

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



“Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para reducción y optimización de tiempos en la línea de producción de cerveza artesanal”

Propuesta de Investigación para acreditación de Proyecto IMA I
por:

Karen Lizeth Barrera Fermín
Aldo Pimienta Valero
Hannia Karely Rocha Resendez
Aura Mariana Salinas Pedroza

Supervisado por:
Ing. Isaac Estrada

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para reducción y optimización de tiempos en la línea de producción de cerveza artesanal”

Propuesta de Investigación para acreditación de Proyecto IMA I
por:

Karen Lizeth Barrera Fermín
Aldo Pimienta Valero
Hannia Karely Rocha Resendez
Aura Mariana Salinas Pedroza

Supervisado por:
Ing. Isaac Estrada

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza

RESUMEN

Con el presente trabajo se pretende mejorar la celda de manufactura actual extraída de un trabajo de investigación con el fin de reducir costos, mejorar el proceso, eliminar desperdicios, aumentar la satisfacción de los clientes en cuestión a servicio, precio y calidad, así mismo, detectar cualquier irregularidad, inconsistencia o variación en la línea de producción que difícilmente podríamos identificar en una celda de manufactura que no está bien estructurada, es decir, que el orden de las máquinas para satisfacer cada proceso no se encuentra distribuido conforme al flujo que debe seguir, y para ello se recorren grandes distancias al trasladarse de un proceso a otro.

Al establecer un flujo continuo de producción se espera que con esto se llegue a detectar a tiempo alguna irregularidad en la producción de la cerveza, y con esto no llegar a producir una cerveza defectuosa, y de esta manera disminuir las pérdidas de material tiempo, dinero y energía. Se pretende cambiar la secuencia de trabajo de modo que se recorran menos distancias para cada cambio de proceso, como se observará más adelante uno de los principales problemas que se abordará es el tiempo que tarda el área de etiquetado y acondicionado.

Para obtener mejores resultados se propone modificar la celda de manufactura actual en arreglo “L” y “U”, con el propósito de escoger la alternativa más viable, con la cual se obtengan menos despilfarros, desde eliminar despilfarros de tiempos muertos en traslados, y con ello disminuir el tiempo total para producción del lote de cerveza. Una de las herramientas utilizadas para la simulación de la celda es la aplicación de *Onshape*, la cual es un sistema de software de diseño asistido por computadora. Dado que no contamos con licencias de programas como *AutoCAD*, se opta por elegir dicha herramienta con el fin de optimizar el tiempo de la elaboración, ya que es de acceso gratuito, tiene interfaz amigable al usuario y eso facilita su uso. La hipótesis se quiere comprobar al detectar el problema relacionado con el despilfarro de tiempos en la línea de producción y con ello detectar cuál herramienta de *Lean Manufacturing* usar para la resolución de este. Con lo anterior también se quiere comparar los resultados obtenidos contra los anteriores.

El fenómeno de la globalización ha incrementado los desafíos a los que debe enfrentar la industria, por ello, se busca cumplir con la demanda actual del mercado el cual va en aumento aportando una metodología para mejorar la capacidad de producción de una empresa, dando como beneficio el incremento a la competitividad y posicionamiento en el mercado, así como tiempos de entrega más rápidos a bajo costo a fin de mejorar el desempeño en la línea de producción y poder cubrir las necesidades de los clientes.

GLOSARIO

- **ASME.** Acrónimo de *American Society of Mechanical Engineer*. Es una asociación profesional, que además ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos. Entre otros, calderas y recipientes a presión.
- **DAP.** Diagrama de Actividades de Proceso. Es una representación gráfica simbólica del trabajo realizado o que se va a realizar en un producto a medida que pasa por algunas o por todas las etapas de un proceso.
- **Fordismo.** Principal característica que utilizó Ford en la fabricación de vehículos. Consiste en delegar una tarea determinada a cada trabajador, especializándose en ella y consiguiendo los mejores tiempos de trabajo
- **Jidoka.** Es una palabra japonesa que se traduce en automatización con un toque humano. Tiene la capacidad de reaccionar, generalmente parando la instalación ante la aparición de un defecto, cuando la pieza sale defectuosa.
- **Just in time.** Tiene como objetivo reducir costes a través de la eliminación de despilfarro. Se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso.
- **Lead time.** Tiempo de ciclo, de entrega o de suministro. Hace referencia al tiempo que discurre desde que se genera una orden de pedido a un proveedor hasta que se entrega la mercancía de ese proveedor al cliente.
- **Lean Manufacturing.** Manufactura esbelta. Son herramientas que eliminan las operaciones que no le agregan valor al producto, servicios y procesos.
- **Onshape.** *Software* basado en la nube. Mediante el uso de servidores basados en internet, se puede colaborar en un mismo modelo, editando e interactuando a la vez.

- **PLC.** Acrónimo de *Programmable Logic Controller*. Controlador lógico programable, consiste básicamente en una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.
- **Producción pull-flow.** Consiste en generar señales de demanda y prioridades lo más cerca posible de las necesidades reales del mercado.
- **SMED.** Acrónimo de *Single-Minute Exchange of Dies*. Consiste en cambiar partes de la máquina en minutos. Así, uno de los objetivos que se persiguen con esta metodología es que cualquier cambio de máquina no supere la cifra de 10 minutos.
- **Taylorismo.** Sistema de producción industrial basado en las teorías de Frederick Taylor. Se basa en los procesos productivos y la especialización de los trabajadores, apoyando a una producción en cadena que permita maximizar la productividad en la mano de obra.
- **Toyotista.** Sistema de producción utilizada por la empresa japonesa Toyota. Consistía en el aumento de la productividad a través de la gestión, organización y el trabajo combinado que supera a la mecanización e individualización del trabajo.
- **TPS.** Del acrónimo de *Toyota Production System*. Es una filosofía de trabajo donde todas las decisiones se toman mirando a largo plazo, aunque ello resulte perjuicios a corto tiempo. El objetivo de estas técnicas es producir cosas eficientemente para generar beneficios que aseguren la supervivencia de la compañía.

SIMBOLOGÍA

- [s] segundos
- [m] metros

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Hipótesis	10
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 Objetivo General.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	12
2.1 Antecedentes.....	12
Antecedentes históricos del Lean Manufacturing	13
2.2 Marco Teórico	15
2.2.1 Lean Manufacturing	15
2.2.2 Despilfarro	15
2.2.3 Flujo de materiales.....	16
2.2.4 Celda de manufactura	17
2.2.4.1 Diseño de celdas de manufactura	18
2.2.4.2 Objetivos de la distribución de planta	21
2.2.5 Mejora de tiempos	21
2.2.6 Flujo de procesos	23
2.2.7 Proceso de Cerveza.....	23
CAPITULO 3. CAPITULO EXPERIMENTAL	27
3.1 Celda de manufactura actual.....	27
3.2 Propuesta 1: Disposición en “U”	32
3.3 Propuesta 2: Disposición en “L”	35
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
CAPITULO 5. CONCLUSIÓN Y TRABAJO A FUTURO.....	41
BIBLIOGRAFÍA	42

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Celda en arreglo L.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. Celda en arreglo U.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Flujo del proceso actual.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4. Layout inicial.....</i>	<i>30</i>

<i>Figura 5. Flujo de proceso actual dividido por áreas de trabajo</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6. Vista frontal, lateral e isométrica del rack propuesto</i>	<i>32</i>
<i>Figura 7. Flujo del proceso de arreglo en “U”</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8. Flujo del proceso de arreglo en “L”</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9. Gráfico comparativo entre distancias [m] de los tres arreglos</i>	<i>38</i>
<i>Figura 10. Gráfico comparativo entre tiempos [s] de los tres arreglos</i>	<i>39</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Estado del Arte</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2. Simbología empleada en diagramas de proceso de operaciones.</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3. DAP del arreglo actual</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4. DAP del arreglo propuesto en “U”</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. DAP del arreglo propuesto en “L”</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6. Comparativo de resultados obtenidos.....</i>	<i>38</i>



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida que puede ser encontrada en cualquier supermercado, sin embargo, para ello se han implementado una serie de procesos que van desde la germinación del cereal, pasando por su maceración, hasta su cocción y su fermentación. Es considerado un proceso que debe ser tratado con cuidado y se caracteriza por todos y cada uno de los ingredientes utilizados, así como de la manera en que se realiza cada secuencia individual. Por lo anterior es que se encuentra una gran variedad de cervezas en el mercado, con este proyecto se analiza un proceso para la obtención de cerveza y se desea encontrar formas de reducir los tiempos de preparación, eliminar el despilfarro y las actividades sin valor agregado, a su vez, también se pretende encontrar la manera de convertir el tiempo inactivo de preparación en tiempo de producción regular, todo lo anterior aplicando herramienta(s) de la manufactura esbelta.

Al aplicar herramientas de *Lean Manufacturing* se busca eliminar las operaciones que no le agregan valor al producto, servicios y procesos, de modo que se aumente el valor del producto y con ello se elimine lo que no se requiere y por ende se reduzcan desperdicios. Se tiene como problemática principal los tiempos muertos en recorridos y traslados de una estación a otra, es decir, el traslado que conlleva el cambiar de un proceso a otro para cumplir con el lote de producción de cerveza.

Un obstáculo para conseguir un flujo continuo es una incorrecta distribución en la línea de producción y en la planta en general, afecta desde la velocidad en los procesos hasta el tiempo de respuesta en entrega al cliente. Una celda de manufactura, en cambio, ordena las máquinas junto con el personal en un proceso secuencial donde se incluyan todas las operaciones que agregan valor al producto, se puede trasladar de un proceso a otro eficientemente.

A medida que pasa el tiempo las empresas aumentan en tamaño y complejidad, por lo que llega a ser de suma importancia que día con día se busque aumentar la eficiencia de las mismas y que se tenga el control de todos los procesos involucrados, y que esto a su vez permita incrementar ganancias, reducir costos y ofrecer productos de alta calidad, de modo que ante cualquier problema se tengan soluciones alternativas que puedan brindar solución a

los diversos problemas que puedan surgir debido a la mala gestión y optimización de procesos en líneas de producción.

1.1 Hipótesis

Se propone la aplicación de metodologías de *Lean Manufacturing* en el tema de la reducción de tiempos innecesarios que perjudiquen la productividad y optimicen la línea de producción de cerveza.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Se planea empezar con un análisis y revisión de los procesos que conforman la línea productiva de la cerveza, para después identificar problemas relacionados con la pérdida de tiempo y así escoger la mejor o mejores herramientas del *Lean Manufacturing* para poder darles solución al problema y/o problemas encontrados. Lo anterior ayudará a prevenir y reducir los problemas que puedan presentarse en un futuro posterior a la aplicación de las herramientas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Comenzar con una investigación vasta sobre todos los procesos involucrados dentro de una línea productiva de cerveza.
- b) Evaluar cada paso que conforma la manufactura de cerveza.
- c) Sintetizar los problemas encontrados relacionados con la pérdida de tiempo en diferentes grupos donde en cada uno se pueda implementar la resolución con el uso de una herramienta de *Lean Manufacturing*.
- d) Reevaluar la solución de los problemas en caso de ser necesario.
- e) Comparar el desempeño de la línea productiva después de la aplicación de herramientas de manufactura esbelta contra el desempeño antes de dicha aplicación.
- f) Examinar los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis.



CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES Y
ESTADO DEL ARTE

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

Tabla 1. Estado del Arte

Nombre	Autor(es)	Resumen
<i>Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries</i> (2015) http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242015000300013	Rui Borges Lopes, Filipa Freitas, Inês Sousa	En dos empresas se aplicaron metodologías del <i>Lean Manufacturing</i> . En compañía A dedicada a elaboración de bebidas alcohólicas, se implementó las 5S en la línea de embotellado y <i>SMED</i> para reducir tiempos de cambio de herramienta en la misma línea de embotellado. En la compañía B, de giro alimenticio, se aplicó SMED en la línea de empaquetamiento.
<i>Propuesta de mejora de una línea de bebidas para incrementar su productividad</i> (2018)	Cabrera Huancahuire Pedro Miguel, Carrillo Peredo Pedro Alberto, Huaricanha Cristóbal Royer Greimm	Propuesta de mejora en una empresa dedicada a la fabricación de bebidas con la finalidad de mejorar la productividad de la línea de producción, eliminando problemas por paradas rutinarias y de equipos, utilizando cambios de formato con metodología <i>SMED</i> .
<i>Diseño e implementación de un sistema de automatización para una línea de producción de cerveza artesanal</i> (2018)	María Cristina Terán Terán	Diseño de un sistema de automatización para una línea de producción de cerveza artesanal controlado mediante un <i>PLC</i> . Se incluye el desarrollo teórico de los aspectos de elaboración de cerveza.

Antecedentes históricos del Lean Manufacturing

El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX, la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil, se contagió al resto de los sectores. Es conocida la crisis del modelo de producción en masa, que encontró en el fordismo y taylorismo su máxima expresión [1].

El fordismo [2] es un sistema de producción en cadena implementado por Henry Ford a partir del año 1908, su origen nace de una mejora del taylorismo, y está basado en la producción en cadena donde se reduce costos asociados a la producción y a la vez, disminuye el tiempo de esta.

El logro histórico del taylorismo fue acabar con el control que el obrero ejercía sobre cómo hacer el trabajo y los tiempos de producción. En la lógica taylorista se persigue el objetivo de buscar prioritariamente la optimización del conjunto de producción, sin embargo, con lo anterior crecían los lotes de producción y se acumulaban los stocks y el ciclo de producción se alargaba. Tras la crisis económica de 1929 en Estados Unidos, se sufrió una crisis de sobre producción, manifestada en índices bajos de consumo en relación con la capacidad productiva real, lo que hizo necesaria la implementación de ajustes que dieron paso al fordismo, que lograba generar un mercado para la gran producción acumulada [1].

Las raíces del Lean pueden encontrarse en la compañía japonesa Toyota. Los orígenes del *TPS* [3] datan a los principios del siglo XX. Los padres del sistema fueron Sakichi Toyoda, sus dos hijos Kiichiro y Eiji Toyoda y un ingeniero en manufactura, Taiichi Ohno. En 1910 Sakichi Toyoda visitó Estados Unidos por primera vez y se dio cuenta que la nueva era automotriz estaba comenzando, en 1929 Kiichiro Toyoda llegó a Estados Unidos con el objetivo de examinar las compañías locales de la industria automotriz, particularmente se fascinó por el modelo de producción de Ford. Consecutivamente cuando la compañía Toyota comenzó su producción, Kiichiro decidió implementar algunas resoluciones que observó en Estados Unidos.

A fines de los años 60 el fordismo comenzó a erosionarse, el modelo llegaba a su límite y era necesaria una adaptación. A finales de 1949 un colapso de ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de la mano de obra después de una larga huelga. En 1950, Eiji Toyoda, realizó un viaje a la planta Rouge de Ford en Detroit, Estados Unidos y se dio cuenta de que el principal problema de un sistema de producción son los desperdicios [2].

Parece que debido a la visita de Eiji Toyoda, él junto con Taiichi Ohno fueron capaces de crear un sistema que unía a los dos pilares del *TPS* (*Jidoka* y *Just-In-Time*) con la línea de montaje de Ford. Poco después de la mejora anterior, Taiichi Ohno presentó otro concepto llamado “*producción pull-flow*”, una antigua práctica en los supermercados estadounidenses. Esta práctica se basa en demanda anticipada, facilitando la reducción de sobre producción [5].

Después de la crisis del petróleo de 1973, [1] se impuso en muchos sectores el nuevo sistema de producción ajustada (*Lean Manufacturing*) de forma que empezó a transformar la vida económica mundial por la difusión del toyotismo como sustituto del *fordismo* y *taylorismo*. El propósito de la nueva forma de trabajar es eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción para alcanzar reducción de costes, cumpliendo con los requerimientos de los clientes.

El término *Lean Manufacturing* se estableció en 1991 por James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos del MIT (*Instituto de Tecnología de Massachussets*) en su libro “La máquina que cambió al mundo”, en donde compararon las compañías americanas y japonesas [3]. El libro anterior habla sobre la nueva forma de producción llamada *Lean*, traducida del inglés como magro, esbelto, quedándose en su forma original y provoca que el mundo industrial se copie del nuevo sistema.

El modelo *toyotista* sintéticamente se resume en los siguientes puntos [1]:

1. Eliminación del despilfarro y suministro justo a tiempo de los materiales.
2. La relación, basada en confianza y la transparencia, con los proveedores elegidos en función de su grado de compromiso en la colaboración a largo plazo.

3. Una importante participación de los empleados en decisiones relacionadas con la producción: parar la producción, intervenir en tareas de mantenimiento preventivo, aportar sugerencias de mejora, etc.
4. El objetivo de la calidad total es una tolerancia cero al despilfarro, es decir, eliminar los posibles defectos lo más pronto y en el momento en que son detectados, incluyendo la implantación de elementos para certificar la calidad en cada momento.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Lean Manufacturing

Se define como un sistema de producción basado en la eliminación del desperdicio [4]. Tiene como base la mejora continua, el control total de la calidad, además del aprovechamiento de todo el potencial que se consiga en la cadena de producción y la activa contribución de los operadores.

La metodología y las herramientas de este sistema se caracterizan por la flexibilidad y la capacidad de adaptar el proceso productivo a la demanda del mercado, así como también el desarrollo de los trabajadores en tener una disciplina, control y compromiso en sus labores

“Tiene como objetivo reducir al mínimo los residuos de forma continua para maximizar el flujo. Tiene su enfoque en la reducción de costes, minimización de residuos y una mejor gestión de materiales. Existen varias herramientas y técnicas para poner en práctica los principios en una industria” [5]. Simplificar los procesos, modificar el flujo actual para incrementar el tiempo de las actividades que generan valor, con un mejor flujo, más rápido y con menores costos para los clientes son los objetivos que se quieren llegar para una mejora.

2.2.2 Despilfarro

El despilfarro [6] se define como toda actividad que no añade valor. Cabe señalar que, dentro del proceso, existen actividades necesarias, aunque no tengan un valor añadido. Eliminando los despilfarros, las empresas tienen a su disposición las herramientas necesarias para una mejora en su línea de producción.

Dentro de este concepto, el tiempo muerto es el tiempo durante la realización del proceso que no se añade valor. Esto incluye esperas de material, de información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso de lote y cuellos de botella. Se genera una espera en el proceso productivo debido a que una fase en la línea de producción se retrasa, con lo cual el material no llega a tiempo para su debido proceso. Una de las causas más importantes es el tiempo que lleva al operario desplazarse de una máquina a otra o de un proceso a otro. Algunas de las causas de los tiempos muertos son las siguientes:

- Tiempo de espera para terminar el proceso en la máquina
- Paradas no planificadas
- Tiempo para ejecutar tareas secundarias
- Tiempo de espera entre turnos
- Procesos con poca capacidad

2.2.3 Flujo de materiales

El flujo de materiales [7] se analiza en función de la secuencia de materiales en movimiento, ya sea materias primas, materiales en proceso o productos terminados, según las etapas del proceso y la intensidad de esos movimientos. Un flujo efectivo es aquel que lleva los materiales a través del proceso, siempre en dirección hacia su acabado final y sin deterioros o retrocesos excesivos.

Los factores que afectan al tipo de flujo [7] pueden ser:






1. Medio de transporte externo.
2. Número de partes en el producto y operaciones de cada parte.
3. Secuencia de las operaciones de cada producto.
4. Número de unidades a producir y flujo necesario entre áreas de trabajo.
5. Cantidad y forma del espacio disponible.
6. Influencia de los procesos y ubicación de las áreas de servicio.
7. Almacenamiento de materiales.

El análisis del flujo de material representa el punto principal en la planeación de la distribución de la planta, siempre y cuando el movimiento de materiales sea una parte mayor del proceso. El problema se presenta cuando los materiales son grandes y voluminosos,

pesados y en altas producciones; o si los costos de transporte o manejo son altos, comparados con los costos de operación [7].

Para visualizar el flujo de materiales es necesario aplicar una serie de signos convencionales, como los desarrollados por las normas ASME (*Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos*), con las cuales es posible diseñar la gráfica del proceso de la operación, que indica las distintas operaciones de un material hasta lograr el producto terminado, considerando aspectos como transportes o movimientos a través de las distintas operaciones, la inspección del producto, su espera a la siguiente operación y, por último, su almacenamiento [7].

Tabla 2. Simbología empleada en diagramas de proceso de operaciones.

Símbolo	Acción	Resultado
	Operación	Produce o termina
	Inspección	Verifica
	Transporte	Movimiento
	Espera/demora	Interfiere
	Almacenamiento	Conserva

2.2.4 Celda de manufactura

Una celda de manufactura [8] es una unidad pequeña, con una o varias estaciones de trabajo dentro de un sistema de manufactura. Una estación de trabajo suele contener una máquina (celda de una máquina) o varias máquinas (celda de grupo de máquinas), y cada máquina efectúa una operación diferente en el producto.

Las máquinas se pueden modificar, cambiar su herramienta y reagrupar para distintas líneas de producto dentro de la misma familia de piezas. Las celdas de manufactura son particularmente efectivas en la producción de familias de productos que tienen una demanda relativamente constante [8].

La manufactura celular [8] tiene cierto grado de control automático para las siguientes operaciones:

- Carga y descarga de materias primas y piezas en las estaciones de trabajo,
- Cambio de herramientas en las estaciones de trabajo.
- Transferencia de piezas y herramientas entre las estaciones de trabajo.
- Calendarización y control de la operación total en la celda.

Las características importantes de la manufactura celular son la economía de tener menos trabajo en proceso y el hecho de que se detectan de forma inmediata los problemas de calidad, para alcanzar mejor productividad. Además, por la diversidad de máquinas y procesos que intervienen, el operador se hace multifuncional, al no estar siempre trabajando en la misma máquina [8].

El resultado es una mayor productividad, beneficio importante de este tipo de celdas. Otra ventaja de importancia es el menor tiempo y mano de obra para preparación, al seleccionarse la misma familia de producto [8].

2.2.4.1 Diseño de celdas de manufactura

En la manufactura en celdas, o celular, las máquinas se agrupan en celdas que funcionan de manera similar a una isla con la distribución por producto, dentro de una distribución física más amplia tipo taller de tareas para proceso [7].

A pesar de que la distribución de una celda [7] puede tomar muchas formas diferentes, el flujo de componentes tiende a ser más parecido al de una distribución por producto. Es conveniente utilizar la distribución para la manufactura celular por las siguientes ventajas que presenta:

- Se simplifican los cambios de máquinas.
- Se reduce el tiempo de capacitación de los trabajadores.
- Disminuyen los costos de manejo de materiales.
- Se agiliza la fabricación de productos, además de embarcar rápido.
- Se automatiza la producción de forma más fácil.

El primer paso en el desarrollo de una distribución para la manufactura celular es decidir la formación de la celda; es decir, definir cuáles máquinas de producción y qué productos de un grupo entrarán en la celda [7]. Debido a las particularidades exclusivas de las celdas de manufactura, su diseño e implementación en las plantas tradicionales requieren de reorganización de la planta y el reacomodo de las líneas de flujo de producto existentes. Las máquinas suelen ser arregladas en una línea, en “U” o en “L”, o bien en un circuito. Para seleccionar el mejor arreglo de máquinas y equipo de manejo de materiales también se toman en cuenta factores como la velocidad de producción, el tipo de producto y su forma, tamaño y peso [8].

También debe considerarse la probabilidad de que haya un cambio significativo en la demanda de familias de partes durante el diseño de celdas para asegurar que las máquinas y el equipo involucrados tengan la flexibilidad y capacidad apropiadas. El costo de las celdas flexibles puede ser alto, pero esto se supera con el aumento de productividad, flexibilidad y capacidad de control [8].

En los casos en los que los productos, materiales y cantidades sean grandes, el flujo del material cobra importancia y debe tomarse como base los patrones de flujo dominante [7].

- Recta. Entra por un extremo y sale por el otro, por lo general con los materiales moviéndose en forma directa.
- Flujo en forma de “U” o circular. Los materiales, accesorios y equipo móvil de manejo vuelven al punto de partida, con la entrada (recepción) y la salida (envío) en el mismo pasillo.
- Flujo en forma de “L”. Entra por un lado y sale por el extremo, o bien entra por el extremo y sale por un lado, considerando lugar para el congestionamiento o las restricciones en las áreas externas o circundantes.

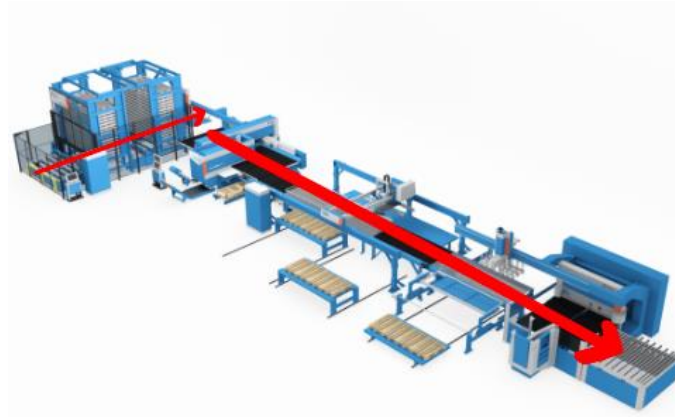


Figura 1. Celda en arreglo L

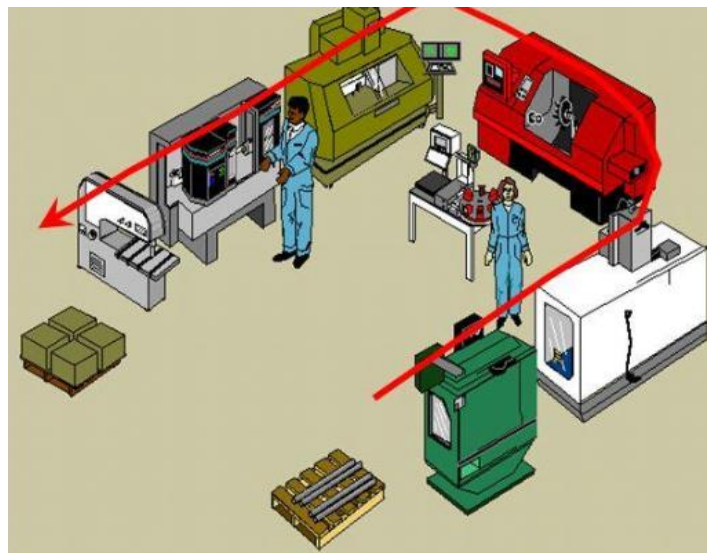


Figura 2. Celda en arreglo U

Planear una distribución de planta da como resultado el uso adecuado de los recursos existentes, ya sea espacio, mano de obra, maquinaria o equipo, así como los servicios auxiliares, con lo que se asegura la eficiencia y seguridad necesaria en un ambiente de trabajo [7].

En una distribución de celda de manufactura [7] en la planta hay dos clases de intereses:

- Interés económico. Persigue hacer eficiente la producción, reducir los costos, satisfacer al cliente con el mejoramiento del servicio y optimizar el funcionamiento de las empresas.
- Interés social. Pretende dar seguridad al trabajador y satisfacción al cliente.

2.2.4.2 Objetivos de la distribución de planta

La meta primordial de la distribución de planta [7] es lograr un orden en las áreas de trabajo y que el equipo resulte económico para la empresa y, al mismo tiempo, seguro y satisfactorio para los empleados. Los objetivos de la distribución de planta son los siguientes:

- Incremento de la producción. Aun cuando existan tiempos ociosos y retrasos, la disminución de número de horas del proceso aumenta la productividad.
- Disminución en los retrasos de la producción. Al equilibrar las operaciones se evita que los materiales, el personal y máquinas tengan que esperar para llevar a cabo su labor.
- Optimización del uso del espacio para las distintas áreas. Con la disminución de las distancias de recorrido y la mejora en la distribución de los pasillos, almacenes, equipo y personal, se aprovecha más el espacio; al utilizar varios niveles se obtienen ahorros en las superficies.
- Reducción del manejo de materiales. Al haber una secuencia lógica y disminuir las distancias, el material permanece menos tiempo en el proceso y se logra la disminución de las demoras.
- Acortamiento del tiempo de fabricación. Al disminuir las distancias, las demoras, y los almacenamientos innecesarios, el producto está listo para la venta en menos tiempo.
- Supervisión fácil y efectiva. Se refiere a aumentar el área de visión, con lo que es posible determinar con facilidad en qué punto del proceso se produce un retardo.

2.2.5 Mejora de tiempos

En la industria, el *lead time* es [9] el tiempo necesario para recorrer todo el ciclo de producción abarcando así, desde el ingreso del pedido del cliente hasta la entrega del producto.

Ante la competitividad que existe hoy en día, la reducción y mejora de tiempos de producción se ha convertido en uno de los retos principales en el área. De acuerdo con el artículo [9], existen siete consejos para mejorar los tiempos:

1. Establecer buena relación con los proveedores. Una buena comunicación con otras empresas impacta la gestión de los tiempos productivos, establecer vínculos fuertes posibilita que, ante cualquier circunstancia extrema, como por ejemplo falta de materia prima se pueda contar con el apoyo de los proveedores.
2. Identificar inconsistencias en la producción. La capacidad de detectar inconsistencias se relaciona directamente con la gestión del tiempo, y, por ende, con el potencial productivo de la empresa. Conocer los procedimientos profundamente configura un importante diferencial en la búsqueda por reducción de tiempos.
3. Dividir tareas. Para fomentar la reducción de tiempos de producción, se dividen las tareas y se asignan al personal que realmente tenga los conocimientos, habilidades y competencias necesarias para llevarlas a cabo y así, evitar pérdidas de tiempo.
4. Estimular el trabajo en equipo. Tras dividir las tareas, se debe incentivar el desarrollo del trabajo en equipo haciendo hincapié en la necesidad de que cada empleado ponga en marcha su trabajo, siguiendo buenas prácticas y teniendo en cuenta la necesidad de minimizar tiempos de ejecución.
5. Promover el trabajo colaborativo. Se debe asegurar que los empleados trabajen en sintonía y añadan cada vez más valor a sus entregas. En términos de gestión de tiempo, la colaboración permite acelerar las tareas.
6. Automatizar los procesos. Para incrementar la eficiencia operacional y, por ende, agilizar el proceso productivo, se necesita automatizar una serie de procesos repetitivos, complejos y con gran margen de error humano.
7. Usar recursos innovadores. Existen recursos para la reducción de tiempos de producción como la simulación virtual o la impresión en 3D. Estas herramientas permiten reducir fallas en diseño y contribuyen al proceso productivo disminuyendo costos y plazos de entregas.

2.2.6 Flujo de procesos

DAP

El Diagrama de Análisis de Procesos [10] es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, ya sea el transporte, inspecciones, demoras y los almacenamientos que ocurren durante el proceso de producción. Recaba la información que se considera importante para su análisis, entre ellas el tiempo que se demora en cada proceso y la distancia recorrida ya que tiene como objetivo detectar y eliminar las ineficiencias que se presentan durante el proceso.

2.2.7 Proceso de Cerveza

Molienda o Molturado

Los granos de cereal, normalmente de cebada atraviesan un proceso de germinación controlada con el fin de activar las enzimas que se presentan en el grano que luego serán necesarias durante la maceración. Dependiendo del grado de tostado obtenido durante este proceso, se consigue maltas más claras u oscuras, que esto es lo que aporta el color de la cerveza [11].

Después consiste en moler los granos de malta que tiene como objetivo el reducir el contenido del grano para crear una harina fina que facilite la extracción de sus componentes y evitar la rotura de las cascarillas ya que servirán para etapas posteriores. Una vez molido el grano, se mezcla con agua. El agua es el ingrediente mayoritario representando entre el 85%-90% del contenido de la cerveza final [11].

Maceración

Este proceso de maceración permite la extracción de las sustancias contenidas en el grano. Poniendo en contacto la molienda con el agua, parte de los componentes de la malta se solubilizan, pero representando una cantidad pequeña de peso en la malta por lo que es necesario una optimización en la extracción mezclando la malta a diferentes tiempos y temperaturas, de este modo favorece la disolución del contenido de la malta [11].

Al final de esta etapa se obtiene una disolución que contiene gran parte de las sustancias compuesta por la malta. Esta disolución se le conoce como mosco.

Cocción o hervido

Esta actividad consiste en llevar el mosto a ebullición, por lo general a 45 minutos. Además, durante esta etapa se esteriliza el mosto, se coagulan proteínas y se eliminan aromas no deseables [11].

- Se destruyen las enzimas existentes, cuyo proceso se debe de detener para impedir modificaciones importantes en el sabor de la cerveza.
- Se favorece la formación de turbio que se elimina posteriormente, mejorando la calidad de la cerveza.
- El mosto se concentra hasta la densidad deseada esto gracias a la evaporación que se produce.

Normalmente este proceso dura en torno a una hora o más, dependiendo del tipo de cerveza artesanal que se esté elaborando. También dentro de este se agrega el lúpulo que consiste en las pantas secas y flores de la planta lúpulo, esto para agregarle amargor y aroma al a cerveza [11].

Fermentación

Para iniciar la fermentación, se le agrega levadura. Durante este proceso se transforman los azúcares fermentables en alcohol y carbónico, al tiempo que se genera una gran cantidad de compuestos, mucho de los cuales contribuyen a darle los aromas característicos de la cerveza.

En este proceso son fundamentales tres variables: la levadura, la composición del mosto y las condiciones del proceso, entre ellas el tiempo, la temperatura, presión, agitación, forma y el volumen del depósito de fermentación [11].

Maduración

El líquido resultante requiere de un periodo de maduración, donde la cerveza es sometida a bajar temperaturas, temperaturas más bajas que la fermentación, aproximadamente entre 12

y 18° C, para que el sabor y los aromas logrados durante el proceso puedan ser estables y se consiga el balance justo entre los diferentes matices [11].

Durante este tiempo ocurren los siguientes fenómenos:

- Se decanta la levadura y sedimentos, iniciando así la clarificación de la cerveza.
- Se afina el gusto de la cerveza.
- Inicio de la carbonatación de la cerveza.

Envasado

Al término de la maduración, la cerveza se envasa en diferentes formatos para su consumo y en muchos casos se pasteuriza. Es almacenado a temperaturas establecidas en la receta de la cerveza artesanal para luego poner a disposición de los distribuidores [11].



CAPÍTULO 3

CAPÍTULO
EXPERIMENTAL

CAPITULO 3. CAPITULO EXPERIMENTAL

3.1 Celda de manufactura actual

Antes de analizar procedimiento de la nueva disposición de la celda de manufactura se toma en consideración el flujo de proceso actual realizando la secuencia del proceso, lo cual ayuda a que se observe que traslados se realizan en el proceso de la elaboración de este producto. Lo anterior se refleja en la figura siguiente:

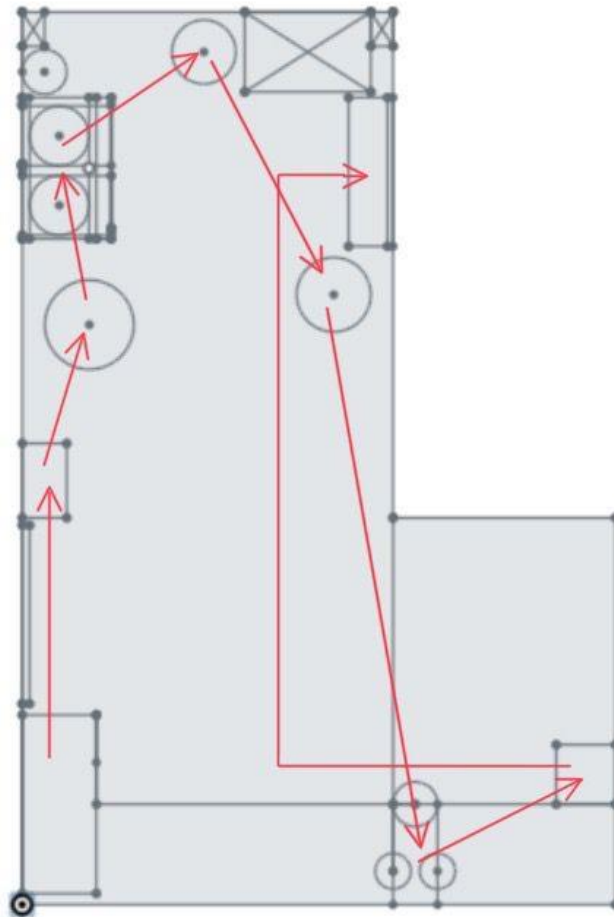


Figura 3. Flujo del proceso actual
Nota: elaboración propia

El flujo de material como se observa en la *figura 3* no sigue una secuencia de movimiento de material efectiva. Un flujo efectivo va en dirección continua desde la materia prima hasta el producto terminado, sin tiempos muertos, traslados en excesivos y retornos de un proceso a otro.

Con lo anterior se deduce que los factores que afectan el flujo del proceso actual son:

- Las estaciones de trabajo no cuentan con un flujo ordenado de materiales.
- El flujo permanece en espera con frecuencia.
- Existe mucha distancia recorrida entre las diferentes estaciones del proceso.
- El tiempo recorrido se incrementa debido a las distancias recorridas en el traslado de una estación a otra.
- Traslado largo en obtención de materia prima para empezar con la producción.
- Se tiene una distribución mal diseñada en la agrupación de máquinas por estaciones de proceso.

Para analizar el flujo de material que sigue el proceso actual, se opta por aplicar un diagrama de actividades de proceso, con el cual se indican las distintas actividades por las que pasa el proceso de producción de la cerveza, desde que se tiene la materia prima hasta lograr obtener el producto terminado, tomando en cuenta la distancia y tiempo que conlleva cada una de las actividades del proceso, la inspección, los tiempos de espera para trasladarse de una estación a otra, así como el almacenamiento.

Se tienen documentados en un *DAP* los tiempos en segundos [s] de los diferentes traslados de una máquina, este diagrama de actividades de proceso sirve para la obtención de los tiempos para los 2 tipos de disposiciones propuestas de celdas de manufactura para la reducción de tiempos de traslado.

Tabla 3. DAP del arreglo actual

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO				
UBICACION		ACTIVIDAD		METODO ACTUAL
METODO:	ACTUAL	○	OPERACIÓN	9
ACTIVIDAD:	PROCESO ELABORACIÓN DE CERVEZA	□	INSPECCIÓN	2
FECHA:	08/09/2019	⇒	TRASLADO	8
ELABORADO POR:	DALIA VÁZQUEZ/HUGO GÓMEZ	D	ESPERA/ DEMORA	0
EMPRESA:	CERVECERÍA EL LIBERTADOR	▽	ALMACÉN	2
COMENTARIOS:		TIEMPO [s]		1,846,836
		DISTANCIA [m]		27.54
DESCRIPCION		DISTANCIA [m]	Tiempo [s]	SÍMBOLOS
				○ □ ⇒ D ▽
1. Preparar insumos y material			612	
2. Traslado		6.07	288	
3. Lavado y desinfectado			3,528	
4. Traslado		3.26	144	
5. Molienda			5,508	
6. Traslado		1.78	72	
7. Maceración			7,200	
8. Traslado		2.47	612	
9. Cocción			2,700	
10. Inspección			108	
11. Traslado		3.46	720	
12. Enfriamiento			1,800	
13. Inspección			108	
14. Fermentación			1,198,800	
15. Maduración			604,800	
16. Traslado		7.99	1,188	
17. Carbonatación			5,400	
18. Traslado		1.11	108	
19. Embotellado			12,960	
20. Traslado		1.4	108	
21. Almacén			72	
TOTAL:		27.54	1,846,836	

Nota. Elaboración propia referenciado de Gómez, H. A. & Vásquez, D. K. (2019). *Propuesta de mejora del proceso de elaboración de la cerveza artesanal y su impacto en los indicadores de calidad [Trabajo de Investigación]*. Universidad Tecnológica del Perú.

Con base a la *tabla 3*, se pueden observar los tiempos en segundos [s] y las distancias en metros [m] de cada actividad del proceso de elaboración de cerveza, las cuales son clasificadas mediante símbolos que representan diferentes acciones. Se puede observar que el total de distancia recorrida [m] es de 27.54 m., mientras que el tiempo total es de 1,846,836 [s] lo cual equivale a 513.01 horas aproximadamente.

Para la realización del procedimiento de la nueva disposición de la celda de manufactura se comienza por la investigación del concepto de celda de manufactura y los diferentes arreglos que ésta conlleva, se concluyó que las disposiciones más favorables para el acomodo de la celda de manufactura resultan ser la de tipo “L” y “U”. Es decir, el acomodo de máquinas de acuerdo con el área que se tiene y a su vez tomando en consideración el área necesaria para cada una de las máquinas donde incluye espacio para los movimientos de los operadores y manejo de materiales, es base para la realización de esta tesina para cumplir con el objetivo de reducir tiempos de traslados usando metodologías de *Lean Manufacturing* buscando la eficiencia del tiempo y movimientos dentro del proceso del material.

En la *figura 4* se muestra el layout inicial junto con el área y el acomodo de máquinas para tomar como referencia los datos iniciales de cómo se encuentra actualmente el acomodo de las máquinas.

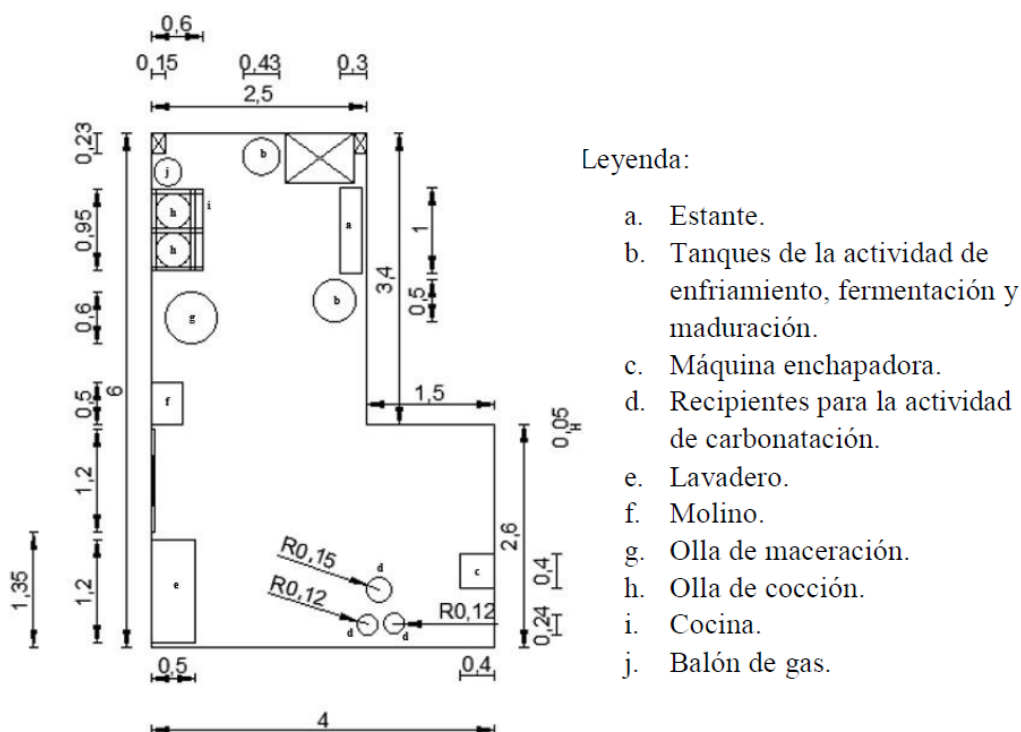


Figura 4. Layout inicial

Extraído de Gómez, H. A. & Vásquez, D. K. (2019). Propuesta de mejora del proceso de elaboración de la cerveza artesanal y su impacto en los indicadores de calidad [Trabajo de Investigación]. Universidad Tecnológica del Perú.

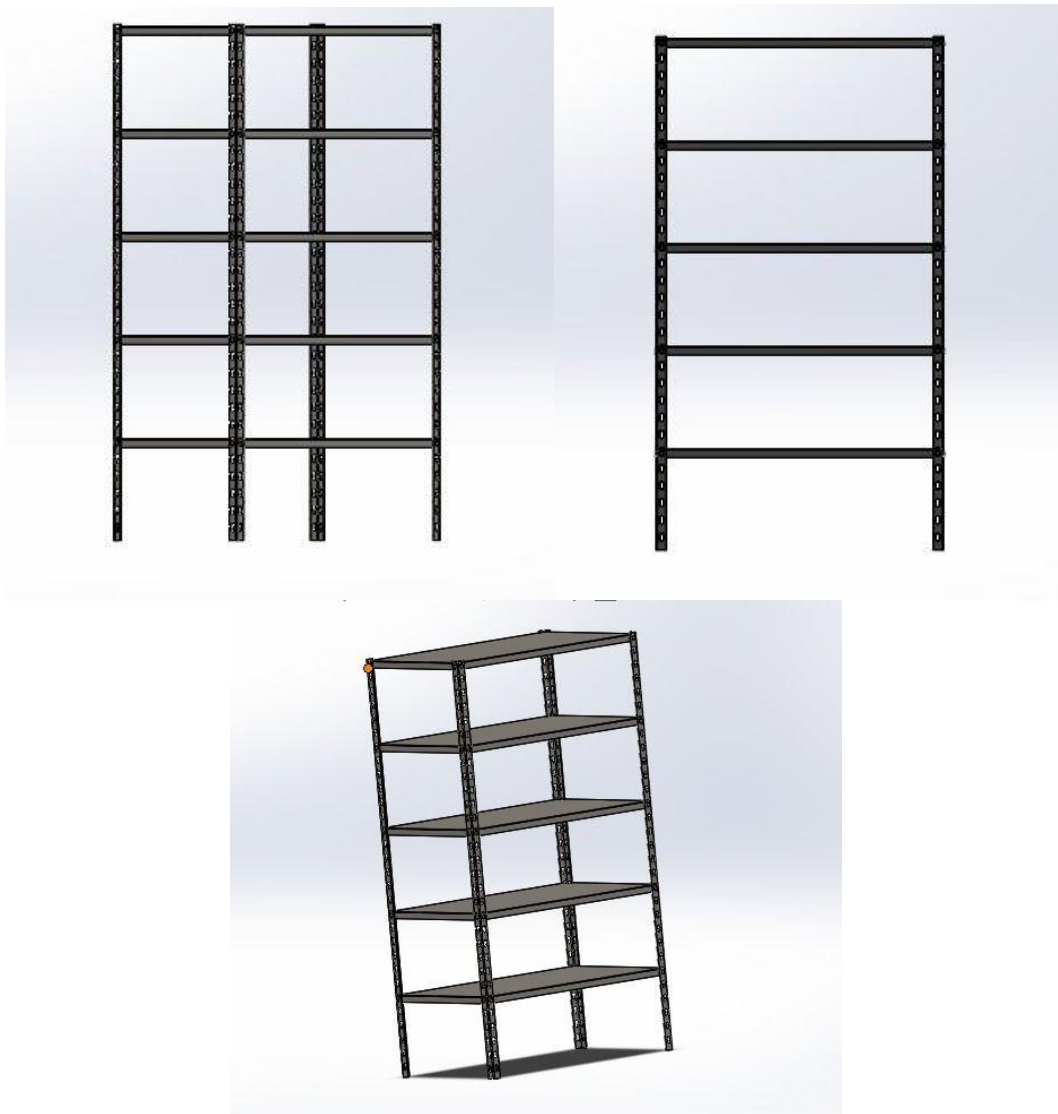


Figura 6. Vista frontal, lateral e isométrica del rack propuesto

Nota: Elaboración propia

En la *figura 6* se puede apreciar que el rack además de disminuir el tiempo de traslado de materia prima para iniciar el proceso permite que el material este lo más próximo al equipo o maquinaria logrando que el operador trabaje de manera más rápida y con ello, más eficiente.

3.2 Propuesta 1: Disposición en “U”

Para la primera disposición se opta por elegir el arreglo en forma “U” por lo que se comienza, con ayuda del software de *Onshape*, a acomodar las áreas de las diferentes máquinas del proceso.

Al analizar el flujo de material actual y al detectar las problemáticas a mejorar, se continua con la nueva distribución del flujo de material. Para esto, se toman en cuenta las áreas establecidas de la *figura 5* y se comienzan a mover y a ordenar en cuanto a la secuencia de proceso en forma de “U” a lo largo del área. Acomodarlas en orden de la secuencia del proceso ayudará a reducir los tiempos de traslado como se puede ver en la *figura 7* del flujo de proceso actual. El círculo rojo indica el inicio del proceso productivo de cerveza.

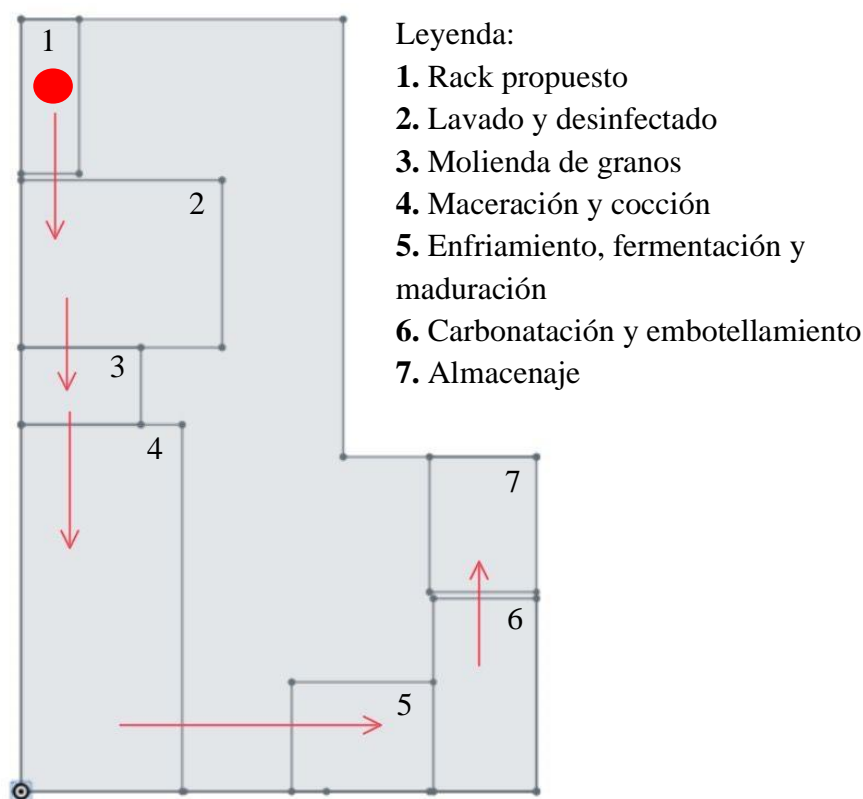


Figura 7. Flujo del proceso de arreglo en “U”.

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la *figura 7*, el arreglo forma una letra “U”, por lo que la primera disposición esta lista para obtenerse las medidas de las distancias entre las distintas áreas de una a otra máquina. Con el DAP actual de la *tabla 3* y el recurso de *Oneshape* para obtener las distancias definidas por la herramienta de *cota*, es posible obtener los tiempos estimados de los traslados o recorridos por hacer al moverse de una maquina a otra siguiendo el flujo del proceso que se ve en la *figura 3*.

Para la obtención de los tiempos, basta con realizar una relación entre las distancias y tiempos del *DAP* actual (tabla 3) y las distancias entregadas por el software ya que se infiere que el software nos entregará medidas a escala reales. Se obtiene el *DAP* de arreglo en “U”, el cual se muestra en la siguiente figura:

Tabla 4. *DAP* del arreglo propuesto en “U”

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO								
UBICACION		ACTIVIDAD		METODO PROPUESTO				
METODO PROPUESTO:	DISPOSICIÓN EN "U"	○	OPERACIÓN	9				
ACTIVIDAD:	PROCESO ELABORACIÓN DE CERVEZA	□	INSPECCIÓN	0				
FECHA:	08/09/2019	⇒	TRASLADO	6				
ELABORADO POR:	ALDO PIMIENTA / KAREN BARBERA / HANNIA ROCHA / MARIANA SALINAS	D	ESPERA/ DEMORA	0				
EMPRESA:	CERVECERÍA EL LIBERTADOR	▽	ALMACÉN	2				
COMENTARIOS:		TIEMPO [s]		1,844,186.4				
		DISTANCIA [m]		8.275				
DESCRIPCION		DISTANCIA [m]	Tiempo [s]	SIMBOLOS				
				○	□	⇒	D	▽
1. Preparar insumos y material			612					
2. Traslado		1.3	61.2					
3. Lavado y desinfectado			3,528					
4. Traslado		0.95	39.6					
5. Molienda			5,508					
6. Traslado		1.725	68.4					
7. Maceración			7,200					
8. Cocción			2,700					
9. Traslado		2.025	396					
10. Enfriamiento			1,800					
11. Fermentación			1,198,800					
12. Maduración			604,800					
13. Traslado		0.95	140.4					
14. Carbonatación			5400					
15. Embotellado			12,960					
16. Traslado		1.325	100.8					
17. Almacén			72					
TOTAL:		8.275	1,844,186.4					

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la *tabla 4* se puede observar el *DAP* correspondiente a la propuesta del arreglo de celda de manufactura en “U”. Se utilizaron las mismas unidades de medidas de tiempo y distancia, en segundos [s] y metros [s] respectivamente. Se aprecia que se tiene un total de 8.275 metros recorridos y 1,844,186.4 segundos transcurridos de todo el proceso, lo cual equivale a 512.27 horas aproximadamente.

3.3 Propuesta 2: Disposición en “L”

Con la finalidad de tener otro punto de comparación en cuanto a la celda de manufactura a modificar, se plantea un segundo arreglo, ahora en forma de “L”. Lo anterior para poder contar con dos propuestas y al final tener dos puntos de comparación para tomar la mejor decisión en cuánto a cuál arreglo conviene más y satisface las necesidades del proyecto. De igual forma que en la propuesta 1, se usa el software *Oneshape* para reacomodar las áreas que contienen las máquinas correspondientes al proceso.

Se acomodaron las áreas ya establecidas con respecto al orden de la secuencia de proceso en forma de L. Resultó como se aprecia en la siguiente figura, donde el círculo rojo indica el inicio del proceso productivo de cerveza.

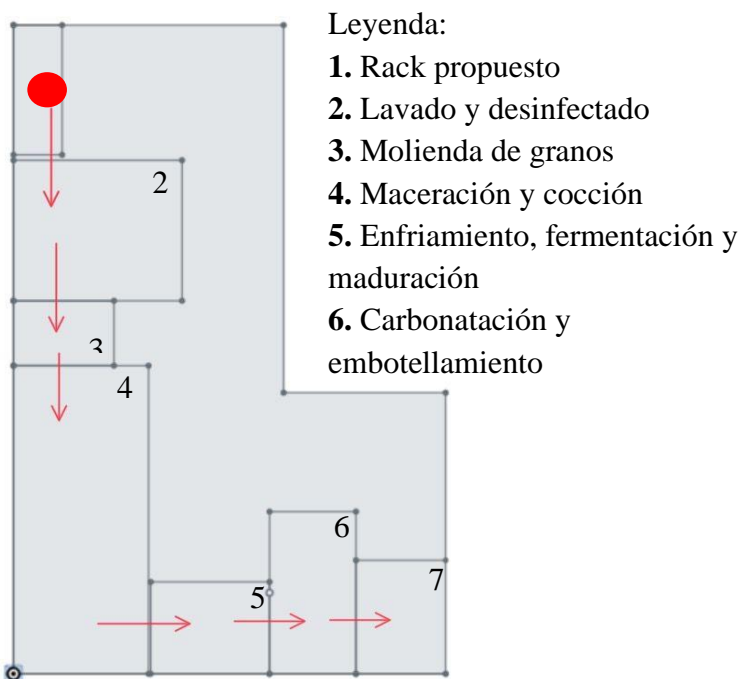


Figura 8. Flujo del proceso de arreglo en “L”. Nota: Elaboración propia

Con el flujo del proceso correspondiente al arreglo en “L” es que se obtiene el Diagrama de Actividades de Proceso de este, el cual resulta de la relación entre las distancias y tiempos del DAP actual (tabla 3) y las distancias que nos entrega el software Onshape, se obtiene lo ilustrado en la siguiente tabla.

Tabla 5. DAP del arreglo propuesto en “L”

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO				
UBICACION		ACTIVIDAD		METODO PROPUESTO
METODO PROPUESTO:	DISPOSICIÓN EN “L”	○	OPERACIÓN	9
ACTIVIDAD:	PROCESO ELABORACIÓN DE CERVEZA	□	INSPECCIÓN	2
FECHA:	08/09/2019	⇒	TRASLADO	6
ELABORADO POR:	ALDO PIMIENTA / KAREN BARBERA / HANNIA ROCHA / MARIANA SALINAS	D	ESPERA/ DEMORA	0
EMPRESA:	CERVECERÍA EL LIBERTADOR	▽	ALMACÉN	2
COMENTARIOS:		TIEMPO [s]		1,843,999.2
		DISTANCIA [m]		6.935
DESCRIPCION		DISTANCIA [m]	Tiempo [s]	SIMBOLOS
				○ □ ⇒ D ▽
1. Preparar insumos y material			612	
2. Traslado		1.3	61.2	
3. Lavado y desinfectado			3,528	
4. Traslado		0.95	39.6	
5. Molienda			5,508	
6. Traslado		1.725	68.4	
7. Maceración			7,200	
8. Cocción			2,700	
9. Traslado		1.195	248.4	
10. Enfriamiento			1,800	
11. Fermentación			1,198,800	
12. Maduración			604,800	
13. Traslado		.95	140.4	
14. Carbonatación			5,400	
15. Embotellado			12,960	
16. Traslado		0.815	61.2	
17. Almacén			72	
TOTAL:		6.935	1,843,999.2	

Nota: Elaboración propia

Con base a los resultados, se puede apreciar que con este arreglo se tiene un total de distancia recorrida de 6.935 metros y de tiempo transcurrido de 1,843,999.2 segundos, lo cual equivale a 512.22 horas aproximadamente.



CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La experimentación muestra claros resultados por lo que se discutirán más a fondo algunos detalles relacionados para elegir la mejor opción posible para el acomodo o arreglo de la celda de manufactura.

Enseguida se plantea la *tabla 6* junto con los gráficos de la *figura 9* y *figura 10* con los resultados obtenidos de ambas disposiciones.

Tabla 6. Comparativo de resultados obtenidos

	Disposición original	Disposición en U	Disposición en L
Metros recorridos [m]	27.54	8.275	6.935
Segundos [s]	1,846,836	1,844,186.4	1,843,999.2
Horas [h]	513.01	512.27	512.22

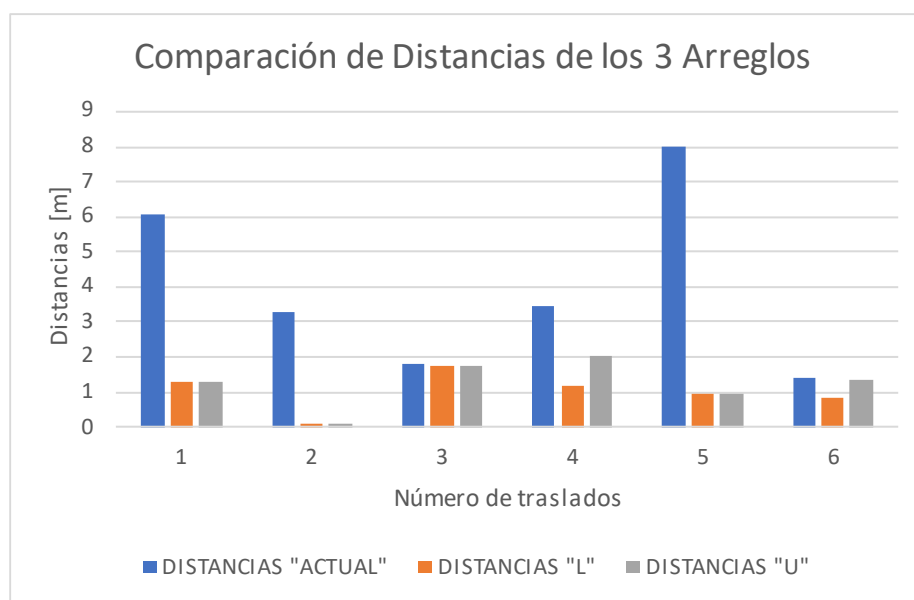


Figura 9. Gráfico comparativo entre distancias [m] de los tres arreglos

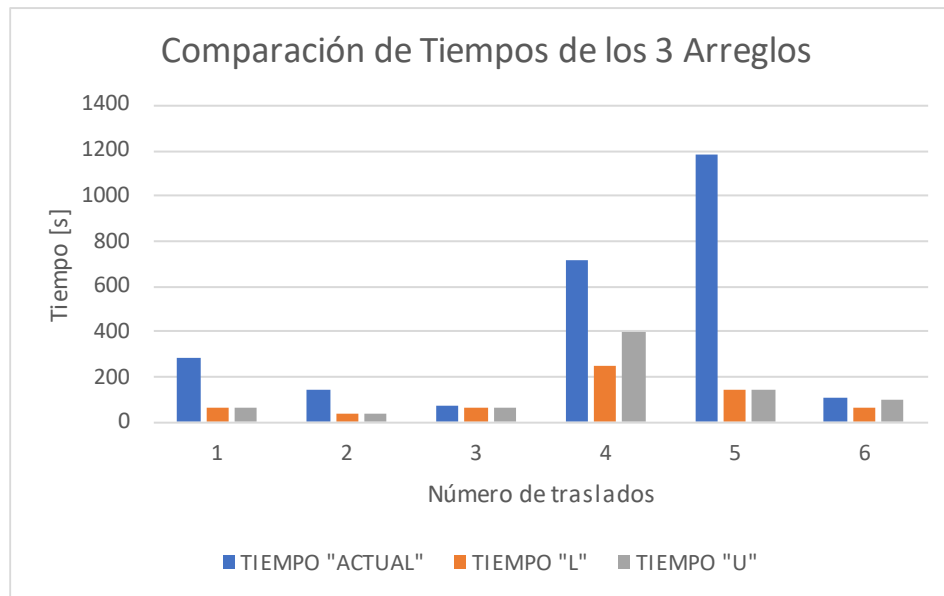


Figura 10. Gráfico comparativo entre tiempos [s] de los tres arreglos

Es evidente que las gráficas y tabla muestran resultados favorables para ambas disposiciones, sin embargo, de acuerdo con la hipótesis planteada se busca que se optimicen tiempos, aumentando la productividad. Con los resultados, se obtiene un decremento de tiempos de traslados de aproximadamente una hora para ambos tipos. Para esta cantidad de tiempo, se reduce un 70% de metros recorridos al tener una disposición con un acomodo de máquinas en secuencia con el proceso.

Comparando ambas disposiciones, las gráficas muestran un resultado favorable para el arreglo en "L", aún y que muestran una diferencia muy mínima. A pesar de que se disminuye una hora de proceso total, es importante mencionar que todo tiempo tiene valor, por lo que su disminución en tiempos muertos o la optimización de estos es claro beneficio para cualquier proceso de cualquier índole. Se logra llegar a identificar que la hipótesis ha sido comprobada al lograr la disminución del tiempo en traslado de una operación a otra utilizando el arreglo de una celda de manufactura, herramienta de *Lean Manufacturing*.



CAPÍTULO 5

CONCLUSIÓN Y TRABAJO A FUTURO

CAPITULO 5. CONCLUSIÓN Y TRABAJO A FUTURO

Con los resultados obtenidos en el procedimiento experimental y los *DAP's* de ambas disposiciones o arreglos de la celda de manufactura se concluye que el arreglo o disposición en forma de “L” tiene los resultados más favorables.

Es un claro ejemplo que se puede aplicar esta herramienta de la celda de manufactura para la disposición de las máquinas en busca de que aumente la eficiencia del proceso, lo cual se logra disminuyendo tiempos innecesarios, y a su vez permite que favorezcan más factores. Entre otros factores que favorecen está el beneficio ergonómico y cómodo para el personal operativo de la planta puesto que logran invertir menos tiempo en traslados de material y también está el beneficio de que el proceso productivo se reduce y se logra sacar una demanda de manera más activa y pronta.

Como trabajo a futuro se espera optimizar el uso del espacio en las diferentes estaciones del proceso, se logró diseñar la celda de manufactura en arreglos que permitieron disminuir notablemente las distancias y tiempos de recorridos y con ello hacer más eficiente el proceso de producción, sin embargo, se pretende buscar calcular el espacio total que se requiere, donde además de evaluarse la distribución eficiente de máquinas para agilizar el proceso, también se busque establecer el área requerida de manera que el operario cuente con el espacio suficiente a la hora de hacer su trabajo.

Así mismo, para agilizar la producción se espera que se busque diseñar un plan maestro de distribución, el cual permita obtener beneficios económicos, al analizar los volúmenes de producción y al aplicar otra herramienta de *Lean Manufacturing* establecer la maquinaria necesaria, así como la cantidad de personal que se necesitará por área.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Rajadell, (2021) *Lean Manufacturing: herramientas para producir mejor*, 2nd ed. Editorial Díaz de Santos,
- [2] López (2020), “*Fordismo*”, Economipedia.
- [3] L. Dekier (2012) “The Origins and Evolution of Lean Management System”, *Journal of International Studies*, vol 5, no. 1, pp. 46-51.
- [4] Lean Manufacturing Ohno, T. (1988). Sistema de producción Toyota. Auth
- [5] Vinodh, S., & Joy, D. (2012). Structural Equation Modelling of Lean Manufacturing practices. *International Journal of Production Research*, Vol. 50, N° 6, 24 noviembre 1598- 1607.
- [6] Mailén, A. (2016) *Aplicación de Técnicas Lean para Reducir Desperdicios en una Pyme*. Córdoba, Argentina.
- [7] Platas, A., & Cervantes, V. (2014). *Planeación, diseño y layout de instalaciones. Un enfoque por competencias*. México: Grupo Editorial Patria, S.A. DE C.V.
- [8] Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Quinta edición.
- [9] Tech, N. C. (2021, 22 octubre). Reducción de tiempos de producción: 7 consejos para lograrlo. NC Tech. <https://nctech.com.mx/blog/iot-industrial/reduccion-de-tiempos-de-produccion/>
- [10] García, R. (2011). *Estudio del trabajo* (Segunda ed.). México: Mc Graw Hill.
- [11] Castellá, X. (2018) *Diseño De Una Planta De Fabricación De Cerveza Artesanal*. ETSEIB, Barcelona.