

# Design of manufacturing cells in a Lean context in a dairy product conversion area: case study

Roberto Encarnación Sotelo, Mg<sup>1</sup>, Domingo González, Dr<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pontificia Universidad Católica Del Perú, rencarnacion@pucp.pe, dgonzal@pucp.edu.pe

**Abstract—** *This article uses the concepts of lean and manufacturing cells with the objective of increasing the productivity of a conversion process of a UHT dairy product. The research methodology is a case study on a part of the milk making process in a large dairy food company in Peru. The research is of the qualitative type and employs the method of action research, which consists of successive cycles of experimentation and evaluation. This method is used for the design of a manufacturing cell for the conversion of the UHT product into a food plant. The results of the research indicate that the manufacturing cells allow to optimize the conversion process, increase productivity, reduce inventory and balance the process in the supply chain. Additionally, the designed cell allowed to work simultaneously in the areas of occupational safety and hygiene and ergonomics.*

**Keywords-** *Manufacturing cells, action research, ergonomics, continuous improvement, productivity*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.439>  
ISBN: 978-0-9993443-1-6  
ISSN: 2414-6390

# Diseño de células de manufactura en un contexto lean en un área de conversión de producto lácteo: estudio de caso

Roberto Encarnación Sotelo, Mg<sup>1</sup>, Domingo González, Dr<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pontificia Universidad Católica Del Perú, rencarnacion@pucp.pe, dgonzal@pucp.edu.pe

**Resumen**— *El presente trabajo emplea los conceptos de lean Manufacturing y de células de manufactura con el objetivo de incrementar la productividad de un proceso de conversión de un producto lácteo UHT. La metodología de investigaciones es un estudio de caso sobre una parte del proceso de fabricación de leche en una gran empresa de alimentos lácteos en Perú. La investigación es del tipo cualitativa y emplea el método de la investigación acción, que consiste en sucesivos ciclos de experimentación y evaluación. Este método se emplea para el diseño de una célula de manufactura para la conversión del producto UHT en una planta de alimentos. Los resultados de la investigación indican que las células de fabricación permiten optimizar el proceso de conversión, aumentar la productividad, reducir el inventario y balancear el proceso en la cadena de suministro. Adicionalmente, la célula diseñada permitió trabajar simultáneamente en las áreas de seguridad e higiene ocupacional y ergonomía.*

**Palabra Clave**— *células de manufactura, investigación acción, ergonomía, mejora continua, productividad.*

**Abstract**— *This article uses the concepts of lean and manufacturing cells with the objective of increasing the productivity of a conversion process of a UHT dairy product. The research methodology is a case study on a part of the milk making process in a large dairy food company in Peru. The research is of the qualitative type and employs the method of action research, which consists of successive cycles of experimentation and evaluation. This method is used for the design of a manufacturing cell for the conversion of the UHT product into a food plant. The results of the research indicate that the manufacturing cells allow to optimize the conversion process, increase productivity, reduce inventory and balance the process in the supply chain. Additionally, the designed cell allowed to work simultaneously in the areas of occupational safety and hygiene and ergonomics.*

**Keywords**— *Manufacturing cells, action research, ergonomics, continuous improvement, productivity.*

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las organizaciones viven en un ambiente de cambios que demandan actualizar o reestructurar sus estrategias, con el objetivo de mantenerse en el mercado, atendiendo las necesidades de sus clientes.

En este sentido, las empresas de diferentes tamaños permanentemente aplican filosofías, conceptos o metodologías para asegurar la mejora de sus acciones o para innovar sus productos o servicios. Entre ellas está el pensamiento Lean; que tiene como objetivo eliminar los desperdicios y atender las necesidades del cliente agregando valor, mejorar y optimizar el desempeño de sus procesos [1] [2] [3].

En este contexto, las grandes industrias peruanas en el rubro de alimentos aplican en diversos grados los conceptos de Lean Manufacturing, buscando mejorar la eficiencia, reducir los costos, aumentar la flexibilidad y equilibrar la carga de trabajo. Esto permite lograr una mayor competitividad en sus mercados de actuación.

El presente trabajo ha sido desarrollado en una gran empresa peruana de consumo masivo, con presencia en 60 países alrededor del mundo, siendo líder en su rubro. Y tiene como objetivo general diseñar células de manufactura mediante la metodología de la investigación acción e incrementar la productividad de un proceso de conversión de un producto lácteo UHT. Y así también de manera específica eliminar los desperdicios, desarrollar procesos flexibles, establecer un flujo continuo, mejorar la distribución física de las operaciones, optimizando el Layout de la planta, reducir los riesgos ergonómicos en las diferentes actividades del proceso de conversión y proponer un sistema de mejora continua, a partir de la implementación de estas células de manufactura.

## II. LEAN Y CELULAS DE MANUFACTURA

El término lean Manufacturing fue acuñado por Womack [1] a partir del estudio de la industria automovilística mundial y es la generalización del sistema de producción que la Toyota emplea con gran éxito competitivo desde décadas atrás [2]. El Lean busca la eliminación de desperdicios, el desarrollo de un sistema de producción flexible y la integración de la cadena de suministros. Para ello involucra un conjunto de elementos que incluyen el sistema de planificación y control basado en un sistema “Pull”; la búsqueda de un sistema flexible a través del Layout, la flexibilidad de los equipos y de los operarios; la reducción de tiempos de operación y preparación; la implementación de un sistema de círculos de calidad y de sugerencias y; las relaciones de largo plazo con los proveedores [2] [3] [4].

Un elemento fundamental en el lean son las células de manufactura, las cuales proporcionan el layout adecuado en partes del proceso productivo para conjugar la flexibilidad del sistema productivo con la estandarización de operaciones de

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.439>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

acuerdo a los patrones de demanda [5] [6]. El otro elemento importante del lean es la forma de implementación, la cual ocurre a través de un proceso de mejora continua, donde todos los trabajadores de la empresa participan en círculos de calidad y sistemas de sugerencias [3] [4]. La mejora continua es muy próxima a la metodología de la investigación acción desarrollada por Lewin [7], la cual incluye elementos organizacionales que pueden aplicarse en diferentes ámbitos y en particular enriquecer el proceso de mejora continua.

## II. METODOLOGIA

Se aplicó la investigación acción, del tipo cualitativo, empleando la metodología del estudio de caso simple con diseño holístico [8]. En el primer ciclo de acción consiste en definir la situación del problema, pasando por la evaluación de las necesidades, estableciendo limitaciones externas e internas. Esta evaluación del problema debe propiciar que se generen ideas y propuestas las cuales no se asumen como soluciones. Para luego generar un plan general de acción llevándolo a la práctica y evaluación. En este último, los participantes buscan comprender los efectos y que han aprendido. Ya para los siguientes ciclos una nueva definición revisada a partir del problema y evaluar otras necesidades. Basada en los principios que pudieran llevar a resolver problemas cotidianos entre grupos sociales, su objetivo principal es aportar información que guie a la toma de decisiones para programas, procesos y modelos estructurales; teniendo la posibilidad de generar propuestas de mejora para la transformación de un proceso continuo [7], tal como se muestra en la figura 1.

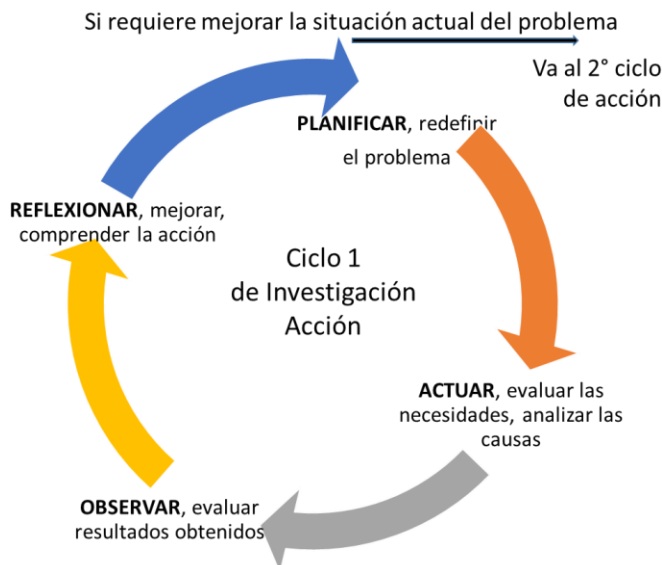


Fig. 1 Ciclo de la investigación acción  
Fuente: [7]

La metodología de investigación cualitativa parte de un muestreo y de hallazgos a partir de la participación y colaboración de los involucrados y que son descritos y analizados a profundidad, mediante técnicas de entrevistas, encuestas y recolección de datos para interpretar, analizar y

obtener un diagnóstico del entorno social. Esta metodología es inductiva ya que se formulan leyes, documentos y procedimientos a partir de hechos observados. Así también se propone implementar este sistema de mejora continua utilizando herramientas Lean como es el diseño de una célula de manufactura. Es por ello que en cada iteración de los 5 ciclos, se evalúa, aprende, retroalimenta, mejora y perfecciona., con ello permitirá mejorar los indicadores de desempeño del proceso de conversión del producto lácteo UHT.

## III. SITUACION INICIAL

A continuación se detalla la descripción de la empresa, así también la descripción, análisis y diagnóstico de su sistema productivo.

### 1.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Es un conglomerado industrial que tiene operaciones en diferentes sectores, y son los siguientes: alimentos, agroindustria, cementos, nitratos y empaques flexibles. Su experiencia en el rubro de alimentos ha contribuido a consolidar empresas exitosas y a exportar sus productos a otras latitudes, compitiendo con éxito a nivel internacional. El desarrollo de ventas al extranjero ha logrado que actualmente la empresa exporte a más de 60 países en los continentes de África, Asia, Medio Oriente, Sudamérica, Centro América y El Caribe.

Este conglomerado es uno de los modelos más sólidos de éxito empresarial. La diversificación de productos alimenticios es una de las áreas más pujantes del conglomerado industrial. El modelo de gestión que lo respalda, parte de una misión clara que impulsa a la organización. Es por ello que el sector de alimento; siendo el corazón del grupo y miembro principal de toda la organización, está presente en la alimentación humana con productos nutritivos, sanos y saludables, cuya calidad y prestigio de sus marcas constituyen el sello distintivo de la compañía.

La empresa se dedica a elaborar, envasar, distribuir, importar, exportar y comercializar toda clase de productos lácteos, sus derivados, así como también refrescos, jugos y néctares. Las líneas productivas que integra la empresa cuentan con el soporte de profesionales de primer nivel, quienes optimizan los procesos buscando siempre la mejora continua y creando productos mediante nuevos desarrollos con la misma calidad.

### 1.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA PRODUCTIVO

Empieza desde la planificación de la producción, explosión de los materiales, órdenes de trabajo, fabricación, acondicionamiento, almacenamiento, despacho, facturación y comercialización del producto UHT. Empezando por la descripción de la planta e identificando todos sus factores:

### a) Distribución de Planta

A continuación se describe la situación actual de la planta donde se realizan conversiones e inspecciones de varias operaciones, siendo necesario abordar los diferentes factores, que son los siguientes:

#### *Factor Edificio*

- Tiene un espacio físico de 948 m<sup>2</sup>.
- Cuenta con una superficie de trabajo, tránsito de máquinas y oficina administrativa; donde sus áreas son de 627, 282 y 39 m<sup>2</sup> respectivamente.
- El área tiene una antigüedad de 7 años.
- Cuenta con 7 estaciones de trabajo, para realizar diferentes operaciones de forma manual.
- Tiene un almacén de recepción de un solo piso con una Ocupabilidad de 50 paletas, este almacén trabaja de manera continua durante el día.
- Tiene 2 puertas de acceso, uno para el ingreso de producto en proceso y personal, el otro para la salida del producto terminado.
- Cuenta con un pasillo principal para uso general, con un ancho de 4.2 m. donde circulan personas y máquinas.
- Cuenta con un sistema de iluminación LED (Diodo Emisor de Luz) que les permite tener una buena visibilidad de los productos a inspeccionar.
- No cuenta con un sistema de ventilación, ya que los techos tienen una altura de 15 metros y las puertas de acceso siempre están abiertas.
- El patio es utilizado para el almacenamiento de producto terminado, tiene un área de 90 m<sup>2</sup> y se encuentra al aire libre, en época de lluvias se colocan toldos para cubrir el producto.
- El área de trabajo para la conversión a producto 3Pack UHT es de 125 m<sup>2</sup>

#### *Factor Material*

El producto que llega al área de inspección y conversión, es producto en proceso o en tránsito, quiere decir que aún no son distribuidos y entregados al cliente. Estos provienen de las líneas de productivas, y no necesitan refrigeración. Se realiza alrededor de 7 operaciones diarias como: inspección, conversión o transformación de producto unitario a un nuevo empaque, colocación de tapas a los envases y limpieza de envases manchados. Así también se utilizan materiales de empaque como etiquetas, rótulos, bolsas de plástico termo contraíble, stretch film e insumos como goma líquida, silicona en barras y cinta adhesiva para la conversión del producto a 3Pack UHT.

#### *Factor Hombre*

Dentro del área de Inspección y Conversión trabajan 81 operadores, 1 almacenero, 2 supervisores de turno, 2 líderes de equipo y 2 operadores de montacarguista y 1 operador de transpalettero eléctrico. Las operaciones se realizan de forma

manual en un 95% en turno mañana y tarde. A la hora del refrigerio se detienen todas las operaciones.

En la tabla I se describe las actividades diarias a realizar con la cantidad de personas asignadas y la cuota (paletas/día) que debe cumplir como parte de su plan de producción.

Tabla I. Programación diaria para la conversión del 3Pack

Actividad Asignada	Paleta /día	Turno	Horario	Nº personas
Conversión 3Pack Producto A	36	Mañana	07:00 - 15:00	16
Conversión 3Pack Producto C	36	Tarde	15:00 - 23:00	16

#### *Factor Movimiento*

Uno de los principios del manejo de materiales es mediante la carga unitaria, siendo la cantidad de material reunido en un medio de transporte, casi todo el material es trasladado en paletas o tarima, entre material de empaque, producto terminado y producto en proceso, se tiene un tiempo de 374 minutos durante el día.

### b) Producción: Elaboración del producto UHT

Abarca a partir de la recepción de la leche fresca, pasando por el proceso de elaboración, envasado y empacado. La leche se descarga en tanques de almacenamiento, se clarifica (eliminación de impurezas) para luego eliminar la carga bacteriana mediante un tratamiento térmico a temperatura elevada como es la pasteurización. Se adicionan insumos (azúcar, vitaminas, etc.) a la leche pasteurizada y luego se mide los niveles de sólidos, grasa y acidez. La leche ultra alta temperatura (UHT, por sus siglas en inglés) se esteriliza a más de 135°C. Luego el producto es enviado a un tanque aséptico, la lámina de aluminio pasa por una termoformadora, obteniendo su forma tetraédrica en donde la leche UHT es llenado en presentaciones de 1 litro y agrupado en 12 unidades y ser encajado. Posteriormente se paletizan por cada 75 cajas. Los productos promocionales UHT 3Pack representan el 13% de toda la producción.

### c) Cuarentena

Es el almacenamiento del lote de producción durante 7 días y asegurar que el producto cumpla su tiempo de evaluación como es el análisis microbiológico donde se evalúa la generación de microorganismos y la hermeticidad, que consiste en evaluar si hay fuga de leche en las cajas. Una vez cumplido su tiempo de cuarentena, se realiza un muestreo de 10 cajas aleatorias del lote a evaluar, se valida en base a los estándares de calidad y se libera en el sistema vía ERP para su libre disponibilidad.

Cuenta con racks acumulativo para almacenar por un tiempo prolongado el producto y tiene una Ocupabilidad de 2,300 posiciones, a diario recibe en promedio 86 paletas del producto UHT, de los cuales 6 paletas son saldos o fraccionados y 2 muestras piloto.

#### d) Conversión del UHT-3Pack

El proceso de conversión, consiste en desarmar el producto de origen y transformarlo a un producto nuevo y con otro código de identificación. El producto lácteo cuenta con 12 unidades, se abre la caja y se agrupan cada 3 unidades, se colocan etiquetas promocionales, bolsa plástica y es denominado 3Pack- UHT.

Se coordina con el área de cuarentena las cantidades de paletas a trabajar durante el día, Actualmente se convierten 2 productos al día. Se cuenta con 4 mesas de trabajo, las actividades se realizan en 2 turnos. A mayor detalle se muestra en la figura 2 el diagrama de operaciones de proceso de conversión.

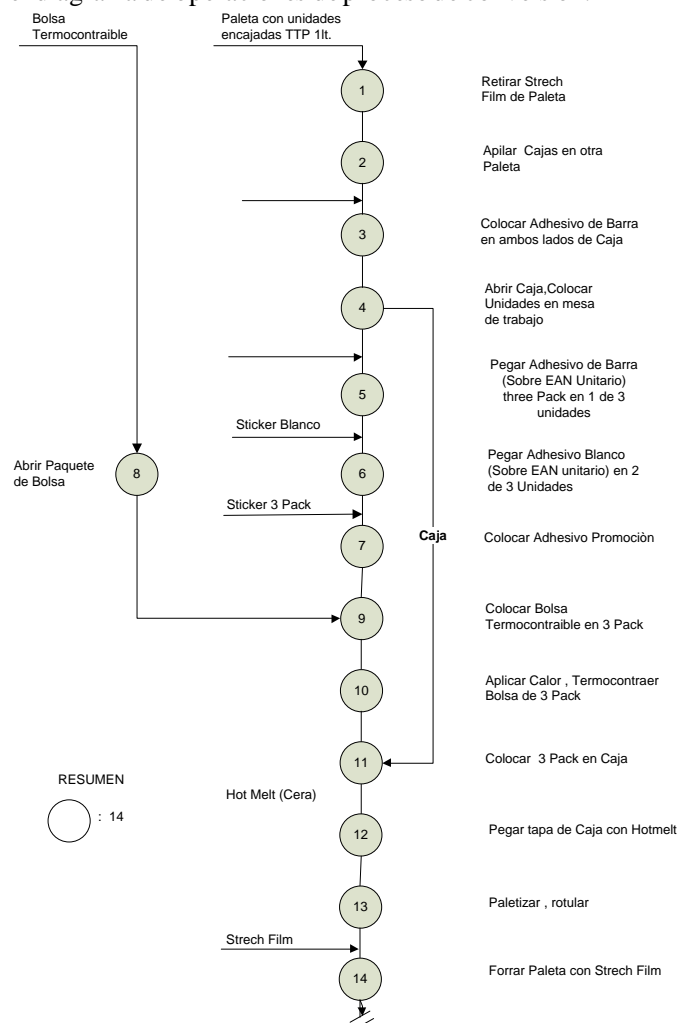


Fig. 2 DOP para el proceso de conversión UHT 3Pack

#### e) Distribución

El área de distribución realiza el servicio de recepción, almacenamiento, facturación y despacho de productos refrigerados y abarrotes (no necesitan refrigeración) proveniente de producción y/o cuarentena. Son destinados a centros regionales del sur, norte y centro del país, así también para exportaciones. Sus almacenes cuentan con racks acumulativos y selectivos, en el almacén de exportaciones son apilados entre paletas.

El área de distribución se encarga de la recepción del producto UHT 3Pack proveniente del área de inspección y conversión. Se registra los datos del producto (tanque de elaboración, lote y fecha de producción, SKU, cantidad y fecha de vencimiento) mediante una lectora automática y se ingresa al sistema generando stock, se realizan trasladarlos virtuales entre los almacenes de inspección y distribución vía ERP, así también estos stocks son controlados mediante un kardex que manejan los inventariadores, se valida las salidas e ingresos de productos físicos a los almacenes indicados.

Por ser productos perecibles, se trabaja bajo el sistema FIFO (se despachan los primeros lotes producidos), para los productos UHT 3Pack cuenta con un stock diario de 330 paletas/día, así también un rack para colocar paletas con saldos o fraccionados. En base a la demanda, stocks de producto liberado en el sistema, estibadores (el carguío se realiza a granel o en cajas sueltas) y disponibilidad de camiones se despachan las presentaciones del UHT 3Pack.

#### 1.3. ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO

A continuación se analizará la demanda, carga de trabajo del sistema productivo, movimientos del personal operativo, los inventarios durante el proceso de abastecimiento, sistema productivo y despacho.

##### Análisis de la demanda

En base a los históricos de venta, feed back del mercado, funcionalidad del consumidor, competencia, marca, canales de distribución, crecimiento económico de zonas emergentes, promociones, precio y estacionalidad se puede ver la factibilidad de sacar un nuevo producto al mercado para un nuevo público objetivo. Así también buscar oportunidades de crecimiento a partir de las necesidades del cliente.

Cuando se aprueba la creación de un producto promocional, el área de marketing despliega la información indicando las características como el contenido, cantidad y tamaño. Se coloca los volúmenes de producto y fechas establecidas para la venta, a partir de esto se produce, almacena, convierte y despacha el producto y que son dirigidos al público objetivo familiar y/o escolar.

En base a la proyección de la demanda diaria, semanal o mensual del producto promocional, se mide la carga de trabajo de la operación para determinar el número de personas requeridas y en base a esto se mide la productividad de la operación.

El producto UHT es atendido dentro del canal moderno (supermercados y autoservicios) con crecimiento en zonas emergentes. Se muestreó 33 pedidos de camiones entre los meses de julio y agosto, teniendo un despacho promedio 78 paletas/día para las 5 presentaciones. Así también para el siguiente año se tiene un proyección de crecimiento del 5% y la creación de un nuevo producto UHT 3Pack que se estará dirigido a los escolares.

El diagrama de pastel de la figura 3 se muestra la desagregación de los pedidos diarios por tipos de producto UHT 3Pack.

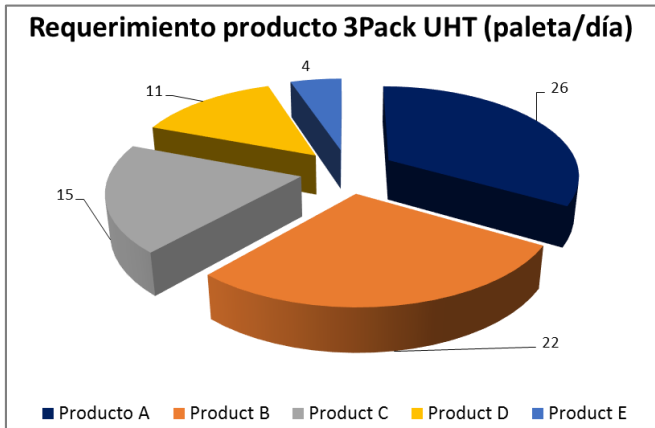


Fig. 3 Las 5 presentaciones del UHT 3Pack

### Takt Time

Como la demanda es de 78 paletas/día, con una disponibilidad de tiempo de 435 minutos por cada turno, cada paleta de producto contiene 75 cajas y 12 unidades por caja. El takt time es de 2.23 seg/pack

### Tiempo estándar y Capacidad del Proceso

Se realiza el estudio de tiempos con la ayuda de un cronómetro y un formato de trabajo, se miden todas las actividades identificadas, se toman 10 muestras para cada actividad como referencia y determinar el tiempo normal, obteniendo un valor de 31.2 segundos/3pack.

Se atribuye una valoración de suplemento del 24% a los operadores. El peso de la caja con producto UHT, es de 12 kg y viendo una oportunidad en eliminar la actividad que las mujeres realicen esfuerzo físico por levantar peso.

Teniendo el tiempo normal, el suplemento atribuido y el ritmo de trabajo, se determina el tiempo estándar en 38.72 segundos/pack. Por lo tanto se calcula:

$$\text{Capacidad de proceso} = 2.247 \frac{\text{paleta}}{\text{turno} - \text{persona}}$$

### Carga de trabajo

Se calcula la carga de trabajo, identificando que una mesa de 4 personas es de 9 paletas/turno

### Tiempo de Ciclo

Como la capacidad de proceso es 2.25 paletas/persona y se dispone de 32 personas, se puede producir 72 paletas/día, por lo tanto el tiempo de ciclo es de 2.42 seg/pack

En la figura 4 se muestra el gráfico del tiempo de ciclo de todas las actividades para realizar la conversión, encontrándose desbalanceada y viendo una oportunidad en mejorar el proceso de conversión.

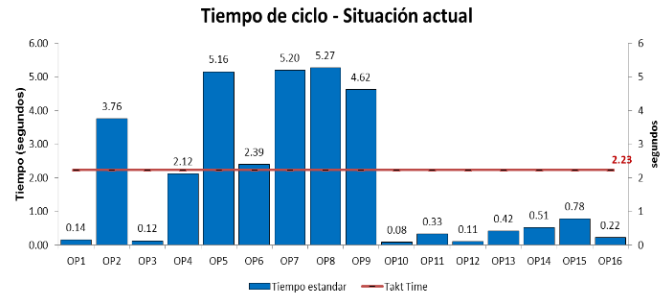


Fig. 4 Gráfico de barras del tiempo de ciclo vs el takt time

### Análisis de Movimientos

En esta parte se analizaron los movimientos que realizan los operadores para producir los 3Pack en la zona de trabajo. Para ello se ha considerado como referencia una mesa de trabajo, ya que esto es similar en las demás mesas (total 4 mesas de trabajo). Realizan movimientos para el traslado de materiales, constante inclinación para recoger la pistola de silicona, estiramiento de los brazos para coger un producto. Realizando un seguimiento al recorrido del personal en las 4 mesas de trabajo y en ambos turnos, se tiene un total de 18,756 metros para realizar la conversión del producto UHT 3Pack. En la figura 5 se muestra el diagrama de recorrido (Spaguetti), en el cual se identifica el recorrido que realizan los 4 operadores en una mesa de trabajo.

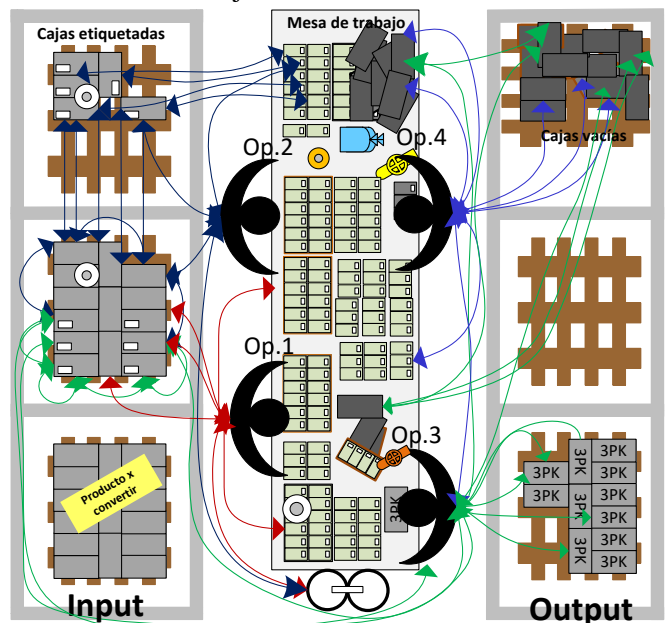


Fig. 5 Diagrama de Spaguetti, proceso de conversión UHT 3Pack

### Análisis de Riesgo Ergonómico

En esta parte evaluaremos los posibles riesgos ergonómicos que se observaron en la zona de trabajo durante la conversión del producto, y que actividades que generan un mayor esfuerzo físico, como antecedente se tiene el análisis de movimientos, ya que no se tenía alguna información respecto a malestar del personal (descanso médico por ejemplo), así que se entrevistó al personal y mediante el feed back se realizó del diagrama

causa efecto o Ishikawa, mostrado en la figura 6, se identificaron posibles causas donde el personal siente malestar muscular durante la conversión del producto UHT 3Pack, identificando 7 causas principales.

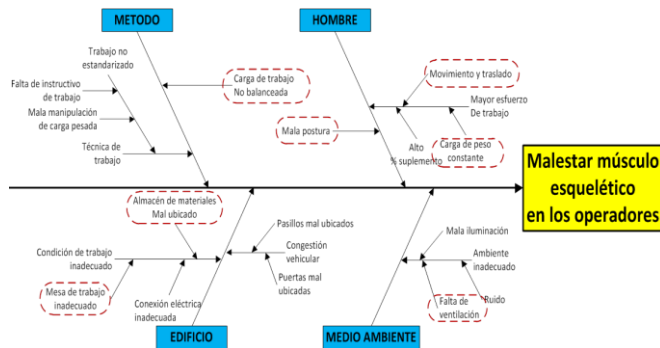


Fig. 6 Análisis de causa-efecto del malestar muscular

Al final de la lluvia de ideas, el personal identificó que la carga de trabajo no está balanceada debido a un mal diseño del puesto de trabajo siendo este el motivo del malestar muscular que pudieran tener y por eso deben realizar movimientos repetitivos y traslados largos.

Un ejemplo son las actividades que tiene que realizar los trabajadores para coger la pistola de silicona (figura 9, lado izquierdo) y colocar etiquetas a las cajas de cartón (figura 10, lado izquierdo) para realizar la conversión presenta una mala postura.

#### Identificación de molestias musculoesqueléticas

Se realizaron encuestas a un total de 20 personas, ambos turnos y ambos sexos e identificar en que parte del cuerpo existe posibles problemas musculoesqueléticos y tener detalle en la información. En la figura 7 se muestran los porcentajes de incidencia en cada parte del cuerpo durante los 3 días que se realizó el seguimiento y en ambos turnos. Según la evaluación, el 17.6% de los encuestados indicaron que sentían malestar de postura, inclinación y manipulación, en la muñeca y espalda.

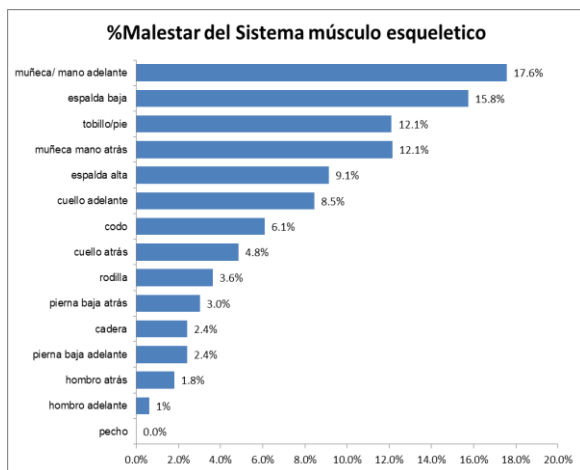


Fig. 7 Malestar promedio que aqueja a los operadores

#### 1.4. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA PRODUCTIVO

- Acumulación de materiales (cajas de cartón, etiquetas, producto UHT unitario) en la mesa de trabajo durante la conversión del 3Pack.
- Las actividades no se encuentran balanceadas, haciendo que unos operadores tengan mayor carga de trabajo que otros.
- En base al estudio de tiempo, la carga de trabajo está por encima del 100%.
- Falta de flexibilidad en la conversión de productos UHT 3Pack. Actualmente su capacidad de proceso es de 72 paletas/día, sin embargo producen sólo 2 SKU del UHT 3Pack al día (36 paletas en turno mañana y otros 36 en turno tarde).
- Mal diseño de la zona de trabajo, el personal intercambia constantemente el puesto físico de trabajo, traslados innecesarios en recorrer 2.5 metros para recoger materiales de empaque.
- Al no tener las condiciones en la zona de trabajo, se tiene problemas en la zona músculo esquelético de la muñeca y espalda (nivel leve). Esto fue diagnosticado mediante encuestas y entrevistas al personal operativo.
- Las edades del personal de trabajo fluctúa entre los 20 y 30 años.
- El operador tiene que coger la caja de cartón y dejarlo en una paleta 75 veces y retomar al puesto, si en un turno realizan 9 paletas/mesa, el trabajador tiene una frecuencia de 675 veces/turno, moviéndose a una distancia de 607.5 metros.
- No tienen un método de trabajo definido, varones y mujeres realizan actividades parecidas.
- Dimensiones de las mesas de trabajo no son las adecuadas (1.2x4.5 metros), la superficie de la mesa no es deslizante dificultando el traslado de materiales.
- Instalación eléctrica inadecuada, los cables están expuestos al personal y cuando intercambian los puestos de trabajo, estos pisan los cables.
- El almacén de materiales de empaque se encuentra distante de la zona de conversión, el traslado de estos lo realiza el montacargas, teniendo un tiempo de 3.5 minutos por viaje.

#### IV. DISCUSION DE RESULTADOS

En base al diagnóstico, se implementaron algunas mejoras con el objetivo de eliminar los desperdicios o cuellos de botellas, como son:

**Riesgo Ergonómico.** En la figura 8, se observa la implementación de un dispensador de cartón (ciclo N° 4), en donde el operador evita la acción de inclinarse hasta el ras del piso para recoger la pistola de aplicador de silicona y pegar las cajas de cartón, simplemente lo colocaría ahí y se eliminaría la acción repetitiva de inclinar el tronco del cuerpo 675 veces/turno y mantener una posición erguida.



Fig. 8 Instalación de un dispensador de cartón para la pistola de silicona

**Riesgo Ergonómico.** En la figura 9 se muestra la implementación de un dispensador de 2 tubos cilíndricos soportado en una plancha de cartón para colocar bobinas con código de barras, evitando que el operador se incline para colocar etiquetas y levantar cajas llenas con un peso de 12 kg cada uno, simplemente con el nuevo diseño la caja de cartón llega al operador, reduciendo el esfuerzo físico, manteniendo una posición erguida. Esto se implementó en los ciclos N°4 y 5.

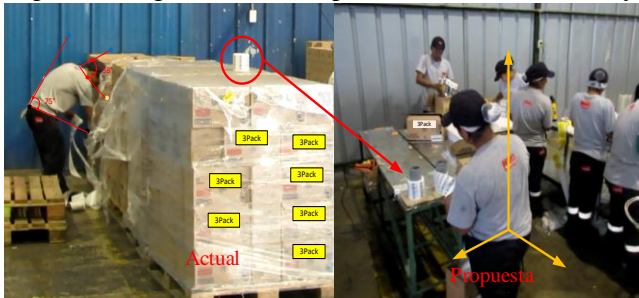


Fig. 9 Instalación de un dispensador etiquetas para caja de cartón

**Movimientos.** Se cambiaron las mesas de trabajo por menor dimensión según normas de seguridad en el puesto de trabajo, así también se trajo una madera de acero inoxidable (antes de madera), por ser deslizantes y reduciendo el esfuerzo físico en el traslado de los materiales como se muestra en la figura 10. Se implementó en el ciclo N° 4 y 5.



Fig. 10 Mesa de menor dimensión

**Orden y Limpieza.** Al momento de cargar la barra de silicona a la pistola, el operador tiene que purgar (como se muestra en la figura 11 lado izquierdo), ocasionando restos de residuos sólidos en la zona de trabajo. El dispensador de cartón tendrá otro uso como es el de recolectar toda la silicona que se purga, eliminando la acumulación e implementando un control de mermas, así también se modificaron las conexiones eléctricas y tener un mayor orden. Se implementó en los ciclos N°4 y 5.



Fig. 11. Depósito de silicona purgada

**Poka Yoke.** A prueba de errores, el almacén diario de materiales trabaja en forma ordenada y usando lo necesario, reduciendo la Ocupabilidad en un 72% de bobinas. Así también se identifican las etiquetas por colores para evitar confusión al momento utilizar el material indicado. Se implementó en el ciclo N°5.

**Inventarios.** Al término de las iteraciones mediante la aplicación de la metodología investigación acción, se crea un flujo continuo sin generación de inventarios de materiales en proceso, como se muestra en la figura 12. Esto resultó en los ciclos N° 4 y 5.



Fig. 12 Flujo continuo

En base a las mejoras implementadas y el compromiso del personal de trabajo, se realizó la planificación, acción, observación y reflexión en cada ciclo y a continuación se describe:

- Se inició con la planificación donde incluye: la designación de un sponsor, formación del equipo de trabajo, mapeo de proceso, responsabilidades y establecer objetivos y metas.
- En el ciclo 1, se ve el cambio de método de trabajo, el personal tiene actividades asignadas, el primer paso fue buscar flujo continuo produciendo pequeños lotes y evitar inventarios durante la conversión, sin embargo se evidenciaba acumulación en la mesa de trabajo, se trabajó con 7 personas y su tiempo de ciclo fue de 33.6 seg/pack.
- En el ciclo 2 se contó con 10 personas y se continuó trabajando de forma lineal, generando acumulación de cajas en la mesa de trabajo, movimiento de personas en el traslado de estos y los espacios entre personas eran distantes, su tiempo de ciclo fue de 40 seg/pack.
- Vimos que al trabajar en forma lineal, el producto tendría mayor recorrido y una persona se encargaría de trasladar las



cajas vacías hasta el final del flujo. Se descartan los ciclos 1 y 2, las mesas se reubicaron y tener un flujo semicircular y es cuando se tuvo la idea de cambiar el flujo en forma de “U”, esto ayudó a reducir los movimientos de las personas y materiales, esto se realizó en los ciclos 3, 4 y 5.

- En el ciclo 3 se colocaron 13 personas, pensando que podíamos producir más, sin embargo se evidencia acumulación de cajas durante el pegado de estos, la célula no tenía el diseño adecuado porque no tenía un acceso de salida al personal, generando desorden en el puesto de trabajo. se descartó esta propuesta.
- El ciclo 4 y 5 se realizaron mejoras: fabricación de una caja recolector de silicona, dispensador para colocar las bobinas de papel, cambio de mesa por una de menor dimensión, tachos de cartón para colocar el papel que se utilizaba después del rotulado, cambio del almacén diario más cercano a la zona de trabajo, rotuladores de color para la identificación de cada producto UHT 3Pack.
- En el ciclo 5 el tiempo se redujo a 13.58%, siendo el más eficiente, balanceando las actividades contando con 10 personas/célula de trabajo.
- Dicha célula tiene una capacidad de 26 paletas/turno y la demanda es de 78 paletas/día, entonces se necesitarán 3 células.
- Se redujo los movimientos de personas en un 53%. Sólo los 3 operadores (op1, op9 y op10) que aparecen en la figura 14, realizarían traslados mínimos, los demás realizan actividad en su mismo puesto de trabajo.
- Se logró tener flexibilidad de producto UHT 3Pack, mediante las células de manufactura, llegando a convertir o transformar de 2 a 5 productos UHT 3Pack/día, según requiera la demanda.
- Se obtuvo un diseño de flujo continuo por lotes pequeños, a diferencia de otros procesos conocidos, las unidades se desarmaban para luego ser transformados o convertidos y volver a su caja original, con ello reducimos el stock en proceso.
- Se optimizó el área de trabajo, teniendo una Ocupabilidad del 31% con la célula propuesta, así el almacén de materiales diario puede ocupar dicho espacio y estar cerca al nuevo diseño de trabajo.

Los resultados se encuentran en la tabla II.

Tabla II Resultado de los ciclos

Nº	T. ciclo seg/pack	Persona /mesa	% Suplem.	Paleta/ mesa	Área (m2)	Persona requerida
Actual	38.72	4	24%	9	109.05	32
Ciclo 1	33.6	7	19%	16	94.55	34
Ciclo 2	40.0	10	19%	24	82.33	33
Ciclo 3	41.6	13	19%	32	90.25	33
Ciclo 4	26.7	10	17%	25	94.31	32
Ciclo 5	22.3	10	15%	26	75.5	30

**Balance de Línea.** Con la eliminación de algunos desperdicios, se puede apreciar que las actividades para cada trabajador están niveladas respecto al takt time como se muestra en la figura 13. Y está asignado a la iteración N°5. Se puede decir que se tiene capacidad para atender la demanda. Serían un total de 10 personas por cada célula.

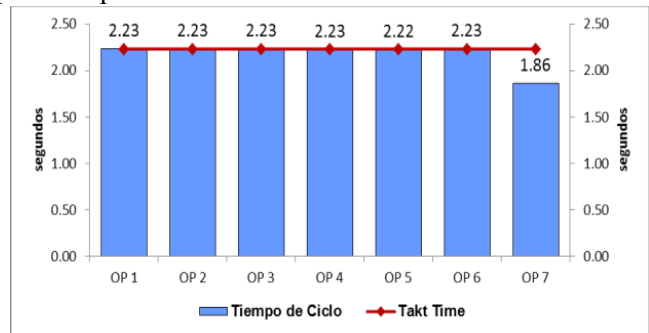


Fig. 13 Balance de Línea mejorada

**Célula de Manufactura.** Mediante las iteraciones, se obtuvo una nueva forma de trabajar. En la figura 14 se muestra el nuevo layout, diagrama de recorrido del lote unitario 3Pack UHT y la caja de cartón, mediante un flujo continuo aplicando la investigación acción, ganando flexibilidad.

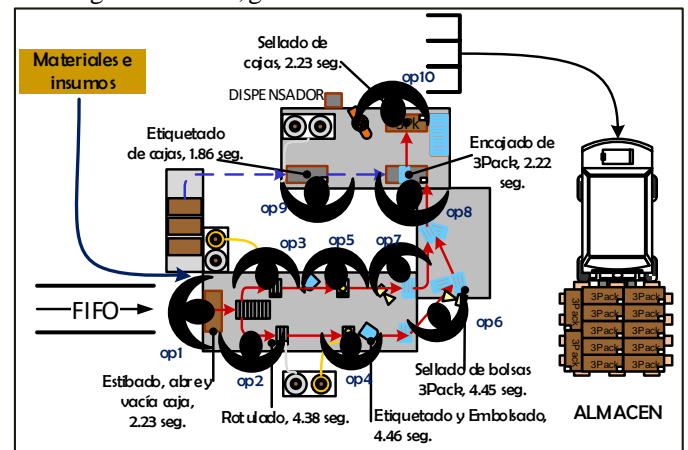


Fig. 14 Diseño de una célula de trabajo en flujo, stock tipo supermercado y FIFO dispuesto, layout del ciclo N° 5

**Polivalencia (Shojinka).** Se muestra en la tabla III, la matriz de competencias de los trabajadores para una célula y teniendo ciertas limitaciones, nótese que las mujeres no tienen evaluación de actividades en levantar o estibar carga pesada, con el objetivo de prevenir riesgos ergonómicos y posibles enfermedades ocupacionales. Se puede apreciar que los hombres tienen en promedio la misma capacidad y habilidad para realizar los trabajos de estiba, carga y traslado de producto pesado, pero en los trabajos de etiquetado y rotulado, necesitan mayor destreza y rapidez para estar al mismo nivel de las mujeres. Durante el etiquetado, rotulado y sellado, las mujeres del lado derecho son más hábiles que el izquierdo, esto se da por la ubicación física, se propone que roten en el otro sentido, hasta que ambos sentidos tengan la misma capacidad y habilidad.

Tabla III. Matriz de polivalencia

Proceso: Conversión 3Pack UHT		MATRIZ DE POLIVALENCIA - AREA DE PROMOCIONES																	PUNTAJACION		
Célula de Manufactura		Actividad atribuido a los varones				Actividad atribuido a ambos sexos							Actividad atribuido a los varones								
N O M B R E	M P U E S T O	Traslada, coge caja y retorna a la mesa de trabajo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
		Abrir caja master																			
		Traslado de 12 unidades en la mesa																			
		Traslado de la caja master sin producto a la otra mesa																			
		Empaquetar en film																			
		mueve paleta																			
		Coge caja y coloca etiqueta a la caja master sin producto																			
		Traslado de la caja master a la nueva paleta																			
		Traslado de la caja master a la nueva paleta																			
		Acomodar las 12 unidades y preparar siguiente paso																			
		Jalar las 12 unidades																			
Coloca etiqueta blanca BAW 3 a las 12 unidades																					
Acomodar las 12 unidades y empujar siguiente paso a promociones																					
Coloca etiqueta amarilla de promociones																					
Jalar Palets y colocar boka x 3 unidades																					
Aplica calor con pistola al 3Pack																					
Coloca 3Pack en caja																					
Coge caja, coge pistola y aplica goma a la caja master																					
Coge, tira del cable, aplica en paleta y retorna a mesa																					
forma paleta																					
Puntuación total		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.3	3.4	4	3	3	3.1	3.2	3.1	3	3.3	4.3	3.7	4.0	4.7	69

1	Necesita capacitación, en formación básica
2	Realiza actividad bajo supervisión (bajo entrenamiento)
3	Esta capacitado y calificado para realizar la actividad
4	Capacitado y experto
5	Capacitado y enseñar a otros

Nivelación (Heijunka). En la figura 15 se muestra la implantación de 3 células de manufactura, con mayor capacidad e independientes para atender la demanda, esto ayudará a nivelar la programación del sistema productivo, entregando lotes pequeños en ventanas horarias definidas y en un solo turno.

Así también ayudará a ordenar los stocks de seguridad en el área de distribución evitando acumulación stock de algunos productos y siendo más dinámico.

Nivelación del programa de conversión UHT 3Pack

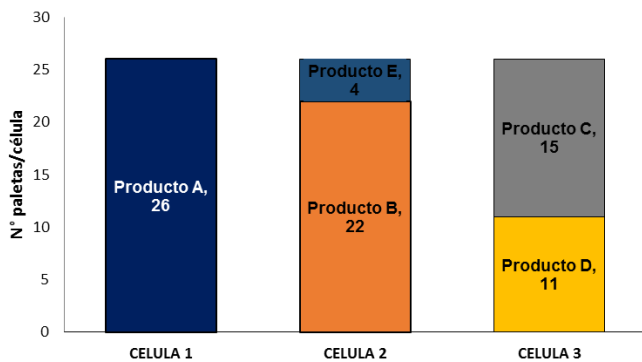


Fig. 15 Nivelación con el Heijunka

### V. CONCLUSIONES

- Se aplicó la metodología de investigación acción como una propuesta de implementar un sistema Lean y en base a los resultados obtenidos, podemos concluir la viabilidad de esta investigación. Se eliminó los desperdicios o cuellos de botella estableciendo un flujo continuo en pequeños lotes como son los 3Pack UHT, se generó una producción Pull, se diseñó un proceso flexible mediante células de manufactura, balanceando las actividades de los trabajadores, nivelando la demanda y los suministros.

- Durante el desarrollo de la investigación se observó la amplia disponibilidad de los trabajadores por conocer más sobre nuevos métodos de mejora, por lo cual no existen motivos para suponer que la implementación de herramientas lean tenga resistencia en ellos. Con una buena difusión y amplio respaldo por parte de la gerencia se puede concluir que la aplicación de las herramientas es beneficioso dentro de la organización.
- Dentro del sistema de mejora continua se utilizaron herramientas lean que fueron esenciales para el desarrollo de la investigación. Estas herramientas fueron ayudando a proporcionar un panorama detallado, logrando brindar un mejor entendimiento y que impactaron en productividad, seguridad y tiempo de entrega.
- Mediante la evaluación cualitativa de la metodología de investigación que consiste en entrevistas y el uso de la herramienta de análisis causa efecto conocido como el diagrama de Ishikawa, se pudo identificar las posibles causas del malestar músculo esquelético, teniendo una gran importancia en el diseño actual del puesto de trabajo, en lo cual no reunía las condiciones para efectuar la conversión del producto UHT 3Pack.
- El empleo de las encuestas de evaluación músculo esquelético al personal ayudaron a tener información más certera respecto a que zonas o partes del cuerpo presentan malestar músculo esquelético, en donde la columna, espalda y muñecas presentar malestar durante la jornada laboral. Por ello, el diseño y la implementación de una encuesta constituye un instrumento importante en el análisis de riesgos ergonómicos en empresas industriales.
- Los resultados de la encuesta permitieron orientar las oportunidades de mejora hacia el factor de riesgo de posturas forzadas en el puesto de trabajo. Por ello se realizó un planteamiento en rediseñar el método de trabajo en el cual se adopten posturas óptimas, mejorando la percepción de los trabajadores y contribuyendo a reducir la incidencia de lesiones músculos esqueléticos.
- Dentro de las mejoras implementadas en su mayoría fueron ideados por los operadores y fabricados a costo cero, ya que se utilizaron material reusado como cartón y tuberías de PVC para la fabricación de accesorios como son el dispensador para la pistola de silicona, dispensador para colocar bobinas de etiquetas y por último tachos de cartón para la recepción del papel de etiquetas y rotuladores. Con las propuestas ya mencionadas y el rediseño de la zona de trabajo se redujeron los suplementos del personal operativo en un 37.5%.
- Mediante la implementación de un sistema de mejora continua y en base a 5 iteraciones experimentales se incrementó la productividad de 2.25 a 2.6 paletas/persona. Así también el incremento de capacidad en un 8.3%.
- Mediante la conversión en lotes pequeños, ayudó a eliminar los inventarios de materiales de empaque y producto UHT en proceso, así también la acumulación de paletas dentro de la zona de conversión, la nivelación de los stocks de

seguridad en el área de distribución, evitando que haya sobre stock de producto de mayor demanda y quiebres de otros productos.

- Se concluye que esta metodología ayudó a reducir los volúmenes de solicitud de pedido en el área de logística de compras de materiales e insumos, reduciendo los stocks en los almacenes de entrada y ordenando toda la cadena de suministro para el proceso de conversión.
- El incremento de la productividad originó que podamos trabajar en un sólo turno y con ello reducir nuestros costos operativos como son: el consumo de energía eléctrica por iluminación, fuerza laboral, alquiler de montacargas, recarga de batería de equipos eléctricos y consumo de gas.
- Mediante la herramienta del Shojinka, se implantó una matriz de habilidades personales y se midió el potencial humano con que se cuenta, esto con el objetivo de rotar al personal en los diferentes puestos de trabajo y no depender de una persona. Sin embargo cuenta con algunas restricciones como es el caso en que las mujeres no realizarán actividades que involucren esfuerzo físico como cargar, estibar y/o apilar cajas de cartón. Y a pesar de estas restricciones el personal evitará tener problemas músculo esquelético.
- A los trabajadores les pareció interesante y alentador la propuesta, y que les permitiría mejorar sus competencias laborales y los aspectos que más llamaron su atención fueron la experiencia vivencial entre ellos y los supervisores, líderes y almaceneros conjuntamente con la nueva metodología.

## VI. RECOMENDACIONES

- Desarrollar programas de incentivos en lo cual se fomente la participación activa entre los trabajadores, en función a metas de desempeño, trabajo en equipo y compromiso con la empresa, con el objetivo de reducir la rotación de personal en el área de trabajo.
- Siempre considerar las sugerencias que manifiestan los entrevistados o dueños de proceso, así también ofrecer capacitaciones de la metodología y poder implementar ideas de mejora, lo que sería un gran aporte para que ellos a futuro puedan mejorar sus procesos, teniendo en cuenta que ellos son el activo máspreciado y valorado que existe en una organización.
- Seguimiento de la implementación de las mejoras para que la empresa no pierda el ritmo de orden, limpieza y manejo de las herramientas de mejora propuestas, y sea sostenible.
- Dar las condiciones de trabajo al personal operativo, en donde las tareas de los trabajadores se puedan hacer dentro del alcance de los brazos, altura de los dedos y hombros, evitando problemas ergonómicos por mala postura y malestar corporal.
- Implantar técnicas de descanso y relajación muscular, durante la jornada laboral mediante pausas activas por 2 a 3 minutos, con el objetivo de recuperar energía, mejorar el desempeño y eficiencia en el trabajo.

- Desarrollar el sistema socio técnico como una metodología de mejora continua y cómo puede influir en el entorno social mejorando sus procesos utilizando herramientas lean Manufacturing y compararlo con la investigación realizada.
- Liberar las obstrucciones que pueda tener la ruta de trabajo, al momento de diseñar la célula de manufactura y tener personal de movimiento, se debe asegurar que la ruta de cada uno de ellos, no exista nada que dificulte el libre tránsito, evitando accidentes y aumentando la seguridad del trabajador en el puesto de trabajo.
- Utilizar como medio a la gravedad, para ayudar al operador en la colocación, traslado y movimiento de piezas, materiales o herramientas de un punto a otro, reduciendo la fatiga y malas posturas.
- Asegurar que los equipos de trabajo tengan los recursos necesarios (Check List) e información antes y durante la operación diaria mediante la gestión visual y con el objetivo que mejoren los aspectos claves del proceso, motivar el esfuerzo de la mejora continua.
- La capacidad de desenvolvimiento mencionado en el ítem anterior, se pueda dar mediante el establecimiento de matrices de versatilidad y habilidades, asegurando que el operador esté entrenado y pueda operar cualquier estación de trabajo.

## AGRADECIMIENTO

A la empresa donde se realizaron las pruebas experimentales y por la información proporcionada, gracias a ello pudimos culminar dicha investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Womack, J.P (1991). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, Harper Business
- [2] Hirano, H. (1991). *Manual para la implementación del JIT*, Tomo II. Copyright: Productivity Press, pp. 375-454.
- [3] Liker, J. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- [4] Cuatrecasas, L.I. (2015). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. Séptima edición Barcelona: PROFIT editorial, pp. 77-90 and 107-169.
- [5] Sekini, K. (1993). *Diseño de Células de fabricación: Transformación de las fábricas para la producción en flujo*. Cambridge: Productivity Press, pp. 93-142.
- [6] Suzaki, K. (1987). *Competitividad en fabricación en la década de los 90: Técnicas para la mejora continua*. Madrid: The Free Press, pp. 9-95.
- [7] Lewin, K. (1946). *La investigación-acción y los problemas de las minorías*. Salazar, M.C. (1992). *La Investigación - acción participativa*. Inicios y Desarrollos, pp. 13-25. Colombia: Editorial Popular. OEI, Quinto Centenario.
- [8] Yin, R. (1994). *Investigación sobre Estudio de Casos Diseño y Métodos*. Segunda edición. Londres: Publicaciones SAGE.