajustes en las máquinas	00:01:16		7,01	X				00:00:00		0,00			
21	Reinicia máquina	00:04:57		37,34	X				00:00:00		0,00			
22	Montaje de material de empaque	00:04:01		24,27			X		00:02:00		16,18			
23	Reinicio proceso	00:03:36		16,4	X				00:00:00		0,00			
24	Primer producto bueno	00:01:59		11,7			X		00:00:40		0,00			
Total Actual		00:44:44	00:11:04	383,17	Total Propuesta				00:20:37	00:04:02	157,40			
		00:55:48							00:24:39					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Resumen Análisis del Setup

	Tiempo	Distancia
Total Actual	00:55:48	383,17
Total Propuesta	00:24:39	157,40
Mejoramiento estimado	00:31:09	225,77

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.3 Mejorar las actividades del Setup interno

Con el proceso de mejoramiento establecido en el análisis del Setup se buscará mejorar tanto los tiempos como las distancias recorridas en cada una de las actividades del Setup interno de la siguiente manera:

Tabla 28. Resumen actividades internas del Setup

Actividades Internas	Tiempo	Distancia
Total Actual	00:44:44	242,62
Total Propuesta	00:20:37	73,48
Mejoramiento estimado	00:24:07	169,14

Fuente: Elaboración propia

Para lograrlo se buscará implementar procesos de estandarización de actividades, mejorar la ubicación de las herramientas, la distribución de las actividades realizadas por los operadores, entre otros.

4.2.1.2.4 Mejorar las actividades del Set up externo

Para el mejoramiento del Setup externo, el análisis arrojó un objetivo a lograr de 7 minutos de reducción en el tiempo de las actividades y 56,63 metros menos de distancia a recorrer, los cuales se lograrán a través de la implementación de otras herramientas de Lean manufacturing como lo son las 5´S y controles visuales, así como una preparación anticipada con listas de chequeo para mejorar dichas actividades.

Tabla 29. Resumen actividades externas del Setup

Actividades Externas	Tiempo	Distancia
Total Actual	00:11:04	140,55
Total Propuesta	00:04:02	83,92
Mejoramiento estimado	00:07:02	56,63

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.5 Ejecutar operaciones simultáneamente

Para esta etapa utilizan personas adicionales (si son necesarias) para ejecutar simultáneamente actividades del Setup, lo que no implica un incremento en la cantidad de mano de obra directa a ser contratada sino una mejor utilización de los recursos.

En el piloto realizado en la línea de crackers se establece realizar el proceso de alistamiento de la referencia Amarillo1 a Azul1 utilizando no sólo el operario principal sino un auxiliar, que asuma ciertas actividades y permitan optimizar tiempos y recorridos. Es importante aclarar que en este caso no se requiere incrementar el número de personas contratadas sino una optimización de los recursos, dado que algunas personas al terminar su alistamiento quedaban con tiempo ocioso mientras sus otros compañeros continuaban en alistamiento, ahora lo apoyan y el tiempo es menor.

4.2.1.2.6 Revisar todas las actividades anteriores y mejorarlas

Establecer un ciclo de mejoramiento continuo.

4.2.1.2.7 Documentar y estandarizar

Para llevar a cabo estas dos etapas es muy importante poner sobre un plan las acciones a ejecutar que permitirán obtener la meta esperada, que sale como resultado del análisis del Setup, para ello se lleva a cabo la implementación de una herramienta llamada 5W + 2H. Ver tabla 30 (Plan de acción)

Tabla 30. Plan de acción.

ACCIONES DE MEJORA DE SETUP 5W + 2H							
N°	Actividad	Objeto de la Mejora	Medida de la Mejora	Lugar de la Mejora	Responsable	Costo de la Mejora	Cronograma de ejecución
	Which (Cuál)	What (Qué)	How (Cómo)	Where (Dónde)	Who (Quién))	How much (Cuánto)	When (Cuándo)
1	Reportar el cambio a los operadores de la referencia a trabajar (Azul1)	Eliminar	Esta actividad entra a ser parte de las funciones del coordinador de producción	Línea Crackers	Coordinadores de Producción	$ 0	Octubre
2 3	Revisar existencia del material de Empaque. Ir por el material de empaque al almacén	Combinar	Incluir en el estándar de operación del auxiliar estas tarear que ahora no serán parte de las funciones del operario	Zona de empaque	Auxiliar	$ 0	Octubre
4	Espera por personal y herramientas	Reducir	El personal adicional será contactado por el coordinador antes de que el cambio ocurra.	Línea Crackers	Coordinadores de Producción	$ 0	Octubre
		Reducir	Implementar un herramientero cerca a la máquina	Zona de empaque	Equipo SMED	$ 250.000	Diciembre
5 14	Parametrizar los equipos con la información de la nueva referencia. Actualización de información de contadores para Azul1.	Reducir	Entrenamiento al auxiliar para el desarrollo de esta actividad e incluir en matriz de conocimientos y habilidades	Zona de empaque	Operario experto	$ 0	Noviembre
6 7 8 13	Desmontaje implementos Amarillo1 Cambio de equipos Amarillo1 a Azul1 Montaje de implementos Azul1 Validación de la entrega de producto a la máquina empacadora	Reducir	Establecer estándares de operación tanto para operadores como auxiliares	Línea Crackers	Equipo SMED	$ 0	Noviembre
9	Parametrizar el programa Azul1	Eliminar	Esta actividad entra a ser parte de las funciones del coordinador de producción	Línea Crackers	Coordinadores de Producción	$ 0	Noviembre
18	Verifica medidas del papel	Reducir	Realizar el proceso de validación de materiales con anterioridad. Contar con un listado de las medidas de los materiales de empaque	Zona de empaque	Operario experto	$ 0	Diciembre

Fuente: Elaboración propia

Adicional al plan de acción de implementación de las actividades que permitan al equipo lograr el objetivo esperado, se establece un estándar provisional con las actividades que resultaron del Análisis del Setup, en la tabla 31.

Tabla 31. Estándar provisional del Setup

ESTÁNDAR PROVISIONAL DEL SETUP Cambio de referencia Amarillo1 a referencia Azul1						
Nº	**Actividad**	**Tiempo Interno**	**Tiempo Externo**	**Distancia**	**Operario**	**Auxiliar**
2	Revisar existencia del material de Empaque		00:00:16	8,04		X
3	Ir por el material de empaque al almacén		00:01:46	46,11		X
4	Espera por personal y herramientas		00:01:00	19,57	X	
5	Parametrizar los equipos con la información de la nueva referencia	00:02:00		8,00		X
6	Desmontaje implementos Amarillo1	00:01:50		2,62	X	
7	Cambio de equipos Amarillo1 a Azul1	00:03:30		2,00	X	
8	Montaje de implementos Azul1	00:01:00		0,00	X	X
10	Ajuste distancias guías	00:01:00		5,25	X	
11	Ajustes de material de empaque	00:01:00		2,00	X	
12	Ajuste de producto en máquinas	00:01:20		2,85	X	
13	Validación de la entrega de producto a la máquina empacadora	00:00:30		2,03		X
14	Actualización de información de contadores para Azul1	00:01:30		15,96		X
15	Ensayo de máquina para porción individual	00:01:51		5,16	X	
16	Realizar ajustes en las máquinas	00:02:15		10,60	X	
18	Verifica medidas del papel		00:01:00	0,00	X	
19	Arranca proceso	00:00:11		0,83	X	
22	Montaje de material de empaque	00:02:00		16,18	X	
24	Primer producto bueno	00:00:40		0,00	x	

Tiempo total interno	**0:20:37**				
Tiempo total externo		**0:04:02**			
Distancia total recorrida			**147,20**		
Total actividades Operador				**13**	
Total actividades Auxiliar					**6**

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.8 Aplicar Kaizen

Una vez obtenidas las metas de reducción del Setup, se deben establecer nuevas metas que le permitan al sistema mejorar y renovarse continuamente.

4.2.1.3 Evaluación de Resultados

Con la aplicación de la herramienta SMED

Con la aplicación de la herramienta SMED se han obtenido resultados tanto tangibles como intangibles a saber:

- Tangibles
    - Diminución del tiempo de cambio entre la referencia Amarillo1 a la referencia Azul1, logrando un proceso de mejoramiento continuo así, tal como se puede observar en la figura 6.

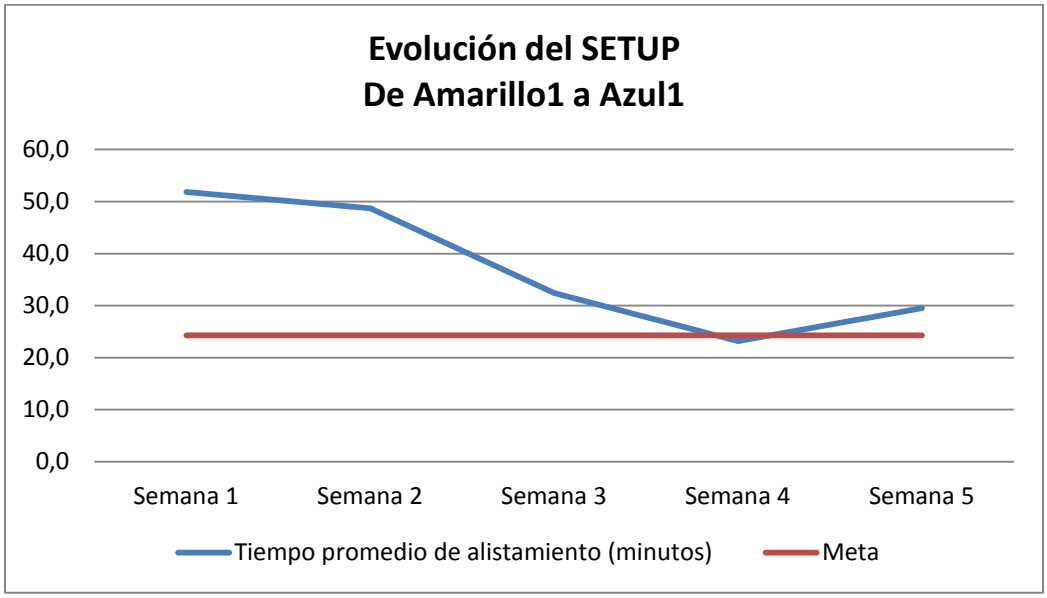

Figura 8. Evolución del Setup en el ejercicio piloto. (Elaboración propia)

    - Se logró una reducción significativa en el tiempo del Setup con un mínimo de inversión ($250.000), ya que la mayoría de las acciones planteadas se lograron con cero inversiones.
    - Estandarización de actividades.
    - Eliminación de actividades que no agregan valor en el proceso.

- Intangibles
    - Desarrollo de conocimientos y habilidades en las personas involucradas en el cambio, además de la formación adquirida que les permitirá ser operadores y auxiliares convertirse en maestros y guías en la utilización de esta metodología.
    - Mayor flexibilidad para responder a los requerimientos de clientes y consumidores.

5. CONCLUSIONES

- Existe en la literatura una gran cantidad de tipos de Flexibilidad de manufactura que han hecho que el entendimiento y la aplicación de sus conceptos presente una mayor complejidad, dada la amplitud de definiciones y su entendimiento, ya que algunos estudios utilizan el mismo nombre pero con una definición totalmente diferente.

- A partir de la revisión de la literatura se encuentra que la Flexibilidad de Manufactura se ha convertido en un constante reto para las empresas con el objetivo de cumplir con los requerimientos y necesidades de clientes y consumidores, en un mercado que busca cada vez más productos y servicios personalizados (hechos a la medida de quien lo requiere); es por esto que están abordando este tipo de presiones competitivas a través de una variedad de programas de mejora de la participación de la flexibilidad de fabricación, tales como el just-in-time, técnicas de personalización masiva (mass customization tecniques), los métodos basados en el tiempo de la competencia, y la manufactura ágil o Lean Manufacturing.

- Se logra diseñar un modelo que permite apoyar a las empresas en la identificación del tipo de Flexibilidad de Manufactura más adecuado, que representa una mayor oportunidad de mejoramiento y obtención de resultados que impacten positivamente la cadena de valor. Posteriormente, basados en unas calificaciones dadas por los expertos, el modelo diseñado realiza una sugerencia de qué herramientas de Lean Manufacturing utilizar.

- Se ejecutó el modelo diseñado en una planta piloto encargada de la elaboración de galletas crackers, llegando no sólo hasta la sugerencia de las herramientas a utilizar, sino hasta la implementación de tal sugerencia. Para este caso, el tipo de flexibilidad a trabajar con base en las matrices de Impacto – Facilidad fue la Flexibilidad del Changeover, con un nivel de complejidad medio que sugirió utilizar las herramientas VSM o SMED, esta última seleccionada y aplicada en el proceso productivo.

- Con la implementación de este tipo de herramientas de Lean Manufacturing en las empresas se logra afianzar los conocimientos y habilidades de los operadores con respecto a las máquinas, métodos, y procesos de los cuales son partícipes, permitiéndoles agregar valor a las actividades que desarrollan en sus labores diarias que mejora notablemente el proceso desde las 4M´s.

6. GLOSARIO

ACTIVIDAD QUE NO AGREGA VALOR: Es cualquier actividad que genera un costo y consume tiempo pero aporta valor directamente al proceso o producto.

AMEF (análisis de modo y efecto de fallas): Es una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos.

ANÁLISIS DE VALOR: Evaluación de las operaciones de un proceso para detectar y cuantificar actividades que agregan valor y determinar su contribución en el tiempo total de entrega.

ANÁLISIS MULTICRITERIO: El análisis multicriterio es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación que permite integrar diferentes criterios de acuerdo a la opinión de actores en un solo marco de análisis para dar una visión integral.

ANDON: Término japonés que significa “lámpara” y representa una señal visual o auditiva que permite detectar un problema de calidad de proceso, el estatus del proceso o reconocer rápidamente una situación anormal.

BLACK BELTS: Son líderes de la implementación de Lean Six Sigma con cualidades técnicas y de liderazgo para implementar proyectos de mejora de la organización.

CHANGEOVER: También llamado “cambio de línea”, “cambio” o “cambio de programa”.Abarca todas las actividades necesarias para producir un producto diferente en el mismo equipo, incluso las que no tienen que ver con el equipo.

CINCO S (5’S): Es una disciplina para establecer condiciones de orden y limpieza en cualquier área de trabajo. Las 5’s son Seiri (seleccionar), Seiton (organizar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (seguimiento).

GEMBA: Término japonés que significa “lugar de los hechos”.

GREEN BELTS: Son empleados de niveles diversos en la empresa que no se dedican de tiempo completo a las actividades de Six Sigma, y que conocen la metodología y herramientas a un nivel de aplicación en proyectos a los cuales son invitados.

JIDOKA: Término japonés que significa automatización. Es un dispositivo que permite que la máquina detecte y avise sobre algún problema en el producto.

JIT (Just in Time; justo a tiempo): Sistemas de producción que consiste en fabricar lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita.

KAIZEN: combinación de las palabras japonesas kai (cambiar) y zen (para bien) que significa mejora continua. Consiste en realizar eventos de mejora para implementar las herramientas Lean.

KANBAN: Es un sistema de información en el que se utilizan tarjetas para informar a los procesos que el cliente interno o externo ha retirado los productos y avisa el momento y la cantidad a producir para reponer en el tiempo y cantidad.

LEAD TIME (plazo de entrega): Es el tiempo necesario para producir un solo producto, desde el momento en el que el cliente hace su pedido hasta la entrega del mismo.

LEAN MANUFACTURING: Proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio.

MANUFACTURA CELULAR: Es un arreglo de máquinas y estaciones de trabajo en la secuencia del proceso, mismo que permite que los operadores trabajen dentro de la celda, con lo que se balancean las cargas, se mejora la comunicación y se logra el flujo de una sola pieza o lotes muy pequeños. Los materiales se entregan y manipulan fuera de la célula.

MAPA DE CADENA DE VALOR: Es una representación gráfica de un proceso desde la generación de los requerimientos del cliente, pasando por el control dela producción y materiales, hasta llegar a los proveedores. En este diagrama se dibuja el proceso completo de operaciones e inventarios en proceso y finalmente se cuantifica todo el tiempo de valor agregado y el tiempo de no valor para determinar los plazos de entrega.

MEJORA CONTINUA: Es un proceso sistemático para mejorar procesos, productos y el ambiente de trabajo, y requiere el compromiso de directivos y personal de toda la planta.

MUDA (desperdicio): Actividad que no agrega costo pero tampoco agrega valor al producto. Son siete los desperdicios o excesos: 1. Sobrecarga, 2. Sobreinventario, 3. Productos defectuosos, 4. Transportes de materiales y herramientas, 5. Procesos innecesarios, 6. Esperas, 7. Movimientos innecesarios del trabajador.

OEE (overall Equipment effectiveness; efectividad total de los quipos): Indicador que se obtiene multiplicando la disponibilidad por la eficiencia por la calidad.

OPERACIONES ESTÁNDAR: La mejor combinación del operador y de la máquina, utilizando la menor cantidad de mano de obra, espacio, stock y equipo.

PITCH: Representa el tiempo de producción y empaque de una unidad de producción en su correspondiente cantidad de productos por empaque.

POKA YOKE: Término japonés que significa “a pruebas de errores”. Un dispositivo poka yoke impide que errores humanos afecten una maquina o un proceso, y que los errores de un operador se conviertan en defectos.

PREPARACIÓN EXTERNA: elementos de preparación de herramientas que se pueden ejecutar con seguridad mientras la máquina está funcionando.

PREPARACIÓN INTERNA: Elementos de preparación de herramientas que se deben ejecutar mientras la máquina esta parada.

PRODUCTIVIDAD: es la relación de las salidas de un proceso y sus entradas.

SETUP: Abarca todas las actividades necesarias para preparar el equipo para producir un producto diferente, incluso las de preparación, ajuste y limpieza.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA: Basados en algunos de los principios de Henry Ford, el sistema describe la filosofía de una de las empresas más exitosas del mundo. Las bases del STP son: la nivelación de la producción y los soportes de just in time y de Jidoka.

SMED (single, minute Exchange of die; cambio de herramienta en un solo digito de minuto): Es el tiempo de preparación para cambiar de un producto a otro o iniciar una operación, logrado en menos de 10 minutos, utilizando una metodología de reducción de tiempos de preparación mediante eventos continuos de mejora.

STOCK: En general, se trata de la categoría de más alto costo; en stock consta de todas las materias primas, piezas comparadas, stock en proceso y productos terminados que aún no han sido vendidos al cliente.

TIEMPO DE CICLO: Es el tiempo que tarda un operador en completar un ciclo de trabajo. En general, es el tiempo que transcurre antes que se repita el ciclo.

TIEMPO TACK (Tack time): Es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente. Se obtiene dividiendo el tiempo total disponible entre la demanda del cliente.

TRABAJO ESTÁNDAR: Secuencia predeterminada de tareas que el operador debe completar en el tiempo tack.

VALOR AGREGADO: Cualquier actividad que transforme un producto o servicio para satisfacer la necesidad del cliente.

7. REFERENCIAS

Cuatrecasas, L. (2009). Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. Técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático Barcelona, España, Editorial PROFIT.

Cuatrecasas, L. (2010). Lean Management: La gestion competitiva por excelencia. Barcelona, España, Editorial PROFIT.

Da Silveira, G. J. C. (2006). "Effects of simplicity and discipline on operational flexibility: An empirical reexamination of the rigid flexibility model." Journal of Operations Management (24): 932-947.

De Toni, A. and S. Tonchia (1998). "Manufacturing flexibility: a literature review." International Journal of Production Research **36**(6): 1587-1617.

Feld, W. M. (2001). Lean Manufacturing. Tools, Techniques, and How To Use Them. United States of America, CRC.

Gerwin, D. (1987). "An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes." International Journal of Operations & Production Management **7**(1): 38-49.

Gerwin, D. (1993). "Manufacturing Flexibility A Strategic Perspective." Management Science **39**(4): 395-410.

Gupta, D. (1993). "On measurement and valuation of manufacturing flexibility." International Journal of Production Research **31**(12): 2947-2958.

http://fundamentosindustriales.jimdo.com/. "Lean Manufacturing."

http://www.bizbodz.com/ Step by step guide to value stream mapping.

http://www.bomconsulting.net. "Consultoría, transferencia de conocimiento y acompañamiento en procesos de transformación lean.".

http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s_cap3. "Las 5S, herramientas de cambio."

Jones, D. T. and J. P. Womack (2012). Lean Thinking. España, Ediciones Gestión 2000.

Linch, R. L. and K. F. Cross (1999). Measure Up: Yardisticks for Continuous Improvement. Massachusetts, USA, Blackwell.

O´Gayar, C. S. Curso de Lean Manufacturing: “Mejora de procesos y reducción de costes, FEMEVAL. Federación Empresarial Metalurgia Valenciana.

Patterson, P. M. (2008). An empirical investigation of manufacturing flexibility and organizational performance as moderated by strategic integration and organizational infrastructure. Texas, University of North Texas. Doctor of Philosophy: 256.

Peña, G. E. (2012). Notas de Clase. Herramientas y Técnicas para la Gestión de la Calidad. . Control Estadístico de la Calidad. . Medellín, Universidad Nacional de Colombia

Rajadell Carreras, M. and J. L. Sánchez García (2010). Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad. España, Ediciones Díaz de Santos.

Santos, E. and M. D. Hanna (2009). "A theoretical review of flexibility, agility and responsiveness in the operations management literature: Toward a conceptual definition of customer responsiveness." International Journal of Operations & Production Management **29**(1): 30-53.

Sheti, A. K. and S. P. Sheti (1990). "Flexibility in manufacturing: A survey " international Journal of Flexible Manufacturing Systems **2**(4): 289-328.

Shewchuk, J. P. and C. L. Moodie (1998). "Definition and Classification of Manufacturing Flexibility Types and Measures." The International Journal of Flexible Manufacturing Systems **10**: 325-349.

Slack, N. (1987). "The flexibility of manufacturing systems " International Journal of Operations & Production Management **3**(3): 4-13.

Socconini, L. (2010). Lean manufacturing. Paso a paso, Grupo editorial norma.

Viswanadham, N. and N. R. Srinivasa (1997). "Flexibility in manufacturing enterprises." Sddhana **22**(2): 135-163.

Vokurka, R. J. and S. W. O’Leary-Kelly (2000). "A review of empirical research on manufacturing flexibility." Journal of Operations Management **18**: 485–501.