



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Colegio de Ingeniería Industrial

PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE  
LICUADORAS Y VENTILADORES, INCORPORANDO  
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA.

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

**ERIKA ISABEL ROJAS TINOCO**

DIRECTORA DE TESIS  
**Mtra. Gloria Carrasco Morales**



**BUAP**

Oficio D-SA 2944/2019

**C. ERIKA ISABEL ROJAS TINOCO**  
**PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA**  
**INDUSTRIAL**  
**Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**“PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE LICUADORAS Y VENTILADORES, INCORPORANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESELTA”.**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como asesor a la Mtra. Gloria Morales Carrasco, docente de la Facultad de Ingeniería.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente**

**“Pensar bien, para vivir mejor”**

**H. Puebla de Z. a 16 de octubre de 2019**

**M. en I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
**Director**



**M'FDLH/M'JAJT/BARV**  
**C.c.p. Interesado**  
**C.c.p. Archivo**

Facultad  
de Ingeniería

Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

**M. en I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P r e s e n t e.**

El que suscribe: Mtra. Gloria Carrasco Morales, Asesora del tema de tesis:

**“PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE LICUADORAS Y VENTILADORES,  
INCORPORANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA”.**

Presentada por la C. Erika Isabel Rojas Tinoco, pasante del Colegio de Ingeniería Industrial, y en atención al oficio No. D- SA 2944/2019 con fecha de emisión 16 de octubre de 2019, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la misma.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**

**“Pensar bien, para vivir mejor”**

**H. Puebla de Z. a 11 de febrero de 2020**



**Mtra. Gloria Morales Carrasco**  
**Asesor**

**M'GMC/BARV**  
**C.c.p. Interesado**  
**C.c.p. Archivo**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Estudio del trabajo.....	6
2.2 Medición del trabajo .....	16
2.3 Manufactura esbelta .....	36
CAPÍTULO III.- Metodología .....	52
3.1 Elaboración de diagramas de flujo y bimanuales .....	52
3.2 Estudio de métodos.....	52
3.3 Estudio de tiempos con cronometro de las operaciones .....	53
3.4 Estudios ergonómicos de los puestos seleccionados.....	54
3.5 Estudio de micromovimientos.....	54
3.6 Propuestas de mejora usando htas. de manufactura esbelta.....	54
3.6.1 Incorporación de 5S .....	55
3.6.2 Incorporación de Kaizen .....	55
3.6.3 Incorporación de ANDON .....	56
3.6.4 Diseño de pokayokes y dispositivos .....	56
3.6.5 Incorporación de Kanban .....	56
CAPÍTULO IV.- Resultados .....	58
4.1 Línea de ensamble de licuadoras .....	58
4.2 Línea de ensamble de ventiladores .....	75

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....	80
REFERENCIAS .....	96
APÉNDICE 1: Tablas de micromovimientos MTM .....	97
APÉNDICE 2: Tablas de micromovimientos MOST .....	101
APÉNDICE 3: Tablas de micromovimientos MODAPTS .....	103

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas se encuentran en una búsqueda constante por satisfacer las necesidades del cliente e incluso superar sus expectativas, y por lo mismo se ven obligados a mejorar su desempeño y a perfeccionar sus procesos para poder lograr una competitividad que los mantenga en el mercado. La empresa donde se realizó el trabajo de investigación no es la excepción.

Es una empresa del ramo de electrodomésticos, fabrican licuadoras, ventiladores y secadoras de uñas. Esta empresa al igual que muchas luchan por esa pequeña ventaja sobre sus competidores, ya sea en precio, calidad, servicio al cliente. Y el proceso de Mejora Continua, estudio del trabajo y la Manufactura Esbelta son de gran utilidad para lograr los objetivos.

La empresa cumplió 30 años en México, tiempo en que se ha posicionado como una de las principales marcas de su categoría. Creció obedeciendo a una demanda no esperada por el éxito de sus productos, ocasionando responder a las necesidades del momento, sin tiempo para un estudio minucioso.

Durante el recorrido por la empresa se detectaron áreas de oportunidad, en su logística (el surtimiento de materiales y almacenamientos), producción (sus tiempos de operación, calidad y retrabajos). Se tomó la decisión de enfocar los estudios de esta Tesis, en dos de sus líneas de ensamble que son las más representativas, la de licuadoras y ventiladores. El gerente solicitó trabajar en las mejoras considerando mínima inversión y el menor tiempo de implementación. Bajo estos planteamientos, la investigación se fundamentó en los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** Desarrollar una propuesta de uso de algunas de las herramientas de manufactura esbelta (5S, Andon, Pokayoke, Kanban y Kaizen) para mejorar el proceso de las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores de pedestal, que contribuya a la optimización del proceso al disminuir tiempo de fabricación, retrabajos, material dañado, desperdicios, y mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo y la calidad de los productos de la empresa Electrohogar.

### **Objetivos particulares:**

- Realizar un estudio del proceso actual en las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores para analizar y seleccionar los puestos de trabajo factibles de optimizar con la incorporación de herramientas de manufactura esbelta.
- Elaborar un estudio de tiempos con cronometro en los puestos seleccionados en las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores como factibles de optimizar.

- Proponer las mejoras en los puestos de trabajo seleccionados como factibles de optimizar, usando herramientas de manufactura esbelta en las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores.
- Elaborar un estudio de tiempos y movimientos con la propuesta de optimización en los puestos de trabajo seleccionados, en las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores, y comparar con los tiempos actuales, para calcular el porcentaje de reducción de tiempos.
- Identificar las herramientas de manufactura esbelta (5S, Andon, Pokayoke, Kan-ban y Kaizen) factibles, para incorporarlas en las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores y lograr su optimización.

**Se generó una pregunta de investigación:**

¿Cómo contribuir a la disminución de tiempo de fabricación, retrabajos, material dañado, desperdicios, y mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo, la calidad de las licuadoras y los ventiladores en las líneas de ensamble de la empresa Electrohogar?

**Con el planteamiento de una hipótesis:**

Con un estudio del trabajo y de micromovimientos, en los puestos de trabajo de las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores, se pueden detectar las actividades factibles de optimización y decidir qué herramientas de manufactura esbelta (Andon, Pokayoke, Kanban y Kaizen) se pueden incorporar al proceso para contribuir a la disminución de: tiempo de fabricación, retrabajos, material dañado, desperdicios, y mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo y la calidad de los productos en la empresa Electrohogar.

**El contenido de la Tesis se estructuró de la siguiente manera:**

En el Capítulo I: Marco Conceptual, se presenta un breve resumen de la empresa en la cual se realizó el estudio.

En el Capítulo II: Marco teórico, se presentan metodologías y herramientas que ayudan a recabar la información necesaria y como realizar un análisis profundo, como estudiar los datos, y sustentar las bases de la propuesta de solución.

El estudio del trabajo trata de la aplicación de métodos más sencillos y eficientes para, de esta manera, aumentar la productividad de cualquier sistema productivo. Analizando de lo general a lo particular.

La medición del trabajo se propone para calcular los tiempos estándar de lo actual y lo propuesto, con las técnicas de cronometro y micromovimientos (con el sistema MTM medición de tiempo de los métodos (Methods Time Measurement).

La evaluación ergonómica de los puestos de trabajo. El uso de algunas herramientas de manufactura esbelta que pueden funcionar en este tipo de líneas de producción, para simplificar las tareas, controlar materiales y mejorar la calidad.

El Capítulo III: Metodología, da cuenta del procedimiento que se siguió para lograr los objetivos de esta investigación, como obtener la información de la situación actual, para realizar el estudio de los métodos y analizar donde y como se puede mejorar el proceso.

Los resultados se presentan en el Capítulo III; se confronta la teoría con la realidad, se grafica el proceso actual del ensamble de la línea de licuadoras y se analiza cada puesto detalladamente, se presenta la información para su análisis y la generación de ideas de mejora, considerando las premisas de mínima inversión y rápida y fácil implementación.

Y se cierra el trabajo con las conclusiones y sugerencias a que se llegó con esta investigación, la propuesta de para la línea de ensamble de la licuadora es de una optimización del tiempo de 10.67%, la eficiencia actual es del 74.01%, la eficiencia propuesta es del 84.68%. Las inversiones son para la fabricación de dispositivos, estantería para los puestos de trabajo y cautín. Los dispositivos se pueden fabricar en el propio taller de mantenimiento con el que cuenta la empresa, y las modificaciones a las mesas de trabajo con proveedores nacionales.

## **CAPÍTULO I.- Marco Conceptual**

La empresa en estudio es una maquiladora de la gran marca española “Taurus” dedicada a los electrodomésticos, empezó en 1962 cuando dos emprendedores llamados Francesc Betriu y Jordi, de un pueblo del Pirineo, se pusieron a fabricar en un garaje, secadores de pelo y molinillos de café. El éxito de los productos fue grande y relativamente en poco tiempo.

El nombre de la empresa se omite por razones de confidencialidad (solicitado por la empresa), en este trabajo nos referiremos a ella como Electrohogar.

En México existe desde hace más de 30 años y fue relanzada en el 2006 ofreciendo a sus consumidores productos con valor agregado a precios justos. Desde el 2013 Taurus México se ha enfocado en la innovación como motor de crecimiento de la marca, lanzando productos al mercado como los ventiladores de rejilla plástica patentada, y el ecosistema de productos inteligentes.

En los años setenta, esta marca ya era la más importante en el sector de los pequeños electrodomésticos en España. El capital era 100% español, coincidiendo además con la creación de la primera freidora doméstica. Debido al éxito en esta década compró la marca Turmix.

En el año 2000 nació Taurus Group, que buscaba coordinar y potenciar la marca en el extranjero mediante filiales europeas. Se compraron nuevas empresas, caso de la marca Monix, que se relanzó en el mercado. Pasaron a crearse dos filiales europeas en Francia y Portugal. Además de esto, se abre una oficina en Hong Kong.

El grupo siguió con su expansión en líneas de negocio y en lo geográfico. Se crearon oficinas en Shangai y Cantón, dando servicio de control de calidad y se compró la sociedad Big Distribution en Marruecos.

En 2006 Taurus lanzó Mycook, el primer robot de cocina con tecnología de inducción y que hace posible rallar, picar, triturar, emulsionar, montar, amasar, sofreír, guisar y cocinar al vapor. En 2007 entró en el sector de las máquinas de herramientas comprando Casals.

En los últimos años se compró la empresa White& Brown en Francia para así contar con más presencia en el país vecino. Se relanzó la marca especializada en cafeteras Minimoka y por último se creó la filial de la marca en Colombia.

Sin lugar a dudas, una empresa que no ha parado en ningún momento de crecer y expandirse y que es ejemplo para muchas otras empresas de nuestro país.

Las instalaciones en Puebla se ubican en el Antiguo camino a Ocotlán 2008. La empresa emplea a más de 400 operarios y 60 administrativos. Se fabrican 4 modelos de licuadoras, 6 modelos de ventiladores y un modelo de secador de uñas.

Se importa gran parte de la fabricación, el consumo mexicano, es bueno, tiene gran aceptación en los hogares, ofrece calidad y precios accesibles. Trabaja mucho por abarcar otros sectores, como son los jóvenes, han creado una licuadora, con bascula incluida y se conecta por bluetooth para controlar el encendido y apagado. El vaso se puede usar como vaso fitness, tiene tapa y el tamaño es adecuado para llevarlo en la mochila para el gimnasio.

La empresa se ha interesado mucho por los cambios pequeños, donde no se invierta mucho, pero lo más importante es que motiva a todo el personal a generar esas propuestas de mejora, hacia la mejora continua, se abren las puertas a practicantes e incluso se ofrece trabajo a estudiantes, apoyándolos con la flexibilidad en el horario. Los dueños de esta planta en Puebla, no imaginaban el crecimiento tan rápido que tendrían.

Hace unos meses la empresa se instaló también en Tlaxcala, necesitaba mayor espacio y las ventajas que se encontraron fueron atractivas.

La empresa dedicada a la maquila y ensamblaje de electrodomésticos invirtió 3.3 millones de dólares, para generar en su primera etapa 350 empleos formales.

Planta ubicada en el municipio de Teolochocho.

Desde su llegada a México en 2016, la empresa se ha colocado como una de las principales exportadoras de electrodomésticos a Latinoamérica y Europa.

Anteriormente denominada Taurus Mexicana, es una empresa que cuenta con productos diferenciados, dedicada a la fabricación de electrodomésticos.

En el recorrido, el Gobernador Mena también conoció una báscula personal de baño que mide el peso y masa corporal del usuario con una aplicación, un ventilador inteligente con diseño aerodinámico que proporciona mayor flujo de aire y cuenta con un motor que ahorra luz, así como una lámpara de uñas a base de luz ultravioleta, diseñada para que el secado del esmalte sea en menor tiempo. Este último producto fue diseñado con ingeniería de México, España y Estados Unidos y se colocó como una tendencia en el mercado de la belleza en todo el mundo, entre otros electrodomésticos.

Su Filosofía: En un mundo que tiende a la globalización, la filosofía empresarial de Taurus es ofrecer productos adaptados a las necesidades específicas de cada país a través de una red multilocal con presencia de equipos autóctonos en los distintos territorios.

## **CAPÍTULO II.- Marco Teórico**

La finalidad de este capítulo es revisar los elementos teóricos que servirán de sustento al análisis de la observación de la línea de ensamble de licuadoras y ventiladores, que se ha seleccionado para este trabajo de investigación.

La primera parte de este capítulo se revisan algunas propuestas de como recabar la información para conocer la situación actual de las líneas de ensamble, cuales son las herramientas más adecuadas para el tipo de trabajo que se realiza.

La segunda parte se dedica a seleccionar el método más adecuado para medir el trabajo, para contar con los tiempos actuales y también como calcular los tiempos de las propuestas.

La tercera parte de este capítulo trata de los métodos de evaluación ergonómica, la cual puede realizarse simultáneamente con los estudios del método y también al tomar los tiempos.

Y finalmente se revisan varias de las herramientas de manufactura esbelta, que pueden ayudar a lograr la optimización, entendiendo que la empresa está interesada en realizarla por etapas, y esta primera debe ser con la mínima inversión y corto tiempo para la implementación. Dejando propuestas que impliquen mayor inversión como puede ser cambios significativos en los medios de producción, equipos y herramientas.

Se toma en cuenta el trabajo con el que ha iniciado la empresa, trabajan ya en una mejora continua, y están convencidos que es importante intervengan todas las áreas de la empresa, el compromiso a todos los niveles es muy importante, capacitación, motivación, integración. Trabajo en equipo, ingeniería, producción y calidad, un buen inicio.

Contar con personal que se siente identificado con la empresa, será un trabajador que aportará ideas, que se siente parte de ella, la rotación de personal será mucho menor.

### **2.1 Estudio del trabajo**

Como en cualquier investigación de campo es importante contar con la información para analizar, estudiar los datos, y sustentar las bases de la propuesta de solución, son muchos los métodos, herramientas, instrumentos y técnicas con las que se podría iniciar una recolección de información, ¿cuál es la más adecuada?, ¿cuál es la que más conviene para el objetivo que se persigue?, ¿cuál es la que ofrece más ventajas que desventajas?, o simplemente ¿cuál es la ideal para el objeto de estudio?

Un diagnóstico, para conocer la situación real, para detectar fallas, áreas de oportunidad y tomar cartas en el asunto, para mejorar, para optimizar. El primer paso es recabar la información. Algunas de las herramientas para la resolución de problemas, conocidas también son: las 7 herramientas básicas de la calidad, diagrama causa efecto, Pareto, análisis de hoja de verificación y/o recopilación de datos. O un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), la metodología que propone la ingeniería de métodos, es otra alternativa.

### **Diagrama Causa - efecto**

Para analizar la herramienta de diagrama causa efecto, he consultado a los autores: Francisco Rey Sacristán, Paloma López Lemo, Benjamin W. Niebel y Hitoshi Kume. Todos coinciden en la importancia de trabajar en equipo, llamando a los involucrados para que participen con la mejor disposición de generar lluvia de ideas, primero para identificar los factores que contribuyen y después para identificar las posibles soluciones.

El diagrama causa - efecto, “también conocido como diagrama de pescado o Ishikawa: Es un método que consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir el efecto, como la “cabeza del pescado” y después identificar los factores que contribuyen, es decir las causas, como el esqueleto del pescado” que sale del hueso posterior de la cabeza. Es una herramienta muy dinámica y efectiva siempre y cuando se realice en equipo”. (López Lemo, 2016, p.76)

A pesar de que la herramienta fue puesta en práctica por primera vez en los años 60 por los círculos de calidad liderados por Kaoru Ishikawa, sigue siendo utilizada en la actualidad.

Todos los autores dividen las causas unos las llaman las 5 Ms, hay quien dice 6. Las causas principales se dividen en 5 categorías principales, conocidas también como las 5 Ms: mano de obra, máquinas, métodos, materiales y medio ambiente. (López Lemo, 2016).

Los pasos para su construcción son:

1. Definir el efecto o fenómeno cuyas causas han de ser identificadas
  - Sencillez
  - Específico
  - No sesgado
2. Iniciar la construcción con el efecto en un rectángulo y una flecha horizontal apuntándole.
3. Identificar posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno en estudio
  - Tormenta de Ideas
  - Proceso Lógico

4. Identificar causas principales
5. Añadir causas secundarias a cada rama principal
6. Añadir causas subsidiarias a las causas secundarias hasta llegar a causas raíz
7. Comprobar la "cadena causal"
8. Conclusión.

Considero que esta herramienta es muy completa y la idea de trabajar en equipo con los responsables y afectados, sin señalar culpables, buscando soluciones, buscando la mejor manera y más rápida es una buena estrategia. Abarcar las 5 M (mano de obra, máquinas, métodos, materiales y medio ambiente), definitivamente da la oportunidad de analizar todos los factores posibles. La aportación de cada integrante del equipo, los datos, experiencia, ejemplos, ideas, es lo que enriquece el ejercicio.

Muchas empresas usan la herramienta con excelentes resultados, se crean verdaderos equipos de ayuda, generando también el cambio al no buscar culpables si no soluciones, la disposición en este tipo de trabajos es buena, incluso fomenta las buenas relaciones entre departamentos y la comunicación mejora significativamente.

### **Ingeniería de métodos**

Esta técnica la aprendí en los cursos de ingeniería de métodos y diseño del trabajo, dos cursos que abarcan el tema, es muy extenso, muy completo. Revise la forma en la que la presentan los autores: Benjamin W. Niebel, Harold B. Maynard, Bryan Salazar, y Roberto García Criollo.

La ingeniería de métodos se basa en el registro de la información y examen crítico de la metodología existente. El objetivo fundamental es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

El procedimiento que se propone es muy completo y te lleva paso a paso, usa varias herramientas de apoyo para no desviarse del camino y no dejar escapar ningún detalle. Está formado por 7 etapas.

<b>ETAPAS</b>	<b>ANÁLISIS DEL PROCESO</b>	<b>ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN</b>
<b>SELECCIONAR</b> el trabajo al cual se hará estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.
<b>REGISTRAR</b> toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
<b>EXAMINAR</b> críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.
<b>IDEAR</b> el método propuesto.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo a la operación completa "Principios de la economía de mov.
<b>DEFINIR</b> el nuevo método (Propuesto).	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
<b>IMPLANTAR</b> el nuevo método.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.
<b>MANTENER</b> en uso el nuevo método.	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente.

Tabla 1: 7 Etapas de análisis de procesos: Fuente: Salazar, 2016

Seleccionar el trabajo a estudiar, en esta etapa se pide considerar factores de costos, técnicos y humanos. Recomienda enfocarse al seleccionar en los criterios siguientes:

- Operaciones esenciales, o con elevados índices de desperdicios o muy costosas.
- Operación que producen cuellos de botella, operaciones complejas que demandan mucho tiempo.
- Operaciones repetitivas.
- Movimientos de materiales, insumos que demanden el recorrido de largas distancias y la participación de muchas personas.

Para este estudio se han seleccionado las líneas de ensamble de ventiladores de pedestal y licuadoras de varias velocidades. Son los productos que más se venden, y en los que se tienen cuellos de botella por tener líneas no balanceadas.

1. Registrar toda la información referente al método actual. Registrar los hechos es la base sobre la cual se efectuará el análisis y examen del método. Los instrumentos de registro más utilizados son los gráficos y los diagramas.

Definición de diagrama de flujo de procesos: “Un diagrama de flujo de procesos (FTP, Flow Process Chart) es la representación gráfica de la secuencia: de todas las operaciones, del transporte, de la inspección, de las demoras y del almacenaje que se efectúa en un proceso o procedimiento”. Este tipo de diagrama incluye la información que se considera adecuada para su análisis, como lo es el del tiempo requerido y la distancia recorrida”. (Maynard, 2005, p. 3.3).

Usa 5 clasificaciones: operaciones, transportes, inspecciones, demoras, almacenes. Así se va describiendo cada acción con su respectivo tiempo y distancia recorrida, está clasificación también sirve para dar prioridad a las acciones que deben tomarse para mejorar el proceso y se inicia por eliminar las demoras, disminuir las distancias recorridas, disminuir el número de inspecciones y finalmente simplificar las operaciones. Considero importante que el lector conozca de qué trata cada acción, porque podrá comprender del porqué de mis propuestas. Así (Maynard, 2005, p.3.4):

### **Operación** ○

La operación sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o desmonta de otro objeto o cuando se arregla o prepara para otra operación, transportación, inspección o almacenaje. La operación se da cuando se entrega o da información o bien cuando se lleva a cabo un cálculo o se planea algo.

### **Transporte** ⇨

El transporte se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando tal movimiento es parte de la operación o es provocado por el operador de la estación del trabajado durante la operación o la inspección.

### **Inspección** □

La inspección sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar la calidad o cantidad de cualquiera de sus características.

### **Demora** D

Un objeto tiene demora o está rezagado cuando las condiciones, con excepción de las que de manera intencional se modifican las características físicas o químicas del mismo, no permiten o requieren que se realice de inmediato el siguiente paso según el plan.

## Almacenaje ▽

El almacenaje se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada.

Este diagrama de flujo de proceso puede iniciar desde donde decidas hacer el estudio, lo más recomendable es tener completo el panorama, desde la recepción de materiales hasta el almacén de producto terminado. Se podrá así analizar de lo general a lo particular, y delimitar el alcance por tiempo, presupuesto u objetivos. (Maynard, 2005, p.3.33).

2. Examinar críticamente lo registrado. La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.

Según	Preguntas preliminares: EXAMINAR	Objeto
El propósito de la actividad	1. ¿Qué se hace? 2. ¿Por qué se hace?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
El lugar donde se ejecuta	5. ¿Dónde lo hace? 6. ¿Por qué lo hace en ese lugar?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia	9. ¿Cuándo se hace? 10. ¿Por qué se hace en ese momento?	
La persona que la realiza	13. ¿Quién lo hace? 14. ¿Por qué lo hace esa persona?	
Los medios utilizados	17. ¿Cómo se hace? 18. ¿Por qué se hace de ese modo?	Simplificar el trabajo

Tabla 2: Interrogatorio - Preguntas preliminares. Fuente: Salazar, 2016

Maynard en su libro “Manual del Ingeniero Industrial”, propone una manera de examinar críticamente y es con la técnica de análisis de las operaciones.

Lo define como un procedimiento sistemático para estudiar todos los factores que afectan el método con que se realiza una operación, para lograr la máxima economía general. Enlista 5 enfoques que deben trabajarse en un análisis y son:

1. Observe la operación
2. Haga preguntas
3. Estime el grado posible de mejoramiento o automatización
4. Investigue diez métodos de mejoramiento y automatización de:
  - a) Diseño de piezas y ensambles
  - b) Especificación de los materiales
  - c) Proceso de manufactura

- d) Objetivo de la operación
  - e) Tolerancia y requisitos de inspección
  - f) Herramientas y velocidad, alimentación y profundidad de corte
  - g) Análisis de equipo
  - h) Distribución del lugar de trabajo y análisis de movimientos
  - i) Flujo de materiales
  - j) Distribución de la planta
5. Compare los métodos nuevos con los anteriores. (Maynard, 2005)

Esta técnica será utilizada al analizar el método actual de la línea de ensamble de licuadoras y ventiladores. Considero que es una técnica que ayuda a no dejar una idea posible sin considerar para una mejora en el proceso. También es una forma ordenada de ir descartando o considerando las operaciones factibles de mejora, sea para sustituir o eliminar.

Una de las herramientas de apoyo para llevar a cabo este minucioso análisis es un diagrama bimanual, ya que representas lo que se realiza en el puesto de trabajo en estudio, enfocando a que hace cada mano. Es una lupa, un acercamiento para ver hasta el más mínimo de talle. El mismo diagrama incluye 20 principios de la economía de movimientos que te guían a detectar la factibilidad de mejora o generar esa idea de mejora.

### **Diagrama Bimanual**

Diagrama bimanual, también llamado diagrama del lugar de trabajo o de mano derecha e izquierda. Cuando un trabajo es lo suficientemente repetitivo para justificar un estudio detallado de ambas manos, se usan los mismos símbolos del diagrama de flujo de proceso, la pequeña variación está en el uso del triángulo con el vértice hacia arriba representando un sostener. Se usa con croquis representando todos los materiales y herramientas que se usan con la ubicación y distancia. Es como realizar dos diagramas de flujo de proceso uno para cada mano. De esta manera detectas si se están aprovechando ambas manos, así como el uso de los principios de la economía de movimientos recomendados para diseñar las secuencias de trabajo y los diseños de los puestos de trabajo. (Maynard, 2005).

### **Los 20 principios de la economía de movimientos.**

Esta lista es una modificación a la original creada por los esposos Gilbreth y ha resultado útil para la planeación de mejoras.

1. Inicie cada elemento con las dos manos y en forma simultánea.
2. Termine cada elemento con las dos manos y en forma simultánea.
3. Use movimientos de brazos simultáneos en direcciones opuestas y simétricas.

4. Use los movimientos de manos de más baja clasificación para operaciones más satisfactorias. Esto se refiere a no manejar las distancias al alcance sin necesidad de desdoblar el codo. No estiras al máximo y eso ayudará a disminuir el cansancio.
5. Mantenga la ruta de movimiento dentro del área normal de trabajo.
6. No haga cambios bruscos de dirección. Planee una ruta de movimientos con una suave curva.
7. Deslice los objetos pequeños. No los levante no los cargue.
8. Localice las herramientas y los materiales en la secuencia correcta en las estaciones de trabajo fijas.
9. Use menos elementos para lograr tiempos menores.
10. Trabaje con ritmo y de manera automática para aumentar la producción y disminuir la fatiga.
11. Donde sea posible, deje que las manos descansen usando los pedales.
12. Evite sujetar. Use los tornillos de banco o los accesorios para dejar libres las manos y que puedan mover las piezas.
13. Proporcione eyectores para retirar las piezas terminadas.
14. Cuando sea posible, deje caer el objeto.
15. Acorte la transportación manteniendo cercanos los materiales en depósitos de alimentación por gravedad.
16. Tenga ya acomodadas las herramientas para tomarlas rápidamente.
17. Tenga ya acomodados los productos para la siguiente operación.
18. Ubique los controles de la máquina cerca de usted para facilitar la operación.
19. Diseñe la altura del lugar de trabajo de manera que se pueda adaptar a que se trabaje parado o sentado y proporcione una silla de buena altura, cómoda y con respaldo para favorecer la buena postura.
20. Procure que las condiciones de trabajo sean agradables considerando la iluminación, temperatura, humedad, polvo, humos, ventilación, nivel de ruido, disposición de colores, disciplina y similares. (Maynard, 2005, p.3.21).

Se construirán los diagramas bimanuales de los puestos detectados con cuello de botella, problemas de calidad o carga no balanceada con respecto a los otros puestos de trabajo. Observando si alguno de los principios no se aplicó y considerarlo en las mejoras.

Es importante estar familiarizado con los principios y siempre ocuparlos al diseñar las secuencias de operaciones y los puestos de trabajo. Entre mejor sean los diseños menos trabajo costará tanto a los ingenieros como a los técnicos, adaptarse a las mejoras. Ya que éstas pueden ser mejoras continuas y no cambios radicales.

3. Idear el método propuesto. La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo. Estas preguntas detallan las preguntas preliminares para determinar si, se puede mejorar el método empleado, determinar si sería factible y preferible reemplazar por otro lugar, optimizar la sucesión, la utilización de las personas y/o medios indicados.  
“Hacer la pregunta correcta, equivale a tener ya la mitad de la respuesta correcta”. (Salazar, 2016).

<b>Según</b>	<b>Preguntas de Fondo: IDEAR</b>	<b>Objeto</b>
<b>El propósito de la actividad</b>	3. ¿Qué podría hacerse? 4. ¿Qué debería hacerse?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
<b>El lugar donde se ejecuta</b>	7. ¿Dónde podría hacerse? 8. ¿Dónde debería hacerse?	Combinar o reordenar la secuencia o el orden operacional
<b>La sucesión o el orden que ocupa dentro de la secuencia</b>	11. ¿Cuándo podría hacerse? 12. ¿Cuándo debería hacerse?	
<b>La persona que la realiza</b>	15. ¿Quién podría hacerlo? 16. ¿Quién debería hacerlo?	
<b>Los medios utilizados</b>	19. ¿Cómo podría hacerse? 20. ¿Cómo debería hacerse?	Simplificar el trabajo

Tabla 3: Interrogatorio - Preguntas de fondo. Fuente: Salazar, 2016

Se trabajará con las preguntas de fondo, en los puestos seleccionados previamente como factibles de mejora.

4. Definir el nuevo método (Propuesto). Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.

Es importante que el método mejorado sea definido cuidadosamente, debe documentarse por escrito, generar un manual de instrucciones del operario, cuyos propósitos son:

1. Dejar constancia del método mejorado, con todos los detalles necesarios que pueda ser consultada posteriormente. Es importante para que otros ingenieros sucesores cuenten con la información histórica de lo que se trabajó y no inicie de cero.
2. Puede utilizarse en el proceso de exposición del nuevo método a la dirección, a los coordinadores y a los operarios. Presentar algo gráfico siempre será más sencillo y práctico.
3. Facilita la formación o readaptación de los operarios, que la puedan consultar hasta que se familiarizan por completo con el nuevo método. Te sirve como instrucción de trabajo o para realizarla si la requieres con más detalles.

4. En ella se basan los estudios de tiempos que se hacen para normalizar los procesos. (Salazar, 2016).

La hoja de instrucciones contiene tres tipos de datos:

1. Herramientas y equipos que se utilizarán; y condiciones generales de trabajo.
2. Método que se aplicará. El grado de detalle es una variable dependiente de la naturaleza de la tarea y del volumen probable de producción. Si se ocupan uno o más operarios en el puesto de trabajo, se debe dar hasta el menor detalle.
3. Un diagrama de la disposición del lugar del trabajo, un croquis de las herramientas, plantillas y dispositivos de fijación especiales que se usaran en la tarea asignada.  
Es de gran ayuda el croquis que se usa en el diagrama bimanual donde se indica el lugar de cada material e incluso la distancia en la que está ubicado dentro del área de trabajo. (Salazar, 2016).

Este proceso que sugiere el paso 5 sobre definir el método será utilizado para presentar la propuesta de mejora.

5. Implantar el nuevo método. Participación de la mano de obra y relaciones humanas.  
La fase de implementación representa unos de los más grandes retos del especialista encargado del estudio de métodos, pues de sus dotes personales depende el éxito en la puesta en marcha de las mejoras definidas, Es importante valorar la cooperación activa de la dirección, el sindicato y los coordinadores, además de la capacidad de explicar de manera clara y sencilla lo que propone. (Salazar, 2016).

La implementación del nuevo método puede dividirse en cinco (5) etapas:

1. Obtener la aprobación de la dirección.
2. Conseguir que acepte el cambio el jefe de departamento o jefe de taller.
3. Conseguir que acepten el cambio los operarios y sus representantes.
4. Enseñar el nuevo método a los trabajadores
5. Seguir de cerca la marcha del trabajo hasta tener la seguridad que se ejecuta como estaba previsto.

En este proyecto no será posible contar con la evidencia de la implementación del método propuesto, el alcance del proyecto es a nivel "propuesta", la dirección de la empresa decidirá el momento de su implementación.

6. Mantener en uso el nuevo método. Inspeccionar regularmente.  
El procedimiento para mantener un nuevo método depende de la relación existente entre el especialista en métodos y el sector de la empresa en donde

se ha implantado el método. Se requiere de un sistema formal de control o de verificación, como es el caso de las revisiones periódicas del método, para asegurar que el método se mantiene o incluso se mejora. (Salazar, 2016)

Este paso queda como una recomendación para la empresa, para que después de su implementación se mantenga el método.

## 2.2 Medición del trabajo

Existen varios métodos disponibles para determinar los estándares de tiempo, Los métodos tradicionales son:

1. Estudio de tiempos con cronómetro.
2. Registros históricos
3. Expectativas razonables.
4. Muestreo del trabajo.
5. Desarrollo de datos tipo o estándar.
6. Tiempos predeterminados

El grado de confiabilidad y exactitud se dan en diferentes grados, los tiempos predeterminados se reconocen como los más importantes desde el punto de vista de especificación de los métodos y de la exactitud.

Uno de los usos de los STP (Sistemas de tiempos predeterminados) entre otros, se da cuando no se tiene la posibilidad de probar el método o realizar algunos prototipos para calcular el ahorro del tiempo con el método propuesto, usando el cronómetro. El ingeniero de métodos debe presentar los estudios con alguno de los métodos de tiempos predeterminados, para presentar el ahorro (dato teórico), de los tiempos.

Los más conocidos y que la mayoría de las empresas utilizan para el balanceo de sus líneas a para un estudio en la mejora del método son:

**Balanceo de Línea** → Consiste en agrupar actividades que cumplan con el tiempo ciclo determinado con el propósito de que cada línea de producción tenga un tiempo de proceso uniforme.

**Tiempo Ciclo** → Tiempo en el que un proceso se ejecuta.

**MTM** → Medición de tiempo de los métodos (Methods Time Measurement)

**MOST** → Técnicas de secuencias de operación Maynard (Maynard's Operation Sequence Techiques)

**MODAPTS** → Arreglo modular de estándares de tiempos predeterminados (Modular Arrangement of PTS)

**WF** → Factor del trabajo (Work factor)

Por las características del proyecto que queda a nivel de “propuesta”, una manera de calcular los tiempos teóricos que deberán alcanzarse con el nuevo método propuesto es a través de los Sistemas de tiempos predeterminados (STP), como se ha mencionado son confiables, y actuales.

Para decidir cuál de los métodos es el que más conviene para este tipo de estudio, revisaré la información de los sistemas de tiempo predeterminado comparando ventajas y desventajas de cada sistema para que sea más sencillo tomar la decisión de que sistema usar.

Las fuentes consultadas son:

- Manual MODAPTS International MOSAPTS Association , Inc. Woodbridge, VA, 2004.
- MOST del libro del Manual del Ingeniero Industrial de Maynard.
- Manual MTM Medición de tiempo de métodos de Deutsche MTM Vereinigung e. V.

Los tres métodos como el resto de Sistemas de Tiempos Predeterminados se basan en los 17 Therbligs (creado por los esposos Gilbreth) en los que se puede subdividir cualquier tarea laboral para estudiar la productividad motriz de un operador en su estación de trabajo. Esta es la base que cada autor de los diferentes sistemas toma y agrupa según sus investigaciones, así:

MODAPTS existen tres clases de movimientos o actividades: movimiento, final y auxiliar. La clase de Movimiento se refiere a los movimientos realizados por el sistema del dedo-mano-hombro y tronco.

La clase Final son las actividades que ejecuta al final de un movimiento y que están cerca de las cosas con las cuales se está trabajando. Esta categoría incluye dos tipos de actividades.

- Actividades de Tomar que involucran el obtener el control de los objetos.
- Actividades de Poner que involucran poner los objetos en sus destinos.

MTM usa 10 micromovimientos: Alanzar, Asir, Mover, Posicionar, Aplicar Presión, Girar, Movimientos del cuerpo, Separar, Recorrido Visual y Soltar. Los micromovimientos son movimientos del cuerpo humano que se utilizan en los puestos de trabajo que nos permiten describir la actividad realizada a detalle.

MOST al observar que existen ciertos patrones repetitivos, diseña el sistema basándose en secuencias establecidas y las clasifica en 3:

- Secuencia de movimiento general: se refiere al movimiento espacial de un objeto a través del aire.
- Secuencia de movimiento controlado, se refiere a un objeto que se encuentra unido a otro durante el movimiento.
- Secuencia de uso de herramienta: para el uso de herramientas de mano ordinarias.
- Y trabaja una cuarta secuencia, con el uso de grúa manual, usando un brazo grúa, para mover objetos pesados.

Los tres métodos presentados en esta investigación coinciden en que para cualquier trabajo que se realice existe una secuencia base, la cual es: Alcanzar, Asir, Mover, Colocar y soltar. El resto de micromovimientos son similares o se han fusionado.

Se presenta un resumen de cada sistema, y la explicación del uso de las claves que ocupa cada método, finalmente se presenta una tabla comparativa con un ejemplo calculado por los tres métodos, para explicar ventajas y desventajas de cada método.

Y finalmente se mencionará cual es el método elegido para calcular los tiempos de las mejoras propuestas.

### **Medición de tiempo de los métodos (MTM).**

Se define como: “el procedimiento por el cual se analiza cualquier operación manual o método en los movimientos básicos necesarios para llevarla a cabo y se le asigna a cada movimiento un estándar de tiempo predeterminado, el cual es determinado por la naturaleza del movimiento y las condiciones bajo las cuales se realiza”. (Maynard, 2005, p. 4.73).

### **Los límites del sistema MTM.**

- La definición aclara la limitación del sistema MTM al análisis de operaciones manuales totalmente influenciadas por el hombre.
- Tiempos de proceso o no influenciado por el hombre, son generalmente determinados o calculados mediante estudio de tiempos con cronómetro.
- El sistema MTM, no es utilizado para tareas mentales, cuando las decisiones involucradas exigen más que decisiones del tipo sí o no, por tanto, cuando ocurre un trabajo mental, rigurosamente hablando.
- En los valores de tiempos normales, no están contenidos tiempos de recuperación ni suplementarios personales. (Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014).

## Los movimientos básicos MTM

- Durante las investigaciones realizadas al definir el método se descubrió que tareas completamente influenciadas por el hombre se componen en un 85%, de los siguientes movimientos básicos:

ALCANZAR → COGER → MOVER → POSICIONAR → SOLTAR

Junto a estos elementos básicos, sirven otros tres movimientos básicos de la mano para completar la descripción de la secuencia de movimientos

- Aplicar presión
- Separar
- Girar

Paralelamente son usadas dos funciones visuales (funciones mentales)

- Recorrido visual
- Enfoque ocular

Junto a los 8 movimientos básicos (movimientos de las manos) y de las dos funciones visuales, son descritos los movimientos de pie, piernas y cambios de posición de tórax con ayuda de los siguientes 10 movimientos del cuerpo:

Sin desviar el eje del cuerpo

- Movimiento del pie
- Movimiento de la pierna

Con desviación del eje del cuerpo

- Paso lateral
- Girar cuerpo
- Andar

Con inclinación del eje del cuerpo

- Inclinarsse y enderezarse
- Agacharse y enderezarse
- Arrodillarse y enderezarse
- Sentarse y levantarse

Los autores generaron tablas por cada micromovimiento, donde se concentran los valores predeterminados en una matriz donde el renglón maneja la distancia y en la columna la dificultad de la acción. Son sencillas de manejar, un buen estudio dependera de la habilidad adquirida del ingeniero analista, ser muy observador,

conocer varios procesos, maquinarias, equipos, herramientas, dispositivos, sistemas semiautomaticos y líneas automatizadas, el apoyarse en las herramientas de la ingeniería de métodos, en la manufactura esbelta, siempre ayudará a obtener mejores resultados.

Muchas empresas crean sus propias tablas que van de acuerdo a los elementos que usan, su base debe ser algunos de estos sistemas de tiempos predeterminados. De esta manera cuando rebalancen o ajustan algún puesto de trabajo pueden realizarlo en corto tiempo. La empresa objeto de estudio no cuenta con una base de tiempo propia. Definen los tiempos estándar con cronometro.

Este es un ejemplo de las tabla de MTM, la de alcanzar. El resto de las tablas se encontraran en los apendices.

Alcanzar - R (Reach)								Descripcion de los casos
Longitud del movimiento en cm	Valores normales del tiempo en TMU							
	R-A	R-B	R-C R-D	R-E	m R-A R-Am	m R-B R-Bm	m-valor por B	
≤ 2	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	0.4	<b>A</b> Alcanzar a un objeto en situacion fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	1.0	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	1.4	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	1.8	
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	2	
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	2.6	<b>B</b> Alcanzar a un objeto en situacion que pueda variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	2.8	
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	2.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	2.9	
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	2.9	
22	8.1	10.5	11.9	9.7	6.8	7.7	2.8	<b>C</b> Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo de formar que ocurra buscar y seleccionar
24	8.5	11.1	12.5	10.2	7.1	8.2	2.9	
26	8.8	11.7	13.0	10.7	7.4	8.8	2.9	
28	9.2	12.2	13.6	11.2	7.7	9.4	2.8	
30	9.5	12.8	14.1	11.7	8.0	9.9	2.9	
35	10.4	14.2	15.5	12.9	8.8	11.4	2.8	<b>D</b> Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con mucha precisión.
40	11.3	15.6	16.8	14.1	9.6	12.8	2.8	
45	12.1	17.0	18.2	15.3	10.4	14.2	2.8	
50	13.0	18.4	19.6	16.5	11.2	15.7	2.7	
55	13.9	19.8	20.9	17.8	12.0	17.1	2.7	
60	14.7	21.2	22.3	19.0	12.8	18.5	2.7	<b>E</b> Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento o donde no estorbe.
65	15.6	22.6	23.6	20.2	13.5	19.9	2.7	
70	16.5	24.1	25.0	21.4	14.3	21.4	2.7	
75	17.3	25.5	26.4	22.6	15.1	22.8	2.7	
80	18.2	26.9	27.7	23.9	15.9	24.2	2.7	

Tabla 4: Alcanzar del sistema MTM. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

Cada método maneja su propia escala de tiempo debido a que son tiempos muy cortos, generaron su propia unidad de tiempo y lo presentan con la equivalencia en segundos, minutos y horas. Sería muy complejo manejarlo en segundos, serían muchos ceros después del punto y con esto calculos complejos, así como el manejo de formatos. MTM usa de base los TMU que significa Unidad de medida de tiempo. Las conversión de TMU a otras unidades de tiempo son:

<b>TMU</b>	<b>Segundos</b>	<b>Minutos</b>	<b>Horas</b>
<b>1</b>	.036	.0006	.00001
<b>27.8</b>	1		
<b>1666.7</b>		1	
<b>100000</b>			1

Tabla 5: Tabla MTM (ver apéndice 1)

MOST Técnica de secuencia de operación de Maynard (Maynard Operation Sequence Technique).

La técnica MOST se concentra en el movimiento de los objetos. Para Maynard el trabajo eficaz, uniforme y productivo se realiza cuando los modelos básicos de movimiento se ordenan de una manera táctica y uniforme.

MOST advierte: “que el movimiento de los objetos sigue ciertos patrones repetitivos regulares, su base es tomada de MTMy simplifica y agrupa algunos micromovimientos, enfocados a una secuencia generalizada. Tales como alcanzar, sujetar, mover, colocar y soltar un objeto”. (Maynard, 2005, p.4.94).

Estos patrones se identificaron y se ordenaron como secuencia de acontecimientos que muestran el movimiento de un objeto.

La diferencia entre MTM y MOST (creadas por el mismo autor Maynard), radica en que MTM toma movimientos básicos, como unidades primarias, MOST como una secuencia, es decir actividades fundamentales (conjunto de movimientos básicos). (Maynard, 2005).

MOST afirma que los objetos pueden moverse sólo de dos maneras: o se recogen y se mueven libremente por el espacio, o bien se mueven mientras permanecen en contacto con otra superficie. Define tres secuencias para describir los trabajos (Maynard, 2005, p. 4.97):

- Secuencia de movimiento general: movimiento espacial de un objeto a través del aire.
- Secuencia de movimiento controlado: movimiento de un objeto cuando permanece en contacto con una superficie o cuando se encuentra unido a otro objeto durante el movimiento.
- Secuencia de uso de herramientas: este modelo de secuencia incluye el uso de herramientas para actividades tales como ajustar o aflojar, cortar, limpiar, calibrar, registrar. Asimismo, algunas actividades en las que se necesita el uso del cerebro para procesos mentales, como leer y pensar, pueden clasificarse como de uso de herramientas.

La simplificación que propone MOST es en sí una gran ventaja, ya que reduce el tiempo de análisis, al agrupar en estas secuencias básicas. En una sólo secuencia se concentran el alcanzar, asir, mover, movimientos de cuerpo, colocar y soltar.

El primer modelo de secuencia es (Maynard, 2005, p. 4.95):

A    B    G    A    B    P    A

A = Distancia de acción

G= Adquisición de control

B = Movimiento del cuerpo

P = Colocación

A estas subactividades o parámetros de modelos de secuencia, como se les llama, se les asigna un valor de índices relacionados con el tiempo y que se basan en el contenido de movimiento de la subactividad. Este enfoque proporciona flexibilidad de análisis dentro del control total de modelo de secuencia. Para cada objeto que se mueve pueden darse cualesquiera combinaciones.

Las tablas propuestas en MOST son mucho más compactas, en una sola tabla trabajas los valores que se asignan a la secuencia básica. Son los índices que se colocan a la letra de cada actividad, al final se multiplican por la base por 10, y su sistema es el mismo que MTM; TMU.

Si hay ausencia de esa actividad como un movimiento de cuerpo se colocará el 0, veamos un ejemplo:

Dar 3 pasos para recoger un perno del suelo, recogerlo y colocarlo en el agujero. Así la secuencia con sus subíndices quedaría:

A<sub>6</sub> B<sub>6</sub> G<sub>1</sub> A<sub>1</sub> B<sub>0</sub> P<sub>3</sub> A<sub>0</sub>

En donde:

A<sub>6</sub> = dar 3 o 4 pasos hacia el objeto

B<sub>6</sub> = Inclinarsse y levantarse

G<sub>1</sub> = Obtener control de un objeto ligero

A<sub>1</sub> = Mover el objeto a una distancia al alcance

B<sub>0</sub> = Ausencia de movimiento del cuerpo

$P_3$  = Colocar y ajustar el objeto

$A_0$  = Punto de no retorno

Se suman los subíndices y multiplican por 10, da un total de  $17 \times 10 = 170$  TMU, convertimos a segundos, esto da  $170 \times .036$  segundos = 6.12 segundos.

El movimiento general es usado en las tareas aproximadamente en un 50%.

El segundo tipo de movimiento lo describe la secuencia de movimiento controlado. Esta secuencia se emplea para cubrir actividades tales como accionar una palanca o una manivela, activar un botón o un interruptor, o simplemente el deslizar un objeto sobre una superficie. Además de los parámetros A, B y G de la secuencia de movimiento general, el modelo de secuencia para el movimiento controlado contiene las siguientes sub actividades:

M - movimiento controlado

A - tiempo de proceso

I – Alinea

Hasta un tercio de las actividades que se producen durante la operación de las máquinas del taller pueden implicar secuencias de movimiento controlado. Un ejemplo de esta secuencia es: accionar la palanca de una fresadora. (Maynard, 2005, p. 4.95).

$A_1$   $B_0$   $G_1$   $M_1$   $X_{10}$   $I_0$   $A_0$

En donde:

$A_1$  = colocar la palanca a una distancia al alcance de la mano

$B_0$  = Ausencia de movimiento del cuerpo

$G_1$  = Sujetar la palanca

$M_1$  = Levantar la palanca 12" (30 cm) para accionar el alimentador

$X_{10}$  = Tiempo de proceso aproximadamente 3.5 seg.

$I_0$  = Sin alineamiento

$A_0$  = Punto de no retorno

Tabla MOST (ver apéndice 2)

es un sistema que relaciona los tiempos de ejecución de los movimientos que ejecuta el cuerpo humano cuando se está realizando actividades laborales. Los estándares de tiempos, no son los mismos que los tiempos reales. En cambio, son unidades de trabajo las cuales pueden ser ejecutadas en un cierto periodo, más o menos tiempo de reloj. En MODAPTS estas unidades de trabajo humano físico son denominados “Módulos”. Todo el sistema está basado en el simple hecho que todos los movimientos del cuerpo puedan ser en términos múltiples de una sola unidad de tiempo llamada MOD. Esta unidad es también el tiempo requerido para completar un simple movimiento de dedo. Un MOD tiene un valor de 129 milisegundos, o 0.129 segundos. (Santillana, 2015).

MODAPTS se puede usar para (Santillana, 2015, p. 56):

Establecer un tiempo de ejecución para realizar una tarea que sea razonable y sostenible

- Determinar el mejor método y diseño del lugar de trabajo para realizar una tarea concreta
- Hacer balance sobre la fluidez de un trabajo
- Tarifificar lo que cuesta realizar un trabajo o una tarea.
- Desarrollar los procedimientos estándar e instrucciones necesarias para realizar un trabajo/tarea.
- Facilitar un marco para el análisis de movimientos y posturas en el lugar de trabajo.
- Determinar los trabajadores que son más apropiados para una tarea determinada.
- Cuantificar el nivel de discapacidad posible para realizar tareas determinadas.
- Cuantificar el nivel de habilidad necesario para realizar tareas determinadas.

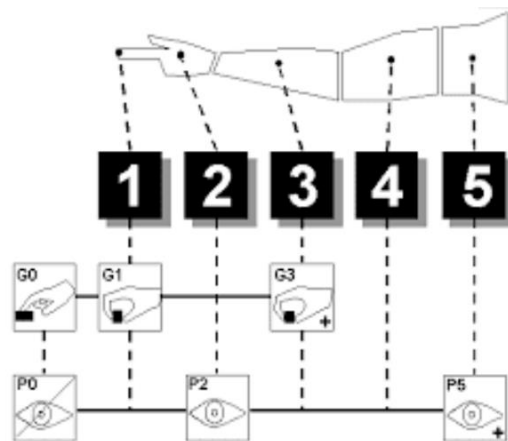


Imagen 1: Tarjeta MOST – movimientos básicos. Fuente: Brenda, 2015

## **Instrucciones en la tarjeta MODAPTS**

Existen 21 actividades que realiza el cuerpo y se dividen en las siguientes clases:

- dedos
- mano
- antebrazo
- brazo con el hombro

## **SIMBOLOGIA**

Para obtener control:

- g0 por contacto.
- g1 por simple agarre.
- g3 por más de un simple agarre.

Para llevar cosas a su destino:

- p0 poner sin control visual.
- p2 poner un control visual y hasta una corrección.
- p5 poner un control visual y más de una corrección para factor de carga.
- uso de ojos (e2)
- re sujetado (r2)
- decidir y reaccionar (d3)
- acción de pie (f)
- aplicar presión (a4)
- girar por revolución (c4)
- caminar (por paso) (w5)
- encorvarse, doblarse o inclinarse y levantarse (b17)
- sentarse o pararse (s30)

## **Número de MODAPTS aplicados a cada movimiento.**

El número de mod asociado con el movimiento general de cada una de las partes mano/ brazo se simboliza de la siguiente forma:

- 1 mod: movimientos de los dedos.
- 2 mod: movimientos de las manos
- 3 mod: movimientos de los antebrazos
- 4 mod: movimientos de los brazos
- 5 mod: movimientos de los brazos extendidos

Se presentan ejemplos calculados con los tres métodos, explicando las diferencias entre los métodos, así como las ventajas y desventajas.

El ejercicio consiste en unir dos placas metálicas de mecanos y colocar un tornillo y una tuerca para unirlos, se usan desarmador y llave de tuercas para atornillar.

La secuencia es: tomar simultáneamente con la mano derecha el tornillo y con la izquierda la tuerca, las placas están previamente preparadas unidas en un tornillo de banco, solo se deben colocar el tornillo y tuerca, se dan 3 vueltas con los dedos de la mano derecha y se sostiene la tuerca con dedos de la izquierda, después se termina de atornillar con desarmador de cruz, para esta siguiente actividad, se deben soltar el tornillo y la tuerca, para dejar libres las manos y así poder recoger el atornillador y la llave de tuerca, se colocan ambas herramientas en tornillo y tuerca respectivamente y se aprieta girando el atornillador y al final se da un apriete (al torque).

Como se puede ver en la tabla anexa con los cálculos, los tiempos son similares, el margen de error es mínimo va del 3 al 10%. Y la comprobación con cronometro fue de 6.14 segundos, se repitió 100 veces la acción. Los sistemas de tiempos predeterminados son confiables y actuales.

Ejemplo comparativo calculado con los tres métodos MTM/ MOST/ MODAPTS						
STP	MTM	TMU .036 SEG	MOST	TMU .036 SEG	MODAPTS	MOD .129 SEG
Unir dos placas metalicas con tornillo M5 y tuerca (usar llave de tuercas para apretar y desarmador de cruz) Material al alcance a 35 cm						
ALCANZAR tornillo y tuerca	R35C	15.5	A <sub>1</sub>	10	M3	3
ASIR tornillo y tuerca	G1C2	8.7	G <sub>1</sub>	10	G1	1
MOVER tornillo y tuerca	M35	16.8	A <sub>1</sub>	10	M3	3
COLOCAR tornillo en placas y tuerca en tornillo	P3NSE	47.8	P <sub>6</sub>	60	P13	13
ALCANZAR desarmador y llave	R18B	9.4	A <sub>1</sub>	10	M3	3
ASIR desarmador y llave	G1A	2	G <sub>1</sub>	10	G1	1
MOVER desarmador y llave	M18C	11.1	A1	10	M3	3
COLOCAR desarmador y llave	P2SSD	25.3	P3	30	P11	11
MOVER para atornillar 7 roscas	M-<2	2*7= 14	A <sub>1</sub>	10	M2 (2V)	6
ASIR para atornillar 7 roscas	G1A	2*7= 14	G <sub>1</sub>	10	G1 (2V)	3
SOLTAR	RL1	2	A <sub>0</sub>	0		
TOTAL		166.6		170		47
SEGUNDOS		5.9976		6.12		6.063

Tabla 6: Ejemplo comparativo de una actividad calculada con los tres métodos en estudio. Fuente: Calculo para este trabajo de tesis

El alcanzar que se paga en esta operación es al alcance es decir que va de 30 a 40 cm, es decir son movimientos económicos que no implican extender todo el brazo, no desdobla codos.

En la tabla se presentó solo la mano que mayor tiempo generó, esto implica que la mano que termina primero, esperará a la otra hasta que termine, antes de que realice la siguiente operación. Para evitar confusión al operario.

MOST y MODAPTS usan la misma clave para alcanzar como para mover, la diferencia será que una va sin peso y la otra regresa con algo.

MTM es muy detallado en describir el ensamble, maneja la holgura que existe entre las piezas a ensamblar, si es exacto (tipo guante), justo o flojo. Para quien principia puede apoyarse para determinar que clasificación corresponde la relación hembra macho que maneja el método Work Factor.

Así por ejemplo un tornillo de 20 mm de diámetro y una tuerca de 19.5 mm de diámetro, tienen una relación hembra macho del  $19.3/20 = .965$  es decir, el objetivo es ocupado en un 96.5% del área. Lo que de 90% al 99% se considera como P3.

Si un tubo debe ir dentro de otro cuyos diámetros son: 200 mm y 130 mm, la relación hembra macho es de  $130/200 = .65$ , es decir se ocupa el 65% del área, clasificándose como P2, este va de 50% a 90. Y P1 corresponde a la holgura de 0 a 50%.

El atornillado se recomienda pagarlo con mover/asir el número de roscas que el tornillo tenga, claro debemos restar las vueltas realizadas con dedos. Para no duplicar tiempos. Cada sistema calcula sus claves de ensamblar con una unión hasta de una pulgada, si es mayor se deben dar tiempos adicionales.

Se realizó otro ejemplo usando movimientos verticales del cuerpo, calculando la actividad con los tres métodos, MTM, MOST y MODAPTS.

Ejemplo comparativo calculado con los tres métodos MTM/ MOST/ MODAPTS						
STP	MTM	TMU .036 SEG	MOST	TMU .036 SEG	MODAPTS	MOD .129 SEG
Caminar 7 pasos dar vuelta, agacharse y recoger un portafolio con ambas manos, enderezarse y dejar sobre mesa						
CAMINAR 7 pasos	WP (7)	15*7= 105	A <sub>10</sub>	100	W5	35
GIRAR cuerpo	TBC2	37.2	B <sub>3</sub>	30	W5	5
INCLINARSE	B	29	B <sub>3</sub>	30	B17	17
ALCANZAR portafolio	R10B	6.3	A <sub>1</sub>	10	M2	2
ASIR portafolio	G1A	2	G <sub>1</sub>	10	G1	1
ENDEREZARSE	AB	31.9	B3	30	B0	0
MOVER portafolio hacia mesa	M10B	6.8	A <sub>1</sub>	10	M2	2
COLOCAR portafolio en mesa	P1SSE	9.1	P1	10	P2	2
SOLTAR	RL1	2	A <sub>0</sub>	0	G0	0
TOTAL		229.3		230		64
SEGUNDOS		8.2548		8.28		8.256

Tabla 7: Ejemplo comparativo de movimientos verticales con los tres métodos.  
Fuente: Calculo para este trabajo de tesis

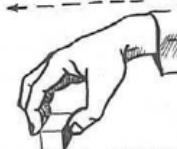
Podemos notar que las claves de movimientos verticales del cuerpo son parecidas entre los diferentes sistemas, usan las siglas del nombre del micromovimiento en inglés, por ejemplo, para indicar: inclinarse, agacharse, arrodillarse, se usa la B. MODAPTS incluye en su clave B17 ambos movimientos, agacharse y enderezarse. Por eso en el renglón de enderezarse en la tabla se colocó cero. El tiempo es de ambas acciones en MODAPTS. MTM y MOST lo calculan por separado, MTM indica AB como un incorporarse, regresar de estar agachado. MOST en la secuencia menciona con una B, la acción vertical del cuerpo (agacharse, inclinarse, arrodillarse). El conocer el criterio que manejan los diferentes Sistemas de Tiempos Predeterminados ayuda a manejar con mayor habilidad la identificación de los micromovimientos y asignar los tiempos adecuados a la secuencia en estudio. Y simultáneamente a detectar las mejoras posibles, al estar realizando el estudio. Y generar las ideas de mejora.

Se describen algunas claves de los tres métodos.

Alcanzar



Asir



Mover

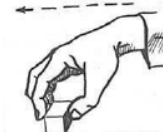


Imagen 2 : Alcanzar, Asir y Mover. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

Casi todas las tareas inician con un alcanzar, asir y mover, MTM maneja dos tablas una para el alcanzar (**R**) y otra para mover (**M**), MOST usa la misma clave y tabla para calificar el alcanzar y mover, lo maneja dentro de la secuencia como distancia de acción, MODAPTS, usa (**M**) de movimiento y es la misma clave para alcanzar y mover, solo se afectará por el peso.

El asir es usado por los tres sistemas su clasificación es más sencilla y tiene que ver con el dominar la pieza, sea con dedos o mano.

El siguiente micromovimiento que se usa generalmente después de un mover es colocar, posicionar, ensamblar.

Estas acciones pueden acompañarse por un movimiento de tronco inclinándose o enderezándose o caminar.

## Asir

El elemento estándar *Asir* es el acto de obtener control manual de uno o más objetos. Asir, generalmente, se inicia al final de un Alcanzar y termina cuando se ha obtenido el control del objeto (u objetos). Puesto que existe un número infinito de objetos que pueden ser asidos y puesto que los objetos pueden estar ordenados en muchas posiciones diferentes, el tiempo para desarrollar un Asir es considerablemente variable. Los tres métodos usan este micromovimiento, con la letra G.

## Preposicionar

El elemento estándar Preposicionar es el acto de girar y orientar un objeto hacia una posición correcta para un elemento de trabajo subsecuente. Se requiere para objetos irregulares que deben ser usados en una forma exacta. Generalmente, preposicionar ocurre antes que los elementos de inspección o ensamble. La orientación puede requerir una rotación sencilla en la mano o, bien, una serie de manipuleos complicadas. El número de manipuleos para Preposicionar dependerá de la forma y tamaño del objeto.

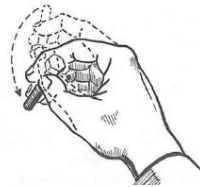


Imagen 3: Preposicionar. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

## Ensamblar

El elemento estándar *Ensamblar* es el acto de unir dos o más objetos uno a otro. Ensamblar, generalmente, se inicia después de un Mover y termina después de que los objetos han sido unidos uno a otro, en forma que pueda iniciarse el elemento estándar subsecuente. Ensamblar está basado en el principio piezas Macho/Hembra. Se aplica el Ensamblar mecánico cuando se inserta una llave en una cerradura, y el Ensamblar de Superficie, cuando se coloca una regla para trazar una línea.

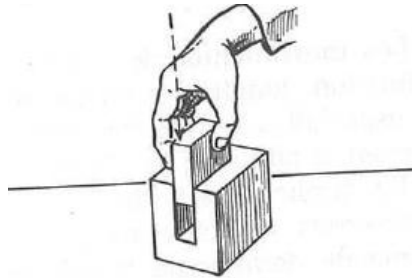


Imagen 4: Ensamblar. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

Los factores más importantes que afectan el ensamblar son el tamaño, forma y ajuste de los objetos. Por ejemplo, es más difícil ensamblar una clavija de 2.3 mm de diámetro en un orificio de 2.5 mm de diámetro, que ensamblar un objeto, de forma similar, de 2.3 mm de diámetro en un agujero de 25 mm de diámetro.

## Desensamblar, desmontar, separar.

El elemento estándar *Desensamblar* es el acto de separar objetos que previamente han estado unidos uno a otro. Este elemento es opuesto a Ensamblar.

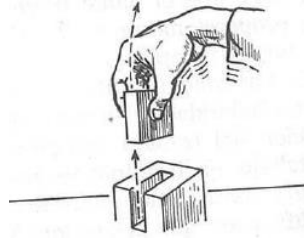


Imagen 5: Desensamblar, desmontar, separar. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

## Soltar

El elemento soltar es el acto de un miembro del cuerpo al separarse de un objeto. Soltar es lo opuesto a Asir. Generalmente implica un simple aflojamiento de presión de los dedos, como al dejar caer un cerillo en un cenicero o un desenvolvimiento de los dedos para soltar el asa de una maleta. No se requiere de una tabla especial.

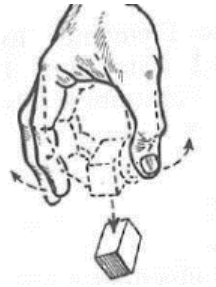


Imagen 6: Soltar. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

### 1. Otros movimientos básicos

Además de los 5 movimientos básicos de la secuencia de movimiento tomar, situar, existen 3 más, que son efectuados con el sistema Mano-Brazo.

- Aplicar presión
- Separar
- Girar

Para el aplicar presión y el separar, se presenta incremento de fuerza que fácilmente es confundido con la fuerza requerida para el mover con peso o la resistencia al deslizamiento.

Aplicar presión AP (Apply Pressure). Es el empleo de fuerza muscular de cualquier parte del cuerpo, para vencer una Resistencia.

Separar D (Disengage). Es el movimiento básico que es efectuado con la mano o los dedos, con el fin de eliminar el contacto entre objetos, para lo cual la resistencia existente cede repentinamente.

La característica más importante para el movimiento básico separar es el retroceso incontrolado, que tiene lugar, cuando es eliminada la unión entre dos objetos, si bien también existen casos, en los cuales la unión es eliminada, sin que sea reconocible el retroceso incontrolado.

Girar T (Turn). Es el movimiento básico que es efectuado al mover la mano, vacía o con carga, en torno al eje longitudinal del antebrazo.

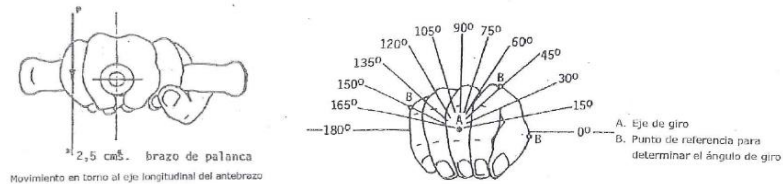


Imagen 7: Girar. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

Cada sistema considera funciones mentales y recorrido visual.

### Movimientos del cuerpo.

Va desde caminar, inclinarse, agacharse, arrodillarse y claves para regresar de inclinarse, es decir enderezarse, levantarse. Sentarse, pararse,

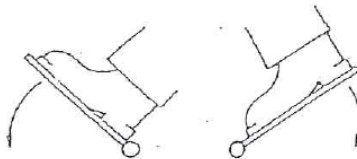


Imagen 8: Movimientos del cuerpo. Fuente: Manual MTM Deutsch MTM, Vereinigung e.V. 2014

Inclinarse, es un movimiento corporal en el que quien está con el tronco en posición recta, se agacha hacia delante hasta que las manos llegan a las rodillas o más bajo.

Enderezarse, es un movimiento del cuerpo, en el que el tronco que estaba inclinado hacia delante vuelve a recobrar su posición erguida.

## Sistema de medición del trabajo MOST

Significa sistema que mide el trabajo, la técnica MOST se concentra en el movimiento de los objetos. Se ha observado que el movimiento de los objetos sigue ciertos patrones repetitivos regulares, tales como alcanzar, sujetar, mover y colocar un objeto. Estos patrones se identificaron y ordenaron como una secuencia de actividades que muestran el movimiento de un objeto. Se hizo un modelo de esta secuencia que sirve como guía estándar para el análisis del movimiento de un objeto. (Maynard, 2005).

Se definieron tres secuencias de actividades para describir el trabajo manual, Por lo tanto la técnica básica MOST de medición del trabajo consta de los siguientes modelos de secuencia:

- Secuencia de movimiento general: movimiento espacial de un objeto a través del aire.
- Secuencia de movimiento controlado: movimiento de un objeto cuando permanece en contacto con una superficie o cuando se encuentra unido a otro objeto durante el movimiento.
- Secuencia de uso de herramienta: para el uso de herramientas de mano ordinarias.
- Un cuarto modelo de secuencia: la secuencia de grúa manual que se usa para la medición del movimiento de objetos pesados mediante el uso, por ejemplo de un brazo de grúa.

Secuencia de movimiento general, consta de cuatro sub actividades:

A Distancia de acción (principalmente horizontal)

B Movimiento del cuerpo (principalmente vertical)

G Obtener el control

P Colocación

Estas sub- actividades están organizadas en modelo de secuencia y esta es:

A            B            G            A            B            P            A

A estas sub actividades o parámetros de modelos de secuencia, se les asigna un valor de índices relacionados con el tiempo y que se basan en el contenido de movimiento de la sub actividad. Se diseñó una tabla con los valores renglón columna, la base es TMU (la unidad de medición del tiempo), en la tabla viene dado en índices base 10, es decir al final deben multiplicarse por 10. A diferencia de MTM es una sola tabla para la secuencia de movimiento general y las divisiones son mínimas, el margen de error por estos rangos es de un 10%.

El segundo tipo de movimiento lo describe la secuencia de movimiento controlado. Esta secuencia se emplea para cubrir actividades tales como accionar una palanca o una manivela, activar un botón o un interruptor, o simplemente el deslizar un objeto sobre una superficie. (Mayard, 2005).

Además de los parámetros A, B y G de las secuencias de movimiento general, el modelo de secuencia para el movimiento controlado contiene las siguientes actividades:

M – movimiento controlado

X – tiempo de proceso

I – alinear

Hasta un tercio de las actividades que se producen durante la operación de las máquinas del taller pueden implicar secuencia de movimiento controlado. Una actividad típica que comprende la secuencia de movimiento controlado, es la de accionar la palanca de alimentación de una fresadora.

Ejemplo de modelo de secuencia controlada:

A<sub>1</sub>          B<sub>0</sub>          G<sub>1</sub>          M<sub>1</sub>          X<sub>10</sub>          I<sub>0</sub>          A<sub>0</sub>

En donde:

A<sub>1</sub> = colocar la palanca a una distancia al alcance de la mano

B<sub>0</sub> = ausencia de movimiento e cuerpo

G<sub>1</sub> = sujetar la palanca

M<sub>1</sub> = levantar la palanca 12" (30 cm) para accionar el alimentador

X<sub>10</sub> = tiempo de proceso de aproximadamente 3.5 segundos

I<sub>0</sub> = sin alineamiento

A<sub>0</sub> = punto de no retorno

Este tercer modelo de secuencia que comprende las técnicas del MOST básico, es el modelo de secuencia de uso de herramientas. Este modelo de secuencia incluye el uso de herramientas para actividades tales como ajustar o aflojar, cortar, limpiar, calibrar y registrar.

Por ejemplo, el uso de la llave inglesa, se podría describir con la siguiente secuencia:

A<sub>1</sub> B<sub>0</sub> G<sub>1</sub> A<sub>1</sub> B<sub>0</sub> P<sub>3</sub> F<sub>10</sub> A<sub>1</sub> B<sub>0</sub> P<sub>1</sub> A<sub>0</sub>

Donde:

A<sub>1</sub> = alcanzar la llave inglesa

B<sub>0</sub> = ausencia de movimiento e cuerpo

G<sub>1</sub> = sujetar la llave inglesa

A<sub>1</sub> = mover la llave inglesa hacia la abrazadera hasta una distancia al alcance de la mano

B<sub>0</sub> = ausencia de movimiento e cuerpo

P<sub>3</sub> = colocar la llave en la abrazadera

F<sub>10</sub> = apretar la abrazadera con la llave

A<sub>1</sub> = mover la llave inglesa hacia una distancia al alcance de la mano

B<sub>0</sub> = ausencia de movimiento e cuerpo

P<sub>1</sub> = dejar la llave a un lado

A<sub>0</sub> = punto de no retorno

Unidades de tiempo. Las unidades de tiempo que se usan en el MOST es igual a la de MTM (medición de tiempo de métodos) y se basa en TMU. El valor del tiempo en TMU para cada modelo de secuencia se calcula sumando el valor de índice y multiplicando la suma por 10.

Por ejemplo, en el caso de la llave inglesa quedaría

$$(1 + 0 + 1 + 1 + 0 + 3 + 10 + 1 + 0 + 1 + 0) \times 10 = 180 \text{ TMU}$$

Todos los valores establecidos por el MOST reflejan el avance de un operario experimentado promedio que trabaja a un ritmo medio de desempeño. Con frecuencia se alude a esto como el nivel de desempeño del 100% que en un estudio de logro, mediante el uso de los factores de nivelación para ajustar el tiempo a unos niveles definidos de habilidad y esfuerzo. Por eso cuando se usa MOST, no es necesario ajustar valores de tiempo.

Ejemplo de una de las tablas del sistema MOST, de movimiento general, el resto de tablas se ven en los apéndices.

Sistema MOST® Básico			A B G A B P A				MOVIMIENTO GENERAL				
ÍNDICE X10	A DISTANCIA DE ACCIÓN		B MOVIMIENTO DEL CUERPO		G OBTENER CONTROL		P COLOCACIÓN			ÍNDICE X10	
	VARIANTE DE PARÁMETRO	PALABRA CLAVE	VARIANTE DE PARÁMETRO	PALABRA CLAVE	VARIANTE DE PARÁMETRO	PALABRA CLAVE	VARIANTE DE PARÁMETRO	PALABRA CLAVE			
0	≤2in ≤5 cm	CERCA						SUJETAR ARROJAR	TIRAR LLEVAR	ARROJAR RECOGER	0
1	AL ALCANCE				OBJETOS LIGEROS OBJETOS LIGEROS SIMO	AGARRAR (OPCIONAL)	DEJAR A UN LADO AJUSTE FLOJO	MOVER PONER			1
3	1-2 PASOS	1 PASO 2 PASOS	DOBLAR Y LEVANTAR 50% DE OCC.	PREDOBLAR	NOSIMO PESADO VOLUM. TAPAR SOLTAR	OBSTRUÍDO ENTRELAZADO REUNIR	OBTENER SOLTAR LIBRE COLECTAR	AJUSTES POCA PRESIÓN COLOCACIÓN DOBLE		COLOCAR REEMPLAZAR	3
6	3-4 PASOS	3 PASOS 4 PASOS	DOBLAR Y LEVANTAR	DOBLAR			CUIDAR TAPAR ALTA PRESIÓN MOVIMIENTOS INTERMEDIOS	PRECISIÓN OBSTRUÍDO	POSICIÓN REPONER		6
10	5-7 PASOS	5 PASOS 6 PASOS 7 PASOS	SENTADO DE PIE	SENTADO DE PIE							10
16	8-10 PASOS	8 PASOS 9 PASOS 10 PASOS	A TRAVÉS DE LA PUERTA SUBIR/BAJAR DE PIE DOBLAR DOBLAR Y SENTAR	PUERTA SUBIR/BAJAR DE PIE DOBLAR DOBLAR Y SENTAR							16

Tabla 8: Tabla de movimiento general. Fuente: Manual del Ingeniero Industrial de Maynard, 2005.

Cada método nos ofrece ventajas y desventajas, ver la siguiente tabla:

Ventajas	Desventajas
<b>MTM</b>	<b>MTM</b>
Permite un análisis detallado del método.	No es común para todas las empresas.
Es un método confiable para obtener tiempos estándar.	Se utiliza en más de doce sistemas diferentes.
No se necesita reloj para ejecutar el método	Solo se seleccionan a jóvenes para realizar este método.
Elimina la necesidad de calificar el desempeño	Para lograr el mayor porcentaje de credibilidad es necesaria la practica continua.
Permite estimar el tiempo normal de una operación aún sin que exista todavía.	
Obliga a enfrentarse con mejoras continuas y constantes.	
Forzar a llevar un registro	
<b>MODAPTS</b>	<b>MODAPTS</b>
Fácil entrenamiento.	Ciclos muy cortos (debajo de 12 segundos)
Facilidad de aplicación	Tiempo de funcionamiento de la máquina

Exactitud.	Retraso de proceso.
Economía de operación.	Tolerancias de descanso.
Diversidad de usos	
<b>MOST</b>	<b>MOST</b>
Los tiempos reflejan un 100% del nivel de desempeño.	Ciclos muy cortos.
Es rápido de aplicar solo requiere de 10 horas de tiempo de analista por cada hora de trabajo medido.	Tiempo de funcionamiento de la máquina.
Tiene una precisión adecuada.	Retraso del proceso.
Es fácil de entender y aprender.	Información detallada.
Requiere de un mínimo de trabajo escrito.	
Ofrece resultados consistentes	

Tabla 9: Tabla de ventajas y desventajas. Fuente: Revisión de los tres manuales de los métodos de tiempos predeterminados

Como se puede apreciar, el método que ofrece más ventajas es el método MOST, para tomar la decisión sobre el método a usar en este trabajo de investigación se considera también la experiencia que tengo con el uso de los métodos. Y en este caso tengo más capacitación en MTM, aunque signifique más horas de análisis, usare para el cálculo de los tiempos del método propuesto el sistema MTM.

### 2.3 Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo.

La principal filosofía en la que se sustenta el Lean Manufacturing radica en la premisa de que "todo puede hacerse mejor"; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora. Incluso las plantas automatizadas pueden mejorar, la tecnología avanza a pasos agigantados, y los ingenieros e investigadores siempre tienen mejores robots, mejores programas, etc. (Salazar, 2016).

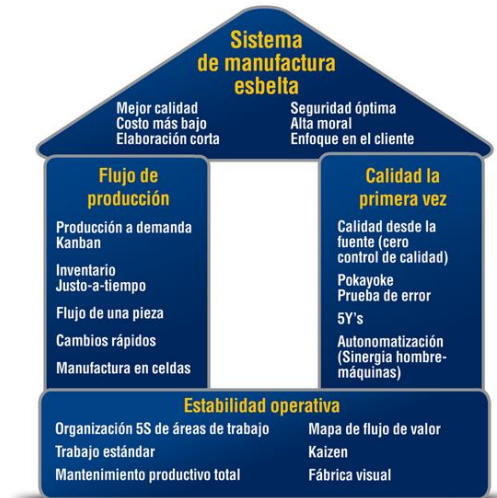


Imagen 9: Sistema de manufactura esbelta. Fuente: <http://prevencionar.com.mx/2015/08/11/fabrica-visual-la-base-de-la-manufactura-esbelta/>

Como resultado, una organización que aplique Lean Manufacturing debería ajustar su producción a la demanda, en el momento y las cantidades en que sea solicitada, y con un costo mínimo. Según entonces, Lean Manufacturing puede definirse como una filosofía de producción que agrupa un conjunto de técnicas que nos facilitan el diseño de un sistema para producir y suministrar en función de la demanda, con el mínimo costo, una calidad competitiva y alta flexibilidad; de tal forma que Lean Manufacturing permitirá que la organización:

- Minimice sus inventarios
- Minimice sus retrasos
- Minimice su espacio de trabajo
- Minimice sus costos totales
- Minimice su consumo energético
- Mejore su calidad

En términos generales, contribuye a que la organización sea más competitiva, innovadora y eficiente.

Las organizaciones que buscan implementar la metodología Lean o algunas de sus herramientas, evidentemente persiguen objetivos relacionados con el mejoramiento del desempeño de sus procesos. En dicha búsqueda, muchas son las organizaciones que han fracasado en la obtención de resultados significativos. Por tal razón, es muy importante considerar que Lean Manufacturing es una filosofía que precisa de compromiso organizacional y que requiere de una adaptación cultural. A través de la experiencia en procesos de implementación de Lean Manufacturing, expertos han considerado que existen tres principios claves para una adecuada ejecución de las actividades Lean:

1. Manufacturing es un proyecto de tipo estratégico: De tal manera que debe estar incluido en el plan estratégico organizacional y relacionado con las prioridades competitivas de la compañía.
2. La estructura organizacional debe adaptarse a la metodología Lean: De tal forma que existan procesos más concurrentes y menor "comunicación sobre la pared", es decir que las estructuras funcionales deben migrar hacia estructuras colaborativas.
3. Lean Manufacturing es un compromiso de todos: La implementación de la estrategia será gradual, pero debe integrar a todos los niveles de la organización.

El mayor cambio en la compañía debe ser de tipo cultural, el mejoramiento debe convertirse en un hábito de todos. (Salazar, 2016).

Un dato interesante que debemos tomar en cuenta cuando se decide implementar alguna de las herramientas Lean, es la duración de esta. Se presentan las fases que componen un proyecto Lean Manufacturing:

Fase 0 Tradicional. Duración de 1 a 3 meses

Fase 1. Aplicación (prueba piloto) Duración 4 a 6 meses

Fase 2. Cadenas de valor. Gestión de cadena de valor. Duración de 1 a 2 años)

Fase 3. Organización Lean. Pensamiento esbelto. (Habitado permanente)

Tradicional.

- Diagnóstico de la situación actual de la compañía
- Plan Hoshin Kanri
- Promoción
- Equipos
- Lean Management
- Preparación 5's

Aplicación (prueba piloto)

- Aplicación de las 5's
- Capacitación del equipo piloto
- VMS actual, layout actual y propuesto
- Análisis de limitantes de la productividad (MUDAS, MURIS, MURAS)
- Plan de trabajo

Cadenas de valor. Gestión de cadena de valor.

## Planteamiento de organigrama

- Aplicación de la Fase 1 en todas las áreas
- Lean Accounting
- Lean Logistics

## Organización Lean. Pensamiento esbelto.

- Disciplina
- Compromiso
- Conocimiento
- Cultura
- Innovación
- Motivación

Básicamente la etapa tradicional en el camino Lean consiste en el diagnóstico de la situación actual de la organización, para con ello diseñar un adecuado plan estratégico y conformar un óptimo equipo de trabajo. La primera etapa de aplicación enfrenta a la organización con los retos que implica una nueva filosofía de trabajo, de tal manera que se adquiere una primera experiencia en la cual se reconocen los errores y la capacidad de la organización para obtener resultados a partir de las técnicas utilizadas. La etapa de cadenas de valor se centra en la estructura de la organización, de tal manera que se implementa un modelo de trabajo concurrente basado en procesos y no en departamentos, se extiende la aplicación de la fase 1 a las demás áreas, se inicia la logística y la contabilidad Lean, de tal forma que se optimicen los procesos de entrega y se establezcan indicadores de desempeño para la toma de decisiones basada en resultados e información vital.

La etapa final tiene el propósito de lograr una organización Lean, haciendo que exista un pensamiento Lean, basado en el compromiso, la disciplina y la gestión del conocimiento. Una organización Lean debe reflejar en todas sus áreas y procesos el mayor valor posible, y en todos sus miembros, la idea de que dicha organización es el mejor lugar para trabajar. (Villaseñor, 2007).

Para este proyecto se han elegido solo algunas herramientas, descartando las que implican un tiempo largo para su implementación como son: JIT, SMED.

Entre las más importantes por trabajar son: 5S, Kaizen, Kanban, Andon, Pokayoke

## **Kaizen: Mejora continua.**

Surgió como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de respuesta de todos los perfiles, para así afrontar los desafíos que se planteaban cotidianamente, además, al ser necesario no solo restablecer el tejido económico, sino social, este se convirtió en un estilo de vida, lo cual generó un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo de los japoneses, razón por la cual autores como Masaaki Imai, consideran al Kaizen como la clave de la ventaja competitiva japonesa. (Salazar, 2016).

En el libro: Encontrando al Kaizen de Manuel F. Suárez-Barraza, se presentan como resultado del análisis Kaizen, tres esferas concéntricas basadas en la propuesta de Dean y Bowen (1994), para realizar una analogía de cómo puede comprenderse el termino Kaizen. Me parece muy completo y como resumen podemos obtener una visión más completa a través de estos esquemas.

Tres diferentes esferas concéntricas del Kaizen: 1) el kaizen como filosofía gerencial, 2) el Kaizen como un elemento del TQM, y 3) el Kaizen como principio teórico de metodologías y técnicas de mejora.

De acuerdo al análisis de la literatura, “el Kaizen como filosofía gerencial se caracteriza por entender la gestión de una organización como el mantenimiento y la mejora de los estándares de trabajo. Para Imai (1986: 74), no puede existir el Kaizen sin la estandarización, es decir, las mejoras incrementales y acumulables sólo se consiguen cuando los estándares se encuentran establecidos y sostenidos mediante el trabajo cotidiano. Una indicación importante de esta visión pragmática del trabajo, bajo esta esfera del Kaizen, es que los estándares, deben ser seguidos por cada uno de los empleados y por lo tanto, el trabajo de la gerencia se centra en su seguimiento. De esta manera, la estandarización, la comunicación interfuncional, el orden, la disciplina y la eliminación de las mudas representan los requisitos básicos de operación del Kaizen bajo esta sombrilla”. (Suárez, 2008, p. 296).

Figura 1. Esfera concéntrica del tipo 1: el *Kaizen* como «filosofía gerencial»

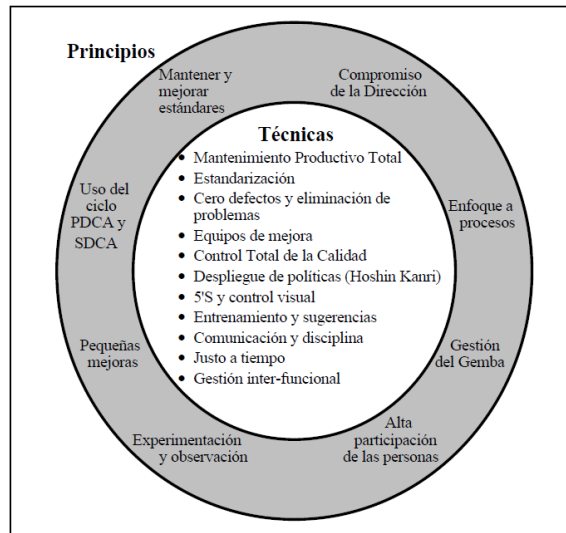


Imagen 10: Kaizen. Fuente: Encontrando al Kaizen. Un análisis teórico de la Mejora Continua. (Suárez, 2008).

La segunda esfera concéntrica identificada, “delimita al Kaizen como un elemento más de la Gestión por Calidad Total (TQM). La literatura indica que las raíces de los programas de mejora en occidente se pueden trazar hasta los trabajos del gobierno norteamericano en el llamado "Training Within Industry" durante la Segunda Guerra Mundial; este programa incluyó el entrenamiento y educación de los supervisores con técnicas de control estadístico y mejora continua de los procesos (Schoeder y Robinson 1991). Más tarde, dicho programa fue introducido en el Japón en los años cincuenta, por varios autores reconocidos en el tema, como Deming, Juran y otros (Ishikawa 1986; Robinson 1990). Para el propio Deming (1986: 49), esta esfera (la Mejora Continua dentro del TQM) era entendida dentro sus 14 principios rectores como "mejorar constantemente el sistema de producción y de servicios". Mientras que para Juran (1990) dicha esfera, sólo formaba parte de su "Trilogía para la Calidad", entendida como la Mejora de la Calidad o la ruptura de los procesos, después de que han existido dos fases anteriores de planificación y control de los mismos”. (Suárez, 2008, pp. 298-299).

Figura 2. Esfera concéntrica del tipo 2: el *Kaizen* como un elemento del TQM

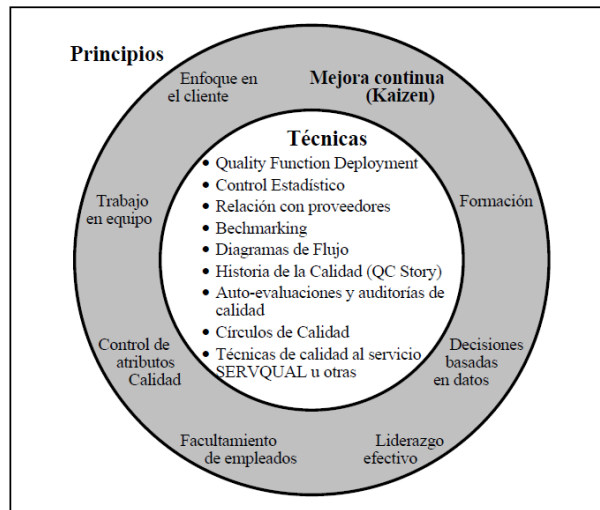


Imagen 11: Kaizen como elemento del TQM. Fuente: Encontrando al Kaizen. Un análisis teórico de la Mejora Continua. (Suárez, 2008).

La tercera y última esfera concéntrica que afloró del análisis de la literatura, utiliza al Kaizen como sustento teórico para aplicar metodologías y/o técnicas que tienen como propósito básico el eliminar el desperdicio (Mudas). Por ello, a través de la eliminación de la muda se busca mejorar la calidad de los procesos y los productos, reducir el lead time, optimizar la entrega a tiempo de los productos e incluso, mejorar el flujo de dinero. De acuerdo a la literatura analizada se lograron identificar al menos cuatro metodologías y/o técnicas que están bajo esta sombrilla: el Kaizen Blitz, los gemba-Kaizen, el Office Kaizen y el Kaizen Teian. (Suárez, 2008, p. 301).

Las características principales de esta tercera perspectiva son en primer lugar, el enfoque al corto plazo del mismo. Se trata, por ende, de eliminar mudas en workshops o eventos intensivos (sólo algunos días), en los cuales se utilizan las ideas de mejora de los empleados que conocen los procesos de trabajo a fondo (Sheridan 1997; Cuscela 1998).

De esta manera, el conseguir eliminar las mudas en tiempos bastante cortos permite al mismo tiempo, la participación de los empleados y la obtención de resultados positivos de manera rápida, lo que representa una segunda característica. La tercera característica es que el enfoque que se busca es la eliminación de mudas de manera transversal, a lo largo del proceso (*cross functional approach*), por lo que además, cada proyecto de mejora es liderado por algún empleado que es reconocido por su capacidad técnica, generalmente empleados veteranos y con amplia experiencia. Por último, para el seguimiento de los proyectos de mejora, es decir, después de los cuatro días se conforman una serie de comités o áreas *staff* que monitorean lo previamente implantado.

Figura 3. Esfera concéntrica del tipo 3: el *Kaizen* como principio teórico de metodologías y técnicas de mejora

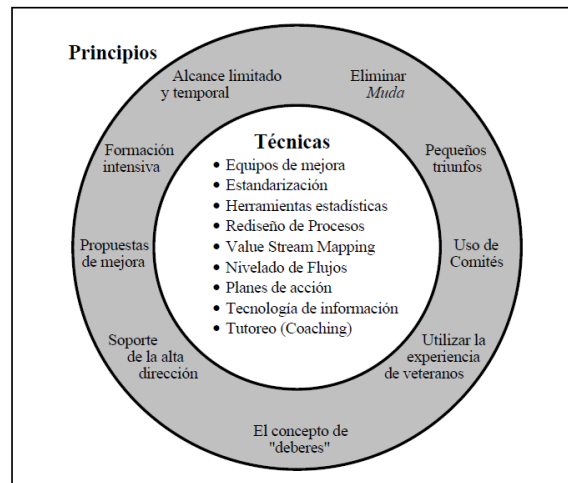


Imagen 12: Kaizen como principio teórico de metodologías y técnicas de mejora. Fuente: Encontrando al Kaizen. Un análisis teórico de la Mejora Continua. (Suárez, 2008).

Considero que esta herramienta Kaizen es muy importante para cualquier empresa y que todas deberían regirse bajo este principio, de mejora continua. Para el proceso en estudio es adecuada y conveniente. Se planteará su uso y seguimiento.

### Despilfarros o Desperdicios.

Uno de los puntos en los cuales se enfoca el sistema de producción Toyota, diseñado por Taiichi Ohno, hace gran énfasis en la eliminación de desperdicios. Es preciso identificar el concepto de despilfarro, en aras de distinguirlo del costo, de tal forma que definimos un despilfarro o desperdicio como el gasto excesivo, superficial, que no agrega valor, y que por innecesario se debe eliminar. (Salazar, 2016).

Toyota ha identificado siete tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura y son (Villaseñor, 2007, pp 21-23):

1. Sobreproducción: El exceso de producción se considera como la fabricación no ajustada a las cantidades demandadas.
2. Esperas: Este despilfarro contempla tanto a personal pasivo, como a maquinaria inactiva.
3. Transportes: Las manipulaciones y traslados de materiales o documentos que no agreguen valor, son consideradas como desperdicios.
4. Despilfarros de operación: Realización de actividades innecesarias y/o haciendo uso de maquinaria o herramientas en mal estado.
5. Inventario: Unidades obsoletas (materiales, repuestos, producto), excesos de existencias, o almacenamientos intermedios.

6. Movimientos innecesarios: Sean innecesarios o incómodos son considerados despilfarros.
7. Productos defectuosos: Sean productos o servicios relacionados a reclamaciones, garantías o rechazos.

### **¿Cómo eliminar despilfarros?**

Es recomendable que la dinámica para la eliminación de despilfarros de la organización se integre con un programa Kaizen, haciendo uso de su metodología sistemática de análisis y solución de problemas involucrando al personal, y con un criterio de mínima inversión, mediante el mejoramiento continuo.

Lo importante para una dinámica eficiente de eliminación de despilfarros consiste en su expresa solución y en la inclusión del personal en todas las etapas de la mejora. Es por ello que dependiendo de la técnica utilizada en la metodología de identificación se consignará debidamente el responsable de la acción correctiva y la fecha límite para comprobar el resultado de la medida. (Salazar, 2016).

### **5S**

La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo. (Madariaga, 2013).

La metodología de las 5S es de origen japonés, y se denomina de tal manera ya que la primera letra del nombre de cada una de sus etapas es la letra: ese (s).

Objetivos específicos de la metodología 5S

- Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo.
- A través de un entorno de trabajo ordenado y limpio, se crean condiciones de seguridad, de motivación y de eficiencia.
- Eliminar los despilfarros o desperdicios de la organización.
- Mejorar la calidad de la organización.

### **Principios de la metodología 5S**

Esta metodología se compone de cinco principios fundamentales, (Salazar, 2016).

Hemos aprendido en la carrera de Ingeniería Industrial, qué para iniciar un proceso encaminado a la manufactura esbelta, primero se debe implementar la herramienta 5S y mantenerla durante 6 meses como mínimo, después de esto, se dice que se

está preparado para continuar con alguna otra herramienta, La empresa objeto de estudio necesita aplicar esta herramienta, existe un gran potencial de mejora con solo aplicar esta herramienta.

1. Clasificación u Organización: Seiri
2. Orden: Seiton
3. Limpieza: Seiso
4. Estandarización: Seiketsu
5. Disciplina: Shitsuke

## 1. Clasificación u Organización (Seiri)

### Clasificar consiste en:

- Identificar la naturaleza de cada elemento: Separe lo que realmente sirve de lo que no; identifique lo necesario de lo innecesario, sean herramientas, equipos, útiles o información.

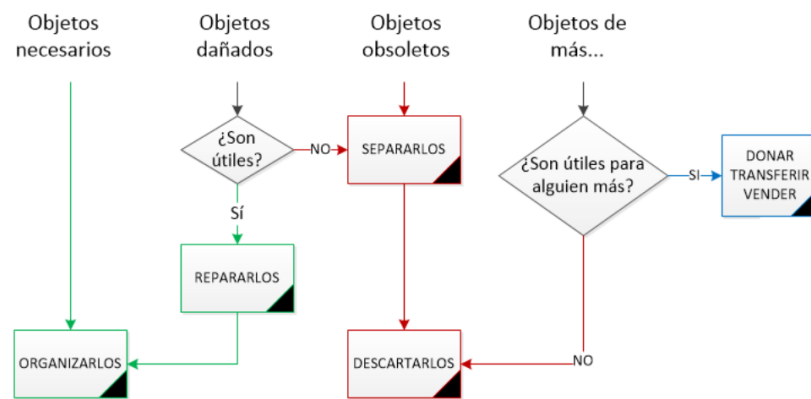


Imagen 13: Clasificación. Fuente: Metodología 5S, Salazar, 2016.

La herramienta más utilizada para la clasificación es la hoja de verificación, en la cual podemos plantearnos la naturaleza de cada elemento, y si este es necesario o no.

Las ventajas de clasificar son (Salazar, 2016):

Una vez se cumpla con este principio se obtendrán los siguientes beneficios:

- Se obtiene un espacio adicional, generalmente se duplican los lugares para herramientas o material auxiliar, tener puestos de trabajo saturados hace creer al operario que tiene mucho más trabajo y eso puede desmotivarlo.
- Se elimina el exceso de herramientas y objetos obsoletos, así como herramientas en malas condiciones o no apropiadas para la actividad.

- Se disminuyen movimientos innecesarios, muchas cosas que no se usan ocasiona que estorbe para realizar las actividades que generan valor.
- Se elimina el exceso de tiempo en los inventarios
- Se eliminan despilfarros

## 2. Orden (Seiton)

### Ordenar consiste en (Salazar, 2016):

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario.
- Disponer de sitios debidamente identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Utilizar la identificación visual, de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición.
- Identificar el grado de utilidad de cada elemento, para realizar una disposición que disminuya los movimientos innecesarios:

Frecuencia de uso	Disposición
Lo utiliza en todo momento	Téngalo a la mano, utilice correas o cintas que unan el objeto a la persona
Lo utiliza varias veces al día	Disponer cerca a la persona
Lo utiliza todos los días, no en todo momento	Téngalo sobre la mesa de trabajo o cerca de la máquina
Lo utiliza todas semanas	
Lo utiliza una vez al mes	Colóquelo cerca del puesto de trabajo
Lo usa menos de una vez al mes, posiblemente una vez cada dos o tres meses	Colóquelo en el almacén, perfectamente localizado

Tabla 10: ¿Como ordenar?. Fuente: Metodología 5S, Salazar, 2016.

- Determine la cantidad exacta que debe haber de cada artículo.
- Cree los medios convenientes para que cada artículo retorne a su lugar de disposición una vez sea utilizado.

### Las herramientas a utilizar son:

- Códigos de color
- Señalización
- Hojas de verificación

### Las ventajas de ordenar son:

- Se reducen los tiempos de búsqueda
- Se reducen los tiempos de cambio

- Se eliminan condiciones inseguras
- Se ocupa menos espacio
- Se evitan interrupciones en el proceso

### 3. Limpieza (Seiso)

#### **Limpiar consiste en (Salazar, 2016):**

- Integrar la limpieza como parte del trabajo
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario
- Eliminar la diferencia entre operario de proceso y operario de limpieza
- Eliminar las fuentes de contaminación, no solo la suciedad

#### **Las herramientas a utilizar son:**

- Hoja de verificación de inspección y limpieza
- Tarjetas para identificar y corregir fuentes de suciedad

#### **Las ventajas de limpiar son:**

- Mantener un lugar de trabajo limpio aumenta la motivación de los colaboradores
- La limpieza aumenta el conocimiento sobre el equipo
- Incrementa la vida útil de las herramientas y los equipos
- Incrementa la calidad de los procesos
- Mejora la percepción que tiene el cliente acerca de los procesos y el producto

### 4. Estandarización (Seiketsu)

#### **Estandarizar consiste en (Salazar,2016):**

- Mantener el grado de organización, orden y limpieza alcanzado con las tres primeras fases; a través de señalización, manuales, procedimientos y normas de apoyo.
- Instruir a los colaboradores en el diseño de normas de apoyo.
- Utilizar evidencia visual acerca de cómo se deben mantener las áreas, los equipos y las herramientas.
- Utilizar moldes o plantillas para conservar el orden.

#### **Las herramientas a utilizar son:**

- Tableros estándares
- Muestras patrón o plantillas
- Instrucciones y procedimientos

## 5. Disciplina (Shitsuke)

### **La disciplina consiste en (Salazar, 2016):**

- Establecer una cultura de respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza
- Promover el hábito del autocontrol acerca de los principios restantes de la metodología
- Promover la filosofía de que todo puede hacerse mejor
- Aprender haciendo
- Enseñar con el ejemplo
- Haga visibles los resultados de la metodología 5S

### **Herramientas a utilizar:**

- Hoja de verificación 5S
- Ronda de las 5S

### **Ventajas de la disciplina:**

- Se crea el hábito de la organización, el orden y la limpieza a través de la formación continua y la ejecución disciplinada de las normas.

## **Andon**

La manufactura esbelta incrementa dramáticamente la importancia de hacer bien las cosas a la primera.

Con bajos niveles de inventarios, no se tiene inventarios buffer de apoyo en caso de que se presente un problema de calidad. Por ejemplo, los problemas en la operación A detienen inmediatamente la operación B, y cuando el equipo se detiene, banderas o luces, usualmente acompañadas con música o una alarma, son usadas como señal de ayuda ya que se necesita resolver un problema de calidad o proceso. Este sistema de señales es llamado Andon. (Villaseñor, 2007, p.40).

El andon es un herramienta visual que muestra el estado actual de las operaciones, sólo con pasar por el lugar de trabajo. La señal sirve para que se genere una ayuda inmediata: El operario tiene la facultad de presionar el botón andon cuando ve que se presenta un error o defecto en la línea. (Villaseñor, 2007).

La intención es conseguir ayuda pronta cuando se tiene un problema en el puesto de trabajo, y en lo posible lograr no detener el proceso. La combinación visual y auditivo, es la que da mayor seguridad de aprovechar la herramienta.

## **Kanban: Control de materiales y producción**

Es una palabra de origen japonés que significa tarjeta, también se le conoce como señal, ya que se da la orden para resurtir o su concepto ha evolucionado hasta convertirse en señal, y se puede definir como un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, la movilización de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia pull o estrategia de jalonamiento. (Salazar, 2016).

Kanban es el corazón del sistema jalar. Kanban son tarjetas adheridas a los contenedores que almacenan lotes de tamaño estándar. De esta manera no necesitas tener en el área de trabajo cantidades grandes de material, ya que se programa cada cuanto se debe surtir. Es increíble la coordinación que se da cuando en las líneas ves que la última caja pico de pato se está utilizando, cuando llega el carro con material a resurtir. (Villaseñor, 2007)

El Kanban tiene 4 propósitos (Villaseñor, 2007, p.75).:

1. Prevenir la sobreproducción (y la sobre transportación) de materiales entre todos los procesos de producción.
2. Proporcionar instrucciones especificaciones entre los procesos, basadas en los principios de surtido Kanban logre esto mediante el control del tiempo del movimiento de materiales y la cantidad de materiales que se transporta.
3. Servir como herramienta de control visual para los supervisores de producción y para determinar cuando la producción va por debajo o por arriba de lo programado. Con una mirada rápida al dispositivo que tiene el kanban en el sistema se puede ver si el material y la información están fluyendo acorde a lo planeado o existen anormalidades.
4. Establecer una herramienta para el mejoramiento continuo. Cada Kanban representa un contenedor de inventario en el mapa de procesos. Conforme pasa el tiempo la reducción planeada de los Kanbans en el sistema será directamente igual a la reducción de inventarios y proporcional a la disminución del tiempo de entrega para los consumidores.

Existen dos tipos de Kanban: kanban de producción (también conocido como kanban para hacer) y kanban de retiro (también conocido como kanban para mover).

La implementación de Kanban puede tardar entre uno y tres meses.

La implementación de Kanban puede desarrollarse por medio de un evento Kaizen.

¿Cómo implementar Kanban?, (Salazar, 2014)

1. Seleccionar las referencias que se van a producir mediante Kanban.
2. Calcular la cantidad de piezas por kanban (tamaño del lote).
3. Escoger el tipo de señal y el tipo de contenedor estándar. El contenedor puede variar por referencia.
4. Calcular el número de contenedores por referencia (curva de producción) y la secuencia pitch.
5. Dar seguimiento (WIP o SWIP).

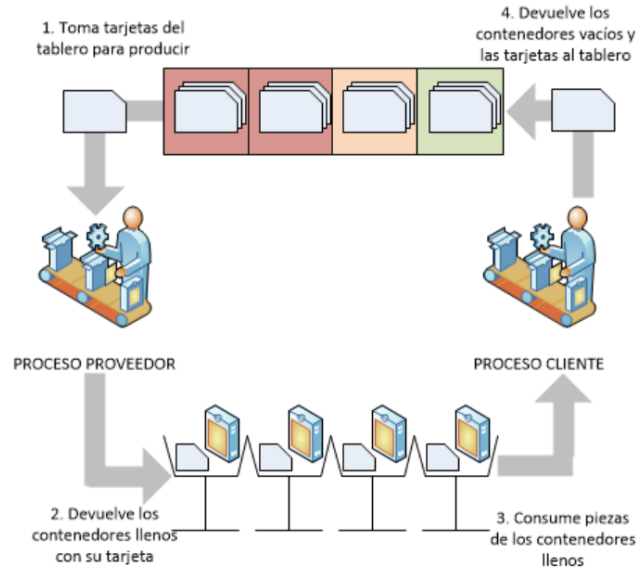


Imagen 14: Fuente: Kanban: Control de materiales y producción

¿Cuándo debe utilizarse Kanban?, (Salazar, 2014).

Kanban debe utilizarse:

- En sistemas de producción que presenten alta mezcla de referencias.
- Cuando se está implementando Lean Manufacturing y se ha hecho un trabajo previo de 5's y SMED.
- Cuando se pretende lograr lotes de tamaño pequeños.
- Cuando se tienen altos costos de inventario de producto en proceso.

Las empresas decididas a entrar en la dinámica de mejora continua, pueden iniciar su camino hacia una manufactura esbelta poco a poco, con las herramientas como las propuestas para este proyecto: 5S, Kaizen (mejora continua), Kanban, Andon, eliminar derroches.

Se maneja que si logras implantar 5S podrás continuar, de no lograr 5S, necesitas mayor capacitación, pero principalmente concientización del personal, se trata de

una disciplina, de actitud, estos cambios no son fáciles, pero si necesarios, tener todo en su lugar, y sólo lo que necesitas, evitará errores y desperdicios.

Manejar la mejora continua, pequeños cambios, logran un cambio importante, si el operario acepta enrolarse en esta dinámica, observará su tarea para hacerla de la mejor manera.

## **CAPÍTULO III.- Metodología**

### **3.1 Elaboración de diagramas de flujo y bimanuales de los puestos de trabajo**

Se realizó el levantamiento del flujo del proceso actual, usando la herramienta “diagrama de flujo del proceso” ver diagrama 1, iniciando desde la recepción de materiales hasta el almacén de producto terminado, conforme lo indica la herramienta se recabaron los datos como distancias que recorre el material, desde la recepción de materiales donde se asegura una inspección por muestreo, se da la entrada al material y se lleva a los diferentes almacenes, se tiene el almacén de piezas de compra para motores para licuadoras y ventiladores de los diferentes modelos , selectores de velocidad, interruptores, cables, placas metálicas informativas con las especificaciones, tornillos, tuercas, taquetes, pinzas, soldadura, pasta para soldadura, cajas para empaque, bolsas para empaque, cartón, etc. Hay una división en el almacén, esto para la materia prima como gránulos de plástico, aditivos, colorantes. Y finalmente el almacén de producto terminado.

Para obtener toda la información que requiere un diagrama de flujo de proceso se usan otras herramientas de apoyo, como el estudio de tiempos con cronometro o estudio de micromovimientos para obtener los tiempos de la operación. Para las distancias se usó el layout y se consiguieron las medidas en metros.

Los diagramas bimanuales que se elaboraron fueron para los puestos con un nivel de riesgo ergonómico alto y de los puestos con cuellos de botella.

Estos diagramas facilitaron el análisis ya que se construyen especificando que hace la mano derecha y que hace la izquierda, si hay operaciones simultáneas o se usan ambas manos para la misma operación, el croquis sirve para conocer la ubicación de los materiales e incluso la distancia que recorre el operario al recoger la pieza.

Se describe que herramienta se usa, principalmente usan destornilladores y cautín para soldar, también si hay un dispositivo y que equipo de seguridad.

Un diagrama bimanual es la base para un estudio de micromovimientos, este tipo de estudios se justifica para producciones de alto volumen, como es el caso de esta empresa, por la cantidad de horas que deben usarse.

Los diagramas bimanuales son una buena base a la hora de aplicar la técnica del interrogatorio al analizar el método y generar una propuesta de mejora.

### **3.2 Estudio de métodos**

Se aplicaron los pasos de la ingeniería de métodos para analizar la información recabada, primero se seleccionó el trabajo en estudio, éstas fueron las líneas de ensamble de licuadoras y ventiladores de pedestal, el criterio usado fue, “con la menor inversión e implementación a corto plazo y con el mayor beneficio en la reducción de tiempo de fabricación y mejora de la calidad”, ¿qué área es la que puede trabajarse bajo estos criterios? Así la primera etapa sugerida,

**SELECCIONAR** el trabajo al cual se hará el estudio, quedo definida: la línea de ensamble de licuadoras y la línea de ensamble de ventiladores con pedestal.

La etapa de **REGISTRAR** la información se dio a través del diagrama de flujo más anotaciones extras para contar con un panorama completo de la situación actual de las líneas de armado de licuadoras y ventiladores en estudio.

La tercera etapa que se siguió en este trabajo fue la de **EXAMINAR** críticamente lo registrado, usando los criterios de las herramientas del interrogatorio. ¿Qué se hace?, ¿Por qué se hace?, ¿Dónde lo hace?, ¿Por qué lo hace en ese lugar?, ¿Cuándo se hace?, ¿Por qué se hace en ese momento?, ¿Quién lo hace? ¿Por qué lo hace esa persona?, ¿Cómo se hace?, ¿Por qué se hace de ese modo?

Con la ayuda de esta técnica se estimó el grado de mejoramiento, se generó la propuesta de balancear las líneas de licuadoras y la de ventiladores.

Para ello fue necesario rediseñar algunos puestos de trabajo, diseñar algunos dispositivos y proponer para el diseño de algunos componentes de las licuadoras y ventiladores, pokayokes.

Ayudas visuales e identificación de los materiales en cada contenedor de materiales, se seleccionaron los materiales que se pueden manejar con un Kanban (caja vacía por caja llena).

### **3.3 Estudio de tiempos con cronometro de las operaciones seleccionadas**

Un estudio de tiempo con cronometro nos lleva a conocer el Tiempo estándar de la operación, primero se seleccionó al operario siguiendo las recomendaciones de la técnica y se registran los datos, se obtiene un promedio dando como resultado un tiempo representativo llamado “Tiempo Promedio”, para convertirlo en “Tiempo Normal”, esto se logra al calificar la actuación del operario, usando el sistema de calificación de la Westinhouse, que trabaja la habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones en las que trabaja el operario, dando un porcentaje positivo o negativo, si es positivo significa que se observó a un operario rápido y su tiempo es más bajo y debe nivelarse, así que se aumenta el porcentaje que se obtuvo. O se resta si este valor fue negativo, significa que el operario observado es lento y su tiempo es más alto que la de un operario trabajando a ritmo normal, así que se resta el porcentaje resultante, para nivelarlo.

Este dato es el que se otorga al operario para realizar la tarea con un ritmo normal, es decir, ni lento ni rápido, que pueda trabajar 8 horas sin presentar una fatiga. Y donde todos pueden lograr este tiempo.

Finalmente se determina el “Tiempo Estándar” aumentando el porcentaje por suplementos o tolerancias, usando la tabla de suplementos propuesta por el Instituto de Administración Científica de las Empresas, está es la manera de obtener el valor por tolerancias, las empresas establecidas generalmente cuentan con un porcentaje ya acordado con el sindicato y la empresa. La empresa en estudio usa un tiempo por suplementos o tolerancias del 12%.

Se usó el formato de toma de tiempo con cronometro para registrar los tiempos de armado de la licuadora y del ventilador. Ver Formato

Con estos datos se completa la carga de información del diagrama de flujo de proceso, se realiza el diagrama de precedencia basado en este diagrama de flujo de proceso, se arma la tabla de balanceo, para detectar cuáles son las estaciones de trabajo con cuellos de botella y con nivel de riesgo ergonómico en rojo.

### **3.4 Estudios ergonómicos de los puestos seleccionados**

Se proponen rediseño de algunos puestos de trabajo, se presentan presupuestos y el nuevo estudio ergonómico, la idea completa que incluye la mejora en la secuencia de trabajo y la disminución del tiempo que se espera lograr con la implementación.

El método utilizado es RULA, evaluando la exposición del operario a factores de riesgo, que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo, proporcionando una valoración rápida de las posturas de cuello, tronco y miembro superior, junto con la actividad muscular y las fuerzas de carga experimentadas por el operario.

Se usó el formato de RULA (Rapid Upper Limb Assessment) “Evaluación rápida de la extremidad superior”, para la evaluación de las operaciones más comprometidas a simple vista. Ver formato RULA página.

### **3.5 Estudio de micromovimientos para las secuencias propuestas**

El estudio de micromovimientos fue utilizado para proporcionar el nuevo tiempo de la operación, de la propuesta #Línea balanceada”.

A través de este método pudimos conocer el ahorro en tiempo propuesto. Como se explicó en el marco teórico este método para calcular el tiempo normal de la operación es confiable y actual, muchas grandes empresas utilizan algún sistema de tiempos predeterminados para balancear su línea y/o para incorporar cambios técnicos.

El STP seleccionado fue MTM (Medición de Tiempo de los Métodos – Methods Time Measurement). La selección del método fue basada en el tipo de actividades que se llevan a cabo en el armado de las licuadoras y ventiladores, se usan mucho las manos y pocas herramientas. Otro elemento importante que tomo peso en la decisión, es la habilidad y experiencia para manejar este método, es el que más conozco y he utilizado.

### **3.6 Propuestas de mejora usando herramientas de manufactura esbelta**

La empresa ha implementado ya algunas herramientas, se detectó que estas mismas se pueden mejorar e incluir algunas otras. La teoría recomienda siempre iniciar con 5S (cinco disciplinas), es muy importante el orden y la limpieza, el objetivo principal que se persigue con cada una de las herramientas es eliminar desperdicios

en el proceso, optimizar el uso de recursos y que cada trabajador asuma su responsabilidad en el cuidado de las tareas, de los medios y materiales.

Sé trabajó el paso de IDEAR, así con los conceptos de la ingeniería de métodos en la simplificación de las tareas y las herramientas de manufactura esbelta, surgen las propuestas de mejoras.

### **3.6.1 Incorporación de 5S**

Al estudiar cada puesto de trabajo con la finalidad de implementar 5S, se colocaron etiquetas de color naranja en cada material que no se usaba en el puesto de trabajo. Para reubicar o eliminar porque no se necesita.

Se colocaron etiquetas amarillas a los materiales con potencial de mejora y se analizó y presentó la mejora incluyendo presupuestos y beneficio.

Se elaboró una propuesta de capacitación para que los operarios adopten esta disciplina poco a poco, ya que este cambio depende mucho del personal.

La implementación de las 5 S's se trabajó simultáneamente con el rediseño del puesto y la propuesta de la secuencia de operaciones mejorada.

### **3.6.2 Incorporación de Kaizen**

La herramienta Kaizen ya la trabaja la empresa, cuenta con un buzón de ideas de mejora y las ideas implementadas son premiadas con electrodomésticos que fabrican en la planta de Puebla.

La propuesta que se presenta en esta tesis, es la de trabajar en células con la figura de facilitador para motivar el desarrollo individual, donde cada integrante de la célula debe aprender cada puesto de trabajo y así completar la matriz, con esto se logra principalmente tener mayor flexibilidad en la línea de armado, ya que en un mediano plazo pueden manejar la rotación planeada o cuando sea necesario en caso de ausencia o alguna otra necesidad.

También se sugiere que en la capacitación se invite a los operarios a presentar sus ideas a los ingenieros industriales para que se les apoye en el desarrollo, como pueden ser dispositivos, ayudas visuales, herramientas, considerar otro tipo de material auxiliar como guantes, etc.

Quien mejor conoce su trabajo es el operario, pueden surgir no sólo propuestas para mejorar las condiciones de trabajo, también mejoras para la forma de trabajar, mejorar la secuencia de trabajo.

Como todas las herramientas de manufactura esbelta, es un trabajo continuo, es una filosofía y hacer que se impregne en toda la fábrica llevará su tiempo, por eso es importante una buena planeación de capacitación.

### **3.6.3 Incorporación de ANDON**

La empresa utiliza la herramienta ANDON, para informar al coordinador que alguna pieza no está conforme o tiene algún faltante de material o problemas con la herramienta que usa.

No todas las líneas lo tienen, la sugerencia es que la coloquen en todas, si está funcionando la herramienta. No se agrega algo adicional.

### **3.6.4 Diseño de pokayokes y dispositivos**

Se diseñaron dispositivos en varios puestos de trabajo, principalmente para evitar el sostener y poder aprovechar ambas manos en la operación, reduciendo tiempo en la operación.

Se propusieron dispositivos de alimentación de material para evitar los desperdicios de material y de tiempo, así como contribuir a un lugar ordenado y limpio.

Se dejan propuestas para modificar el diseño de algunas piezas con la función de pokayoke, ya cuentan con algunas, con el estudio se detectaron otras factibles.

### **3.6.5 Incorporación de Kanban**

Durante el estudio de métodos se detectó que piezas son factibles para manejarlas con un kanban, se calculó la cantidad de piezas para cada contenedor y las veces que deben surtirse, se propuso manejar una primera etapa con las piezas más grandes, que hacen ver al puesto de trabajo saturado y sin orden. El tamaño como lo son los vasos de las licuadoras y las aspas de los ventiladores, ocupan mucho espacio, hacen ver mucho material en el puesto de trabajo sin

Se diseñó la tarjeta kanban, y los colores a usar. Y la identificación que debe llevar cada contenedor y el control de inventarios. La empresa usa MRP para el requerimiento de materiales, sistema que permite manejar kanban.

Se propuso el tipo de contenedor y racks para colocar las cajas.

Se concluye con la propuesta de capacitación para llevar a cabo el kanban y la importancia de mantener las 5 S's. La empresa está trabajando en algunas propuestas de mejora, así que la capacitación puede ayudar mucho a que el personal genere más ideas. Se recomienda estas herramientas como el inicio hacia la manufactura esbelta y manejarlo en etapas la implementación de otras herramientas.

Un alto porcentaje del personal operativo son mujeres jóvenes, es importante evitar la rotación de personal, porque se pierde la experiencia, la habilidad adquirida, y es comenzar de nuevo. Muchas veces el personal se estabiliza cuando ve a una

empresa preocupada en mejorar, en la capacitación de constante y el reconocimiento de las participaciones que tienen los operarios.

El contar con un buzón de ideas y premiarlas de acuerdo al impacto de mejora o ahorro, es una motivación que se les puede dar a los participantes.

## **CAPÍTULO IV.- Resultados**

En este capítulo se encontrará el registro de la metodología existente, se usarán herramientas de la ingeniería de métodos como; diagramas de flujo de procesos, estudios de tiempos, layout, etc. Abarcando de lo general a lo particular para contar con la suficiente información que permita realizar un análisis crítico y sistemático de la metodología existente, reconociendo que la eficacia de la información recopilada es fundamental, porque es la base para el desarrollo de las mejoras del método.

### **4.1 Línea de ensamble de licuadoras.**

Iniciando con un diagrama de flujo de proceso, que va desde el almacén de materia prima hasta el almacén de producto terminado, representando gráficamente el proceso e identificando todas las acciones. El almacén está dividido en tres secciones, uno es el del material que se surten a las líneas de ensamble:

1. Motores de licuadoras
2. Aspas
3. Juntas para licuadoras
4. Selector de velocidades
5. Tabletillas electrónicas
6. Botón interruptor
7. Capuchones para proteger las terminales de conexión
8. Cables de alimentación
9. Puente motor
10. Tornillos
11. Tuercas
12. Pijas
13. Cajas de catón
14. Cartón para divisiones
15. Película plástica para emplayar

Y materiales que se distribuyen a las inyectoras:

1. Granulos de propileno
2. Pigmentos
3. Regenerador blanco
4. Poliestireno cristal
5. Resinas

La tercera sección del almacén es para el producto terminado.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS**



RESUMEN		PRESENTE		PROPUESTA		DIF.		TAREA: Ensamble de licuadora de 6 velocidades														
No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO																	
<input type="radio"/>	OPERACIONES	4				HOMBRE <input type="checkbox"/> MATERIAL <input checked="" type="checkbox"/>																
<input type="checkbox"/>	TRANSPORTE	5				EL DIAGRAMA COMIENZA : Almacén de materia prima																
<input type="checkbox"/>	INSPECCION	1				EL DIAGRAMA TERMINA: Almacén de producto terminado																
<input type="checkbox"/>	DEMORAS																					
<input type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO	3																				
DISTANCIA REC.						GRAFICADO POR: Erika Isabel Rojas Tinoco				FECHA: 16.01.2019												
Tiempo total del trabajo =																						
DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)		OPERACIONES	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORA	ALMACEN.	DIST. EN PIES	CANTIDAD	TIEMPO (seg)	ANÁLISIS				NOTAS	PROPUESTA							
										CUAL	DONDE	CUANDO	QUIEN	COMO		ELIMINAR	COMBINAR	SECUENCIA	LUGAR	PERSONA	MEJORA	
1	Material en almacén (motores de licuadoras, selector de velocidades, placas de identificación, aspas, juntas, puente motor, terminales, tableta electrónica, tornillos, tuercas, capuchones, pija, gomas, cable de alimentación, botón interruptor, bolsas de plástico, cajas de cartón para empaque, cartón para divisiones de empaque, película plástica para emplayar, en almacén.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		100							cada 100							
2	Materia prima para la inyección de plástico: granulos de propileno, pigmentos, regenerador blanco, poliestireno cristal, resina, en almacén.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Bulto														
3	Trasladar material a las 14 inyectoras, conforme a programa del turno.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																
4	Trasladar materiales a puestos de ensamble de la línea de licuadoras, según programa del turno.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																
5	Inyección de piezas de plástico, carcasa de licuadora, base de la licuadora, vaso, porta vaso, mirilla de tapa de vaso, tapa de vaso.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																
6	Traslado de piezas plásticas de las inyectoras a los puestos de la línea de armado	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																
7	Puesto 1 de la línea de ensamble de licuadora: Unión de cables de motor con cable de alimentación y pegado de etiqueta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	22									X					X
	Puesto 2: Suelddado de cables de motor con cables del selector de velocidades	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	38									X	X				X
	Puesto 3: Preparación de la base de licuadora con placa y clips	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	29									X	X				X
	Puesto 4: Ensamble de motor en base de licuadora, colocar con 3 tornillos. Y montaje de selector de velocidades.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	23										X				
	Puesto 5: Ensamblar tapa de base con 4 tornillos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	27														X
	Puesto 6: Prueba de funcionamiento de licuadora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	22										X				X
	Puesto 7: Armado de vaso de licuadora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	32										X				
	Puesto 8: Empacar en bolsas y caja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	32											X			X
8	Armado del lote en tarima	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	120	98														X
9	Trasladar a puesto de inspección	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		230														X
10	Inspección completa de la licuadora, por muestreo cada 50 licuadoras	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	300														X
11	Trasladar a almacén para emplayar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	12									X	X	X			
12	Emplayar (con película plástica)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	350														
13	Almacenar lote en almacén de producto terminado.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	50														

Diagrama 1: Diagrama de Flujo de proceso del ensamble de la licuadora de 6 velocidades.

Se presentan algunas imágenes de la nave para ofrecer una idea más clara de la empresa.



Imagen 15: almacén de materia prima y producto terminado.

Se detectan áreas de oportunidad para obtener un mejor control de los materiales y del producto. Tema que no será incluido en este trabajo de tesis.



Imagen 16: vista área de la línea de ensamble de licuadoras, ventiladores y secador de uñas, es lo que ensamblan en la planta ubicada en Puebla, en otro países se fabrican: cafeteras, planchas, secadoras de cabello, hornos electricos, hornos de micro hondas, etc.



Imagen 17: Líneas de ensamble de secador de uñas, licuadoras y ventiladores.

Se puede observar que trabajan en línea, usan por ambos lados las mesas, las mesas son de diferentes alturas y anchos, son tres mesas pegadas. También usan las cabezeras de las mesas para trabajar. Las operarias tienen un espacio reducido para trabajar y están muy cerca una de otra. Los operarios usan bata azul para proteger su ropa y para identificarse, de el personal operativo, de los facilitadores, coordinadores, logísticos y calidad.

El material que se alimenta a la línea se realiza 3 veces en el turno, lo que provoca tener mucho material en los puestos de trabajo. No todos los contenedores tienen etiqueta de identificación del material que va en cada uno.

Usan la herramienta de la manufactura esbelta “Andon”, para dar aviso de falla en su operación o faltante de materiales o de herramientas, el facilitador de cada línea reacciona a este aviso, dando solución al problema.

### **Layout de la empresa.**

El recibo de materiales es en la misma zona, se distinguen las rampas, una es para el material que se recibe (materia prima y piezas fabricadas por otros proveedores) y la rampa para cargar el producto terminado, listo para surtir a los centros de distribución. Las oficinas de calidad se localizan en la planta baja, la zona de inspección de material se localiza cerca de la primera línea de ensamble.

Son 6 líneas de ensamble, la primera es para las secadoras de uñas, la segunda y tercera es para licuadoras, diferentes modelos. La cuarta y quinta es la de ventiladores, diferentes modelos. Y la sexta y última es la de la licuadora con bascula fitness (el más reciente proyecto de la empresa). Ellos detectaron que ahora los jóvenes se cuidan más y usan licuados especiales, dietas que controlan los pesos de cada alimento que se mezcla, así que esta licuadora tiene bascula integrada, así como un programa que se conecta al programa que pueden descargar en su celular.

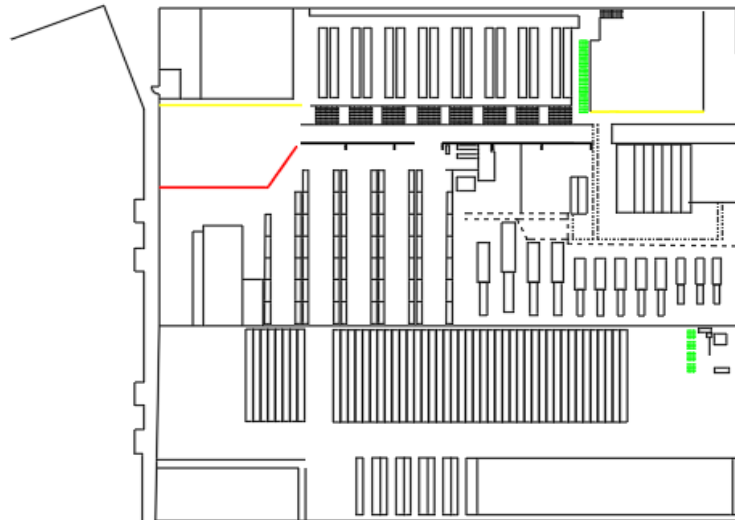


Imagen 18: Lay Out de la planta completo.

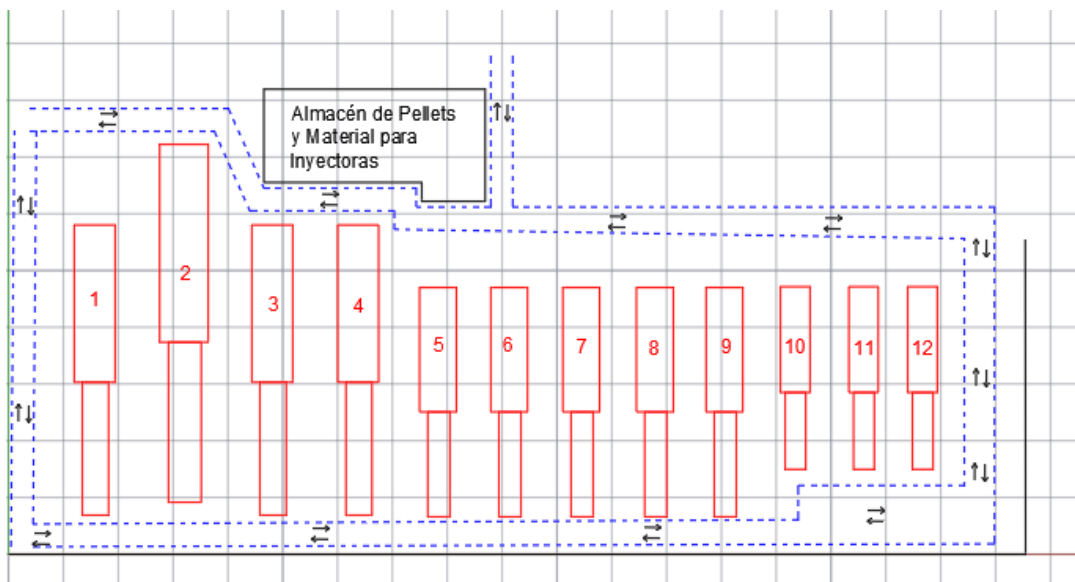


Imagen 19: Lay Out de Inyectoras.

### Área de máquinas inyectoras.

Son doce máquinas inyectoras, en ellas se fabrican, las carcasas y tapa del motor de la licuadora, los vasos de licuadoras, el soporte de aspas, la tapa de la licuadora y la mirilla de la tapa. Las aspas de los ventiladores, soportes y pedestales para ventiladores. Las carcasas del motor de ventiladores, se fabrica el 90% del material de plástico que llevan las licuadoras.

Algunas máquinas son semiautomáticas y otras manuales, tanto para la carga y descarga. Esta área trabaja 3 turnos a diferencia de las líneas de ensamble que trabajan dos turnos. Los residuos de plástico, rebabas o recortes se reciclan para formar la base de ventiladores tipo industrial y en su garantía viene la leyenda de material reciclado (sólo en la base).

La fabricación de los plásticos se realiza con dos días de anticipación, es decir no pertenece mucho tiempo en el subalmacen de plásticos, que se localiza al final de la última línea de ensamble.

Continuando con la descripción de la recopilación de información, para comprobar los tiempos reales de cada operación, se calcularon los tiempos estándar. Usando el estudio con cronómetro, se llenó la hoja de datos del muestreo del ensamble de licuadoras de la línea 2, del primer turno. Se calificó a cada operario y se asignó un 13% de suplementos, porcentaje ya establecido desde el último acuerdo sindical en 2014.

Para llevar a cabo esta tarea, observe durante 2 semanas el proceso antes de realizar el muestreo. Con el objetivo de conocer la secuencia de operaciones y así poder detectar actividades ajenas a la secuencia de operaciones, y eliminarlas del muestreo para no afectar el promedio.

Hoja de datos del muestreo de tiempos con cronómetro, con el que se determinó el tiempo estándar actual, del proceso de ensamble de la línea de licuadoras.

HOJA DE ANÁLISIS DE DATOS DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE LICUADORAS DE 10 VELOCIDADES									
Fecha: 09.01.2019	Unión de cable de alimentación a motor	Suelidar cables del selector de velocidades a motor	Preparación de base licuadora, colocar clip y placa	Ensamblar motor en base de licuadora y atornillar	ELEMENTOS	No. Parte: Licuadora de 10 velocidades			
Estudio No.: 001						Planta: Puebla			
Hoja No. de 1 Hojas-2					Área: Ensamble de licuadora				
					Máquina:				
	1	2	3	4	S	L	T	Elementos extraños	
	T	T	T	T	N				
1	24.20	37.11	24.30	23.30	A				
2	25.50	37.30	24.10	23.00					
3	26.01	36.90	25.30	23.50	B				
4	25.60	37.40	23.80	24.10					
5	24.05	37.50	23.50	24,2	C				
6	26.20	38.10	24.40	23.10					
7	25.11	38.14	25.10	23.00	D				
8	26.30	37.50	23.80	23.50					
9	23.70	37.40	24.60	24.10	E				
10	23.00	37.50	24.00	23.40					
11	25.40	37.10	23.80	22.60	F				
12	25.00	37.60	25.00	23,15					
Sub totales	300.07	449.55	291.70	233.60	Tiempo normal/ pieza				
# Observaciones	12	12	12	12	Subtotal = 99.90			Tolerancias %	
Promedio	<b>25.01</b>	<b>37.46</b>	<b>24.31</b>	<b>19.47</b>	Otros				
Calificación del operario	<b>0.88</b>	<b>0.90</b>	<b>0.85</b>	<b>0.90</b>	Subtotal 1/1	Tiempo permitido/pieza =			
Totales	<b>22.00513333</b>	<b>33.71625</b>	<b>20.66208333</b>	<b>17.52</b>	<b>93.90346667</b>	Tiempo Estándar			

HOJA DE ANÁLISIS DE DATOS DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE LICUADORAS DE 10 VELOCIDADES									
Fecha: 09.01.2019	Ensamblar tapa de base con 4 tornillos	Probar funcionamiento de licuadora	Armado de vaso de licuadora	Empacar licuadora	ELEMENTOS	No. Parte: Licuadora de 10 velocidades Planta: Puebla Área: Ensamble de licuadora Máquina:			
Estudio No.: 001						S	L	T	Elementos extraños
Hoja No. de 2 Hojas-2	5 T	6 T	7 T	8 T		N			
1	26.00	23.00	25.40	21.00		A			
2	27.20	23.40	24.10	22.10					
3	27.40	24.00	25.30	21.70		B			
4	26.30	22.80	23.80	20.50					
5	25.90	23.10	23.50	21.00		C			
6	26.40	23.50	24.40	22.10					
7	27.10	24.00	25.10	21.50		D			
8	26.30	23.10	23.80	21.30					
9	26.00	23.00	24.60	22.30		E			
10	27.00	24.10	24.00	21.40					
11	26.50	23.60	23.80	20.70		F			
12	26.00	23.20	25.00	22.00					
Sub totales	318.10	280.80	292.80	257.60		Tiempo normal/ pieza= 85.12 + 99.90			
# Observaciones	12	12	12	12		185.02	Tolerancias 13 %		
Promedio	26.51	23.40	24.40	21.47		Otros No aplica			
Calificación del operario	0.90	0.90	0.90	0.85	Subtotal 2/2	Tiempo permitido/pieza = Tiempo Estándar 185.02*1.13= 209 segundos			
Totales	23.8575	21.06	21.96	18.2466667	85.12416667				

El tiempo estándar calculado con este estudio con cronometro es de 200 segundos o 3.3 minutos por licuadora.

La línea de ensamble de la licuadora consta de 8 puestos de trabajo, Se describen los 8 puestos de trabajo utilizando diagramas bimanuales. Se determinó usar este diagrama por el detalle que ofrece, muestra que hace la mano derecha y que la izquierda, así como la ubicación de los materiales y el orden que se sigue. Facilitando el análisis al ser tan detallada la descripción.

La operaria coloca 8 motores acomodando con la orientación del cableado hacia arriba, sobre la mesa de trabajo, toma los motores de una caja de cartón de 1.2 m x .70 m x .60 m, para unir el cable de alimentación, y colocar la etiqueta con especificaciones del motor, trabaja por lotes. Usa guantes para evitar rasguños con los cables y motor. Cuando termina empuja con ambas manos hacia el otro puesto que se encuentra a unos .70 m. La inspección es visual y la realiza durante la misma operación. En este puesto se surten los motores, cable de alimentación, la terminal eléctrica para unir las puntas de los cables, las etiquetas y como herramienta la pinza para apretar la terminal.

La dificultad que se le presenta es al sacar los motores de la caja de cartón, porque los cables se entrelazan en la caja de cartón y debe sacarlos con cuidado para no dañarlos. Si esto no se hace se corre el riesgo de presentar fallas en el arranque del motor.

Puesto 1: Unión de cables de alimentación a motor y colocación de etiqueta.

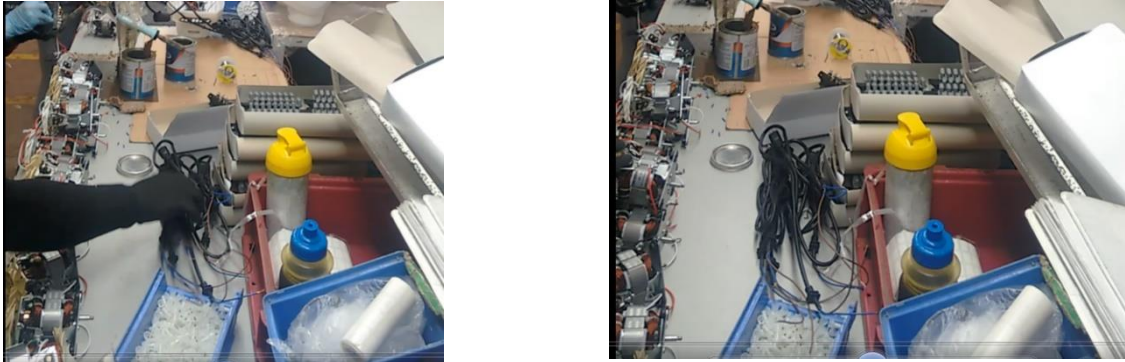


Imagen 20: Puesto 1

El tiempo estándar para este puesto es de 22 segundos. Con 3 operaciones de la mano izquierda y 8 de la mano derecha, un transporte con las dos manos (cuando empuja los motores ya terminados) y 2 sostener por la mano izquierda.

DIAGRAMA BIMANUAL											
RESUMEN							OPERACIÓN:				
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		UNIÓN DE CABLE DE ALIMENTACIÓN A MOTOR				
	MI	MD	MI	MD	MI	MD	INICIO DEL PROCESO:				
○ Operaciones	3	8					Puesto de trabajo 1				
⇨ Transportes	1	1					Cerca del puesto 2				
D Demoras	0	0					REALIZADO POR:				
▲ Sostener	2	0					Erika Isabel Rojas Tinoco				
Tiempo Total: 22 segundos							FECHA: 21.01.19				
CROQUIS											
No	Mano Izquierda	Símbolos			T	T	Símbolos			Mano Derecha	No
1	Tomar de caja 8 motores y colocar en mesa	○	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	1
2		●	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	2
3	Preparar unión de cables (de alimentación y motor)	●	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	3
4	Sostener cables	○	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	4
5		○	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	5
6	Preparar motores para colocar etiqueta	●	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	6
7		○	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	8
8	Sostener motor	○	⇨	□	▲		●	⇨	□	▲	10
9	Mover hacia puesto 2 (empuja)	○	⇨	□	▲		○	⇨	□	▲	11

Imagen 21: Diagrama bimanual del Puesto 1

Puesto 2: Unión de cables de motor a selector de velocidades con soldadura



Imagen 22: Puesto 2

El tiempo estándar de este puesto es de 38 segundos, usa la mano izquierda para sostener el selector de velocidades.

DIAGRAMA BIMANUAL													
RESUMEN							OPERACIÓN:						
							Soldado de cables a selector de velocidades						
							INICIO DEL PROCESO:						
							Puesto de trabajo 2						
							TERMINA EL PROCESO:						
							En puesto 3						
							REALIZADO POR:						
							Erika Isabel Rojas Tinoco						
Tiempo Total: 38 segundos							FECHA: 21.01.19						
CROQUIS													
No	Mano Izquierda	Símbolos			T	T	Símbolos			Mano Derecha	No		
1		○	⇒	▷	△			●	⇒	▷	△	Tomar selector de velocidades	1
2	Preparar selector de velocidades	●	⇒	▷	△			●	⇒	▷	△	Preparar selector de velocidades	2
3	Sostener selector de velocidades	○	⇒	▷	▲			●	⇒	▷	△	Tomar motor y dejar en mesa	3
4	Sostener selector de velocidades	○	⇒	▷	▲			●	⇒	▷	△	Insertar cables en cavidades de selector de velocidades	4
5	Sostener selector de velocidades	○	⇒	▷	▲			●	⇒	▷	△	Soldar cables en selector, usar pasta, soldadura y cautín	5
6	Passar a siguiente puesto	○	⇒	▷	△			○	⇒	▷	△	Passar a siguiente puesto	6

Imagen 23: Diagrama bimanual puesto 2

Puesto 3: Preparación de la base con placa y clips



Imagen 25: Puesto 3

El tiempo estándar de este puesto es de 29 segundos.

DIAGRAMA BIMANUAL													
RESUMEN							OPERACIÓN:						
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		INICIO DEL PROCESO:						
	MI	MD	MI	MD	MI	MD	Puesto de trabajo 3						
○ Operaciones	1	7					TERMINA EL PROCESO:						
⇒ Transportes	0	0					En puesto 4						
D Demoras	0	0					REALIZADO POR:						
△ Sostener	5	0					Erika Isabel Rojas Tinoco						
Tiempo Total: 29 segundos							FECHA: 21.01.19						
CROQUIS													
No	Mano Izquierda	Símbolos			T	T	Símbolos			Mano Derecha	No		
1	Toma base de licuadora y coloca en mesa	●	⇒	D	△			●	⇒	D	△	Tomar placa de vista y coloca en base	1
2	Sostiene base de licuadora	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Toma pegamento y fija placa	2
3	Sostiene base de licuadora	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Toma martillo de goma y fija placa	3
4	Sostiene base de licuadora	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Toma clips y coloca en posición	4
5	Sostiene base de licuadora	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Toma 3 tornillos y fija clips	5
6	Sostener base de licuadora	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Toma atornillador y asegura tornillos	6
7		○	⇒	D	△			●	⇒	D	△	Colocar enfrente de puesto 4	7

Imagen 26: Diagrama bimanual puesto 3

Puesto 4: Ensamble de motor, selector y cable a base de licuadora, fijando con 3 tornillos.



Imagen 27: Puesto 4

El tiempo estándar de este puesto es de 23 segundos.

DIAGRAMA BIMANUAL													
RESUMEN							OPERACIÓN:						
Símbolo	Operación	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		INICIO DEL PROCESO:					
		MI	MD	MI	MD	MI	MD	Puesto de trabajo 4					
○	Operaciones	3	8					TERMINA EL PROCESO:					
⇒	Transportes	1	0					En puesto 5					
D	Demoras	0	0					REALIZADO POR:					
△	Sostener	4	0					Erika Isabel Rojas Tinoco					
Tiempo Total: 23 segundos							FECHA: 21.01.19						
CROQUIS													
No	Mano Izquierda	Símbolos			T	T	Símbolos			Mano Derecha	No		
1		○	⇒	D	△			●	⇒	D	△	Tomar base de licuadora y pasa a la otra mano	1
2	Toma base de licuadora y coloca en mesa	●	⇒	D	△			○	⇒	D	△		2
3	Sostiene motor	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Tomar motor y deja en mesa	3
4	Preparar cable para unir	●	⇒	D	△			●	⇒	D	△	Preparar cable para unir	4
5	Sostener unión de cables	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Colocar terminal eléctrica y aplica presión con pinza crimpadora	5
6	Sostener base de licuadora	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Ensamblar motor, selector y cable de alimentación en base motor	6
7	Tomar 3 tornillos cortos	●	⇒	D	△			●	⇒	D	△	Tomar atornillador automático (colgado)	7
8	Sostener tornillos	○	⇒	D	▲			●	⇒	D	△	Tomar tornillo con atornillador de la otra mano y colocar en barreno, para fijar motor a base (3 veces)	8
9	Pasar a siguiente puesto base con motor	○	⇒	D	△			●	⇒	D	△	Soltar desatornillador	9

Imagen 28: Diagrama bimanual Puesto 4

Puesto 5: Ensamble de tapa de base, colocando 4 tornillos y etiqueta informativa.



Imagen 29: Puesto 5

El tiempo estándar de este puesto es de 27 segundos.

DIAGRAMA BIMANUAL									
RESUMEN						OPERACIÓN:			
Símbolo	Operación	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		INICIO DEL PROCESO:	
		MI	MD	MI	MD	MI	MD	Puesto de trabajo 5	
○	Operaciones	4	8					TERMINA EL PROCESO:	
⇒	Transportes	1	1					En puesto 6	
D	Demoras	0	0					REALIZADO POR:	
△	Sostener	2	0					Erika Isabel Rojas Tinoco	
Tiempo Total: 27 segundos						FECHA: 21.01.19			
CROQUIS									
No	Mano Izquierda	Símbolos	T	T	Símbolos	Mano Derecha	No		
1		○ ⇒ D △			● ⇒ D △	Tomar base con motor y colocar en mesa	1		
2	Ordenar cables en base de licuadora	● ⇒ D △			● ⇒ D △	Ordenar cables en base de licuadora	2		
3	Tomar tapa de base de licuadora	● ⇒ D △			○ ⇒ D △		3		
4	Colocar tapa en base de licuadora	● ⇒ D △			● ⇒ D △	Colocar tapa en base de licuadora	4		
5	Tomar 2 tornillos largos y coloca en barrenos e tapa	● ⇒ D △			● ⇒ D △	Tomar 2 tornillos largos y coloca en barrenos e tapa	5		
6	Sostener tapa/base de licuadora	○ ⇒ D ▲			● ⇒ D △	Tomar atornillador y asegura tornillos	6		
7		○ ⇒ D △			● ⇒ D △	Soltar atornillador	7		
8	Sostener tira de etiquetas	○ ⇒ D ▲			● ⇒ D △	Tomar etiqueta informativa	8		
9		○ ⇒ D △			● ⇒ D △	Colocar etiqueta en tapa de base de licuadora	9		
10	Pasar base de licuadora a puesto 6	○ ⇒ D △			○ ⇒ D △	Pasar base de licuadora a puesto 6	10		

Imagen 30: Diagrama bimanual Puesto 5

Puesto 6. Prueba de funcionamiento de la licuadora



Imagen 31: Puesto 6

El tiempo estándar de este puesto es de 22 segundos

DIAGRAMA BIMANUAL										
RESUMEN						OPERACIÓN:				
						Prueba de funcionamiento				
						INICIO DEL PROCESO:				
						Puesto de trabajo 6				
						TERMINA EL PROCESO:				
						En puesto 7				
						REALIZADO POR:				
						Erika Isabel Rojas Tinoco				
						FECHA: 22.01.19				
Tiempo Total: 22 segundos										
CROQUIS										
No	Mano Izquierda	Símbolos		T	T	Símbolos		Mano Derecha	No	
1	Tomar base con motor y colocar en mesa	○	⇒	D	△	●	⇒	D	△	1
2	Sostener base de licuadora	●	⇒	D	△	●	⇒	D	△	2
3		●	⇒	D	△	○	⇒	D	△	3
4	Sostener base de licuadora	●	⇒	D	△	●	⇒	D	△	4
5	Tomar vaso de licuadora con agua y colocar en base	●	⇒	D	△	●	⇒	D	△	5
6		○	⇒	D	▲	●	⇒	D	△	6
7	Probar teclas de velocidades y apagar	○	⇒	D	△	●	⇒	D	△	7
8	Desmontar vaso y dejar en bascula	○	⇒	D	▲	●	⇒	D	△	8
9	Tomar bolsa plastica y embolsar	○	⇒	D	△	●	⇒	D	△	9
10	Pasar base de licuadora a puesto 7	○	⇒	D	△	○	⇒	D	△	10

Imagen 32: Diagrama bimanual Puesto 6

Puesto 7. Armado del vaso de la licuadora



Imagen 33: Puesto 7

El tiempo estándar de este puesto es de 32 segundos.

DIAGRAMA BIMANUAL																									
RESUMEN						OPERACIÓN:																			
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		Armado de vaso de licuadora																		
	MI	MD	MI	MD	MI	MD	INICIO DEL PROCESO: Puesto de trabajo 7																		
○ Operaciones	4	8					TERMINA EL PROCESO:																		
⇒ Transportes	1	1					En puesto 8																		
⊖ Demoras	0	0					REALIZADO POR:																		
△ Sostener	2	0					Erika Isabel Rojas Tinoco																		
Tiempo Total: 32 segundos						FECHA: 22.01.19																			
CROQUIS																									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 45%;">1 Vaso</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 Porta vaso</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3 Cuchillas</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 Junta</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>5 Tapa de vaso</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6 Mirilla de tapa</td> <td></td> </tr> </table>									1 Vaso			2 Porta vaso			3 Cuchillas			4 Junta			5 Tapa de vaso			6 Mirilla de tapa	
	1 Vaso																								
	2 Porta vaso																								
	3 Cuchillas																								
	4 Junta																								
	5 Tapa de vaso																								
	6 Mirilla de tapa																								
No	Mano Izquierda	Símbolos	T	T	Símbolos	Mano Derecha	No																		
1	Tomar porta vaso y colocar en mesa	● ⇒ ⊖ △			● ⇒ ⊖ △	Tomar cuchilla y colocar en porta vaso	1																		
2	Sostener porta vaso	○ ⇒ ⊖ ▲			● ⇒ ⊖ △	Tomar junta y colocar sobre cuchillas	2																		
3	Tomar vaso y colocar en porta vaso	● ⇒ ⊖ △			● ⇒ ⊖ △	Tomar vaso y colocar en porta vaso	3																		
4	Enroscar vaso en porta vaso	● ⇒ ⊖ △			● ⇒ ⊖ △	Enroscar vaso en porta vaso	4																		
5	Tomar tapa de vaso	● ⇒ ⊖ △			● ⇒ ⊖ △	Tomar mirilla de tapa de vaso	5																		
6	Sostener tapa de vaso	○ ⇒ ⊖ ▲			● ⇒ ⊖ △	Colocar mirilla en tapa vaso	6																		
7	Colocar en vaso	● ⇒ ⊖ △			○ ⇒ ⊖ △		7																		
8	Pasar a puesto de empaque	○ ⇒ ⊖ △			○ ⇒ ⊖ △	Pasar a puesto de empaque	8																		
9	Apoyo al puesto 8	● ⇒ ⊖ △			● ⇒ ⊖ △	Apoyo al puesto 8	9																		

Imagen 34: Diagrama bimanual Puesto de trabajo 7

Puesto de trabajo 8: Empaque de licuadora

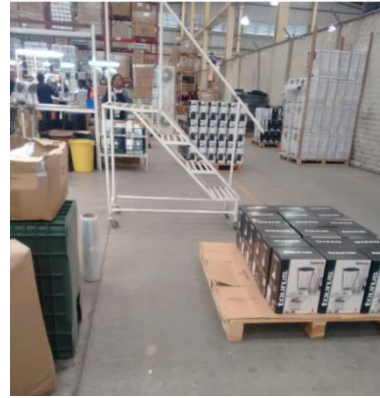


Imagen 35: Puesto de trabajo 8

El tiempo estándar de este puesto es de 32 segundos

DIAGRAMA BIMANUAL									
RESUMEN						OPERACIÓN: Empaque de licuadora			
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		INICIO DEL PROCESO: Puesto de trabajo 8		
	MI	MD	MI	MD	MI	MD	TERMINA EL PROCESO: En tarima		
○ Operaciones	8	9					REALIZADO POR:		
⇒ Transportes	1	1					Erika Isabel Rojas Tinoco		
D Demoras	0	0					FECHA:		
△ Sostener	1	0					23.01.19		
Tiempo Total: 32 segundos									
CROQUIS									
No	Mano Izquierda	Símbolos		T	T	Símbolos		Mano Derecha	No
1	Tomar vaso	●	⇒	D	△			Tomar paño y limpiar vaso por dentro	1
2	Dejar en mesa	●	⇒	D	△			Tomar cartón para vaso	2
3	Preformar cartón	●	⇒	D	△			Preformar cartón	3
4	Colocar vaso en cartón y dejar en mesa (preparar 8)	●	⇒	D	△			Colocar vaso en cartón y dejar en mesa (preparar 8)	4
5	Tomar caja desarmada y armar	●	⇒	D	△			Tomar caja desarmada y armar	5
6	Tomar base de licuadora y empacar	●	⇒	D	△			Tomar base de licuadora y empacar	6
7	Tomar Vaso y empacar	●	⇒	D	△			Tomar Vaso y empacar	7
8	Sostener caja	○	⇒	D	▲			Tomar y colocar instructivos	8
9	Cerrar caja con cinta	●	⇒	D	△			Cerrar caja con cinta	9
10	Trasladar a tarima	○	⇒	D	△			Trasladar a tarima	10

Imagen 36: Diagrama bimanual Puesto de trabajo 8.

Se presentan otras vistas de las líneas de ensamble de la licuadora, para tener una idea más clara de toda la línea.



El puesto de trabajo 2 es el que jala la línea, su tiempo estándar es de 38 segundos. Calculando la eficiencia es de:

$$E = TE/TC * NO \quad E = 225/38*8 = .7401 \quad \text{Eficiencia} = 74.01\%$$

E = Eficiencia    TE = Tiempo estándar    TC= Tiempo de ciclo    NO= Número de operarios

Se presenta el balanceo actual de la línea de ensamble con la información de la recopilación de información y tiempos de cada puesto de trabajo.

<b>TABLA DE BALANCEO DE LA LÍNEA DE ARMADO DE LA LICUADORA ACTUAL</b>					
<b>Estación</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo en segundos</b>	<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>Tiempo ocioso</b>	<b>Tiempo ocioso por línea</b>
1	Unión de cable de alimentación a mortor	22	38	16	16
2	Unión de cables de motor a selector de velocidades con soldadura	38	38	0	16
3	Preparación de la base con placa y clips.	29	38	9	25
4	Ensamble de motor, selector y cable a base de licuadora, fijando con 3 tornillos.	23	38	15	40
5	Ensamble de tapa de base, colocando 4 tornillos y etiqueta informativa.	27	38	11	51
6	Prueba de funcionamiento de la licuadora	22	38	16	67
7	Armado del vaso de la licuadora	32	38	6	73
8	Empaque de licuadora	32	38	6	<b>79</b>
<b>TOTAL</b>		<b>225</b>			

Porcentaje de tiempo ocioso es:

Porcentaje de Tiempo Ocioso =  $\text{Tiempo ocioso de la línea} / \text{TC} * \text{NO}$

Donde TC = tiempo de ciclo

NO = número de operarios

Sustituyendo los datos:

Porcentaje de Tiempo Ocioso =  $79 / 38 * 8 = .2598$  en porcentaje 25.98%

El cálculo se basó en el tiempo que jala la línea que es el de 38 segundos.

Resumiendo: la línea de licuadoras tiene un ritmo de 38 segundos por licuadora y un porcentaje de eficiencia del 74.01 % y de tiempo ocioso del 25.98%. Línea conformada por 8 puestos con 8 operarias. Un facilitador que atiende dos líneas y un coordinador que atiende 3 líneas.

## 4.2 Línea de ensamble de ventiladores

A esta línea se le hicieron recientemente ajustes en la secuencia de trabajo y se solicitó para este trabajo de tesis identificar las mejoras a cada puesto.

Se presenta la tabla de balanceo actual de la línea.

TABLA DE BALANCEO DE LA LÍNEA DE ARMADO DE VENTILADORES ACTUAL					
Estación	Actividad	Tiempo en segundos	Tiempo de ciclo	Tiempo ocioso	Tiempo ocioso por línea
1	Armado del motor	26	29	3	2
2	Armado del base brazo con selector de velocidades y motor	29	29	0	2
3	Cerrar brazo atornillando	27	29	2	4
4	Colocar botones de giro y embolsar motor	24	29	5	9
5	Armado de aspas y base a ventilador	25	29	4	13
6	Prueba de ventilador	25	29	4	17
7	Empaque de ventilador, se agregan tubos e instructivos	24	29	5	22
TOTAL		180			

Tabla 11: Balanceo de la línea de armado de ventiladores

La Eficiencia de la línea es del 88%

$$E = 180 / (29 \times 7) = 180 / 203 = 88.6\%$$

Se considera una línea balanceada. Por esta razón se solicitó enfocar a mejorar ergonomía y velocidad de las operaciones.

Vista general de la línea:

Podemos observar que los materiales grandes como aspas y rejillas, por el espacio que ocupan lo tienen incluso en el piso, apiladas en un dispositivo. Usan las cajas de cartón como contenedor del material, todas las piezas plásticas son inyectadas en la propia fábrica. Las cajas son colocadas sobre bancos o mesas pequeñas, diseñadas para ese uso. En algunos puestos se arman por lotes, similar a la línea de licuadoras.

Materiales pequeños como tornillos, tuercas, grapas, las colocan en contenedores pico de pato. Los cables, selectores de velocidad los colocan en charolas o sobre la mesa.



Imagen 37: Vista general de la línea de ensamble de ventiladores

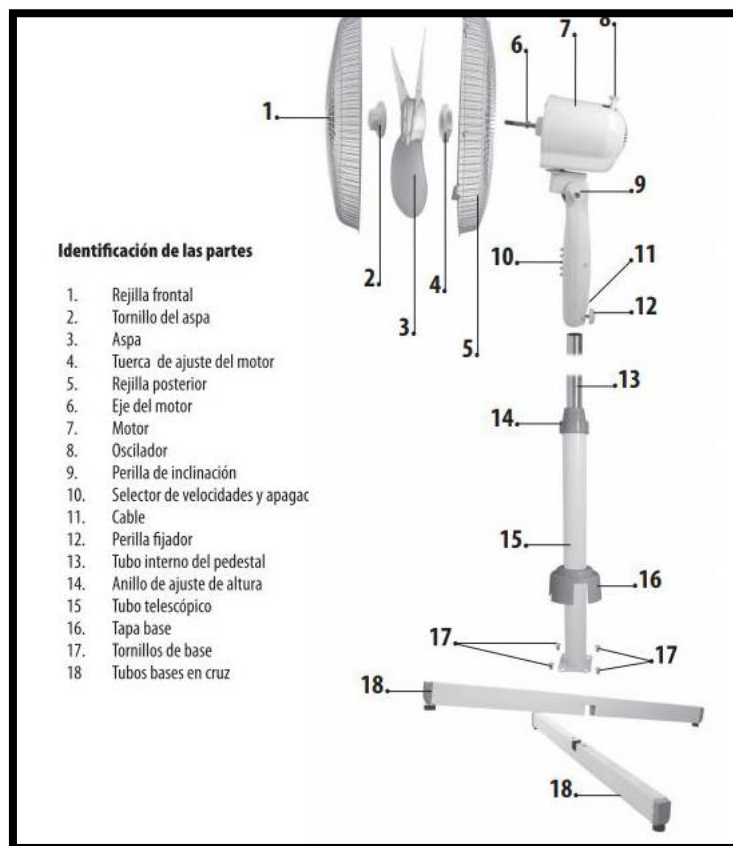


Imagen 38: Componentes de un ventilador



Imagen 39: Armado de ventiladores

Puesto 2: Ensamble de motor, selector de velocidades y cable de alimentación, unido con soldadura. Y colocación del selector de velocidades en la base de brazo, esta actividad la realiza una segunda operaria.

La operaria toma el motor con su carcasa y une al selector de velocidades, soldando los cables del motor, un cable suelto rojo (corriente) y los cables de alimentación, usa pasta de soldar y con el cautín que tiene en posición fija, aplica la soldadura para unir. Esta tarea se realiza con un TE (tiempo estándar) de 29 segundos.

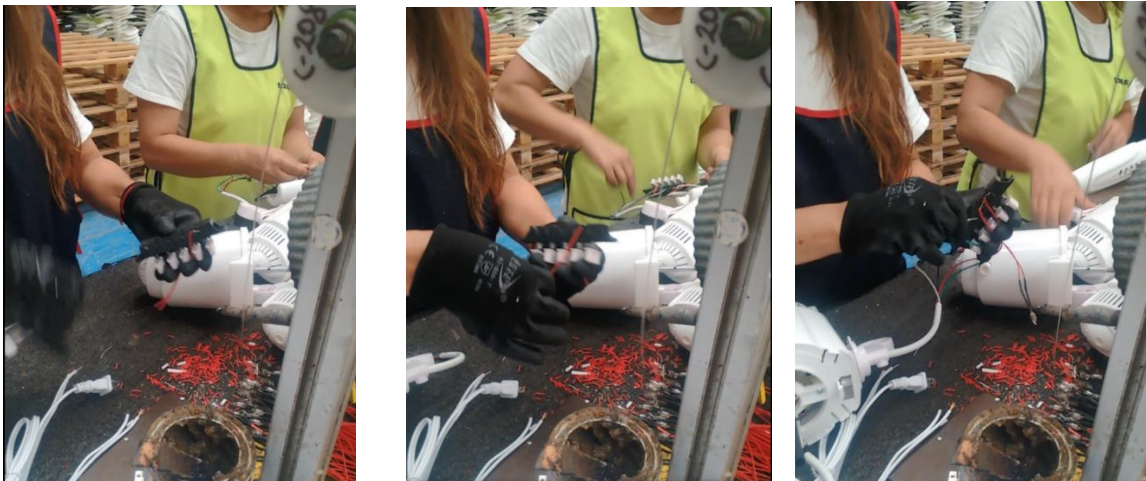


Imagen 40: Armado de ventiladores

La segunda operaria coloca el selector de velocidades fijándola a la base del brazo con tornillos y une los cables que aún están sueltos, asegurando con una terminal eléctrica, de plástico, se enroscada.



Imagen 41: Armado de ventiladores

Puesto 4: Armado de motor a carcasa.

En este puesto de trabajo se ensambla la tapa del brazo, fijando con tornillos, usa desatornillador eléctrico. Sostiene el brazo con mano izquierda y coloca los tornillos con la derecha. El puesto tiene un contenedor de tornillos, la operaria toma un montón de tornillo y los coloca más cerca.



Imagen 42: Empaque de ventiladores

Puesto 5: Empaque del ventilador.

La operaria toma la caja desarmada y la arma para colocar el ventilador, primero toma las rejillas y envuelve en plástico, para evitar se raspe con los demás elementos, prepara los tubos y los introduce en la caja, así como el motor con las aspas., el pedestal y los instructivos. Finalmente sella la caja con adhesivo transparente ancho. Usa un despachador de adhesivo. Los va apilando hasta que el operario encargado de trasladar el material a la zona de inspección, para saber si el lote va al almacén o requiere algún retrabajo.

Gira el cuerpo varias veces ya que el material lo tiene en la mesa y las cajas desarmadas recargadas en la mesa a nivel piso, se va apoyando sobre las cajas de producto ya empaclado.

Se ha concluido con el registro de la información de la situación actual, se tienen detalles interesantes que nos proporciona la herramienta del diagrama bimanual, por el detalle de saber que hace la mano derecha y que la izquierda.

Los estudios para definir el tiempo estandar y la presentación de la tabla del balanceo actual complementan la presentación del proceso. Antes de realizar este calculo se observo durante varios días la secuencia de trabajo, para poder detectar operaciones innecesarias y descartarlas. Se platico con el personal cual era el objetivo del estudio y se explico el método que se seguiría.

Los coordinadores pidieron no invadir el área de trabajo, para evitar retrasos en las tareas o molestar a las operarias, se respeto esta petición. Y se logro un buen trabajo, en el registro de la información.

El detalle de las fotografías facilita la descripción de la tarea de cada operaria, la participación de cada una fue positiva, una actitud de colaboración ayudo al adecuado registro de la información.

Apoyados con vistas generales de la zona de ensamble y en general de la empresa, nos ayuda a tener un panorama más completo, y comprender mejor el proceso actual.

En el siguiente capitulo encontraremos los pasos de examinar, idear y definir las mejoras, presentando la propuesta de mejora para la línea de ensamble de licuadoras e ideas de mejora ergonomica para algunos puestos de la línea de ventiladores.

## Conclusiones

Después del trabajo desarrollado se llega a la conclusión de que la metodología comparada con la forma de fabricación en la empresa ensambladora de licuadoras y ventiladores, tiene correspondencia en sus objetivos por la mejora continua, presentan avances en este rubro. Pero no en la correcta aplicación de algunas herramientas de manufactura esbelta, principalmente en el tema de ergonomía, en la aplicación de 5S, Kanban, Andon y una línea balanceada.

Se usaron los pasos posteriores a la selección y registro de la ingeniería de métodos: Examinar e Idear, para llegar a las propuestas de mejora de cada puesto de trabajo.

Usando las preguntas preliminares, se pone en tela de juicio, el propósito, el lugar, sucesión, persona y medios de ejecución, justificando cada respuesta. La segunda fase de preguntas de fondo, detallan las preguntas preliminares, para determinar si es factible remplazar por otro lugar, optimizar la sucesión y la utilización de medios.

La técnica de ingeniería de métodos es completa, te va llevando paso a paso a analizar todos los factores que se deben considerar. Es como usar una lupa, te acerca al detalle, de lo general a lo particular. Durante este proceso comprobé lo importante que es una lluvia de ideas, de escuchar a expertos y al mismo personal, a quien hace la tarea diariamente.

La tabla de balanceo refleja una línea con una eficiencia del 74%, una línea con potencial de mejora, con la información recabada se plantean para cada puesto las mejoras usando las premisas de la menor inversión y en el menor tiempo posible la implementación. Presento en la siguiente tabla las propuestas generales para la línea y después se da el detalle de las mejoras propuestas para cada puesto.

Propuestas Generales	Beneficio	Observaciones
Capacitación del personal en 5S y mejora continua.	Que el trabajador participe en el cambio, porque conoce de que trata y como puede ayudar.	Se sugiere una capacitación constante y usar el buzón de ideas, premiando a las mejores.
Balancear la línea de ensamble	Una eficiencia mayor, ser competitivo.	La empresa está creciendo y puede hacerlo con mas beneficios.
Implementar 5 S en toda la línea.	Mejora en el proceso, disminuye tiempos en la secuencia de trabajo, mejorar el ambiente laboral, un mejor lugar para trabajar.	Es importante mantener y generar la cultura de mejora continua en todo el personal.

Implementar Kanban para el surtido de algunas piezas	Un mejor control de los materiales y disminución de pérdidas por material dañado u obsoleto.	Se recomienda hacerlo por etapas, iniciar con la piezas de mayor tamaño.
Ajustar la altura de las mesas de trabajo de la línea.	Mejorar la ergonomía del puesto, disminución de la fatiga del operario.	Como primera etapa, con una inversión mínima calzar las mesas, como una segunda etapa, cambiar las mesa por unas con ajuste de altura.
Rediseño de puestos de trabajo.	Facilitar la secuencia de operaciones y la ergonomía.	Como primera etapa fabricar soportes y bases de charolas para los materiales, con distancia al alcance y de frente.
Uso de tapete anti fatiga en toda la línea de ensamble.	Los operarios presentaran menos fatiga y se cuidará su salud postural.	Diseñar en la segunda etapa las operaciones para estar de pie y sentado (intercalado)
Mejorar la ubicación y tamaño de las ayudas visuales.	Facilitar la consulta, quedando a una altura cómoda y con letra de buen tamaño.	Mantener actualizada la información.
Mejorar el uso de la herramienta ANDON.	Reaccionar con mayor agilidad a la necesidad de los operarios.	Se use en todas las líneas de la nave.

Tabla 12: Tabla de conclusiones

## 5S

En cada puesto se marcaron los materiales innecesarios, deben ser reubicados los que pertenecen a otro puesto y los innecesarios eliminarlos, los personales, como botellas de agua, se les asigna un lugar específico, otros deben dejarlos en sus lockers.

Para eliminar cajas en pasillos, se trabaja en conjunto con el tema de kanban y manejo de materiales almacenables. Se surtirán más veces al día, pero los pasillos y áreas permanecerán limpias y en orden, facilitando el flujo y evitando accidentes.

Se ha sugerido la capacitación del personal en este tema, para lograr el apoyo de todos y su mantenimiento.

## Ergonomía

Se propone el ajuste de la altura de las mesas que conforman la línea de producción, se nota en muchas posturas que asumen las operarias, que la mesa queda baja. Una altura de 111 cm sería la adecuada.

Usan muchos materiales ubicados a los costados de los operarios, tanto del lado derecho, como izquierdo, con esto se generan movimientos girando el tronco del operario e incluso agachándose en muchos casos.

Acercar los materiales colocándolos en cajas o charolas sobre bases o dispositivos con una inclinación, que queden al frente del operario y al alcance, a una altura que evite extender el brazo completamente. Que a la vez facilite el surtido del material.

Colocar tapete anti fatiga en toda la línea de ensamble de la licuadora, ayudará a disminuir la fatiga de los operarios, disminuirá posturas anti ergonómicas en los operarios.

Se reducirán tiempos al alcanzar, mover y al evitar giros de tronco constantes.

En el siguiente apartado se presentan las ideas para cada puesto y al final la tabla de balanceo propuesta, con el cálculo de los nuevos tiempos, calculados con el sistema de tiempos predeterminados MTM medición de tiempo de los métodos (Methods Time Measurement). Los dispositivos y puestos de trabajo propuestos son bosquejos, que presentan la idea, no son los definitivos, porque dependerá del proveedor con el que la empresa decida trabajar, las distancias y posiciones si deberán respetarse para lograr el tiempo calculado.



Imagen 43: Mesa de trabajo



Imagen 44: Propuesta de alturas

Fuente: basesysoportes.com

La sugerencia del uso del Kanban es por etapas, la primera que sea para las piezas grandes que surten proveedores, como los motores y selectores de velocidad. Y de las piezas propias que se inyectan, base de licuadora, tapa de la base, el vaso de la licuadora.

## Conclusiones de la línea de ensamble de licuadoras.

Usando los criterios de las herramientas del interrogatorio. Se presenta el estudio para cada puesto de trabajo:

Puesto 1: Ensamble de cable de alimentación a motor de licuadora.

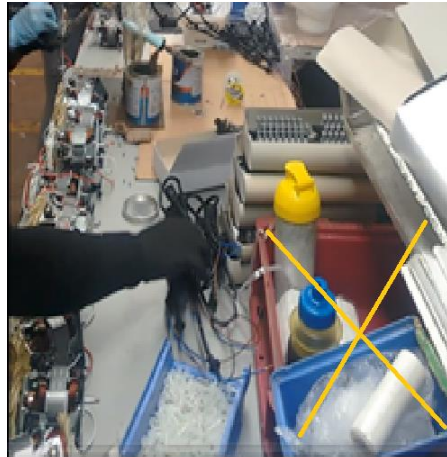


Imagen 45: Ensamble de licuadora

Las preguntas que ayudaron a determinar la mejora en este puesto, son: ¿Por qué lo hace en ese lugar?, ¿Por qué se hace de ese modo?, respondiendo a las preguntas ¿Qué podría hacerse?, ¿Qué debería hacerse?

Del lado derecho tiene una caja muy grande que contiene los motores. La operaria gira el tronco para tomar en total 8 motores y colocarlos sobre la mesa.

Contestando al ¿Qué podría hacerse?, surtir con mayor frecuencia en una charola para que el material quede de frente.

Se ha marcado con una cruz amarilla el material que está de sobra en el puesto de trabajo y que no ocupa, dejando este espacio libre para colocar la caja con los motores, para cambiar la secuencia y ahora tomar simultáneamente dos motores (uno con la derecha y otro con la izquierda), ir preparando sólo de dos en dos y no por lote de 8.

Evitando el cuello de botella, material que queda en espera para ser atendido por el puesto 2.

En la figura se da la idea del tipo de charolas para colocar la caja con los motores y los cables de alimentación, evitando el giro de tronco y facilitando el asir de los materiales.

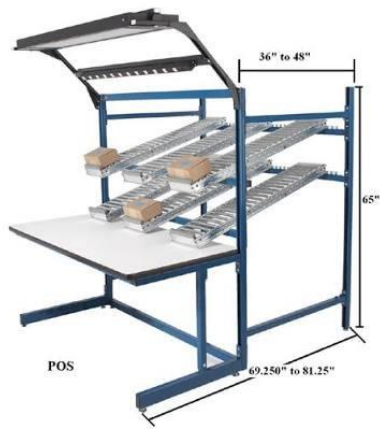


Imagen 46: Prototipos de charolas

La sugerencia del uso de la gravedad para la terminal eléctrica, puede manejarse con un despachador de este tipo. Transparente ayudará a notar cuando se requiere una recarga, aunque esto debe estar bien calculado y quien reparte el material debe saber cuándo debe surtir.

El uso de tapete antifatiga se recomienda para toda la línea, el trabajo está planeado para trabajar de pie, el uso de tapetes que amortiguan el peso, ayuda a evitar malas posturas y el cansancio disminuye. Lo mismo para la cantidad de motores que deben surtirse. Usando el concepto Kanban, caja vacía por caja llena. Evitando de esta manera mucho material en los puestos de trabajo e incluso en los pasillos, o debajo de los puestos de trabajo.



Imagen 47: Tapete antifatiga

La secuencia propuesta para este puesto se detalla con este estudio de micromovimientos.

DIAGRAMA MTM						
PARTE	Línea 1 de ensamble de licuadora	FECHA	18 de julio 2019		NO. PUESTO	1
OPERACIÓN	Unión de cable de alimentación a motor	ANALISTA	Erika Isabel Rojas Tinoco		REF. NO.	1
Descripción—Mano Izquierda	Clav.	TMU	TT	TMU	Clav.	Descripción—Mano Derecha
Alcanzar motor	R40B	15.6	15.6	15.6	R40B	Alcanzar motor
Asir motor	G1A	2.0	2.0	2.0	G1A	Asir motor
Asir de nuevo motor	G2	5.6	5.6	5.6	G2	Asir de nuevo motor
Mover motor	M40B	15.6	18.5	18.5	M40C	Mover motor
Colocar motor en mesa de trabajo	P1SSE	9.1	9.1	9.1	P1SSE	Colocar motor en mesa de trabajo
Soltar	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar
Sostener para evitar se mueva	G1A	2.0	14.2	14.2	R35B	Alcanzar etiqueta (rollo)
Sostener para evitar se mueva	G1A	2.0	9.1	9.1	G4B	Asir etiqueta (rollo)
Sostener para evitar se mueva	G1A	2.0	4.0	2.0	M<2	Despegar etiqueta moviendo (2 veces)
Colocar en motor 2 veces	P2NSE	21.0	42.0	21.0	P2NSE	Colocar en motor (2 veces)
Soltar	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar
Alcanzar cable de alimentación	R40B	15.6	15.6	15.6	R40B	Alcanzar cable de alimentación
Asir cable de alimentación	G1A	2.0	2.0	2.0	G1A	Asir cable de alimentación
Mover cable de alimentación	M40B	15.6	18.5	18.5	M40C	Mover cable de alimentación
Colocar en mesa cable de alimentación	G2	5.6	5.6	5.6	G2	Asir de nuevo cable de alimentación
Soltar cable	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Sostener cable
Unir cable de alimentación con los cables de motor (2 veces)	P2SSE	19.7	39.4	19.7	P2SSE	Unir cable de alimentación con los cables de motor (2 veces)
Soltar	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar
			28.2	14.1	R30C	Alcanzar terminal eléctrica (2 veces)
			4.0	2.0	G1A	Asir terminal eléctrica (2 veces)
			37.0	18.5	M40C	Mover terminal eléctrica (2 veces)
			11.2	5.6	G2	Asir de nuevo terminal eléctrica (2 veces)
Colocar terminal eléctrica en cables unidos (2 veces)	P3SE	19.7	39.4	19.7	P3SE	Colocar terminal eléctrica en cables unidos (2 veces)
Soltar	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar
Sostener	G1A	2.0	14.5	14.5	R35C	Alcanzar pinzas
Sostener	G1A	2.0	2.0	2.0	G1A	Asir pinzas
Sostener	G1A	2.0	16.8	16.8	M35C	Mover pinzas
Sostener	G1A	2.0	39.4	19.7	P2SSE	Colocar pinzas para apretar (2 veces)
Sostener	G1A	2.0	21.2	10.6	APA	Aplicar presión (2 veces)
			15.0	7.5	D2	Separar pinzas de unión (2 veces)
			18.2	9.1	P1SSE	Colocar pinzas en mesa
			4.0	2.0	RL1	Soltar pinzas
Mover motores a siguiente puesto	M40B	15.6	31.2	15.6	M40B	Mover motores al siguiente puesto
Soltar	RL1	2.0	4.0	2.0	RL1	Soltar
			497.3	17.0		
			17.9			
RESUMEN						
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	TIEMPO DEL ELEMENTO					
	TMU	SEG	17.9			
	497.3					

Imagen 48: Diagrama MTM de ensamble de licuadoras

Los cambios importantes radican en hacerlo de dos en dos y no por lotes de ocho piezas, la ventaja de la propuesta es ahorrar el tiempo de acomodo de los motores en la mesa y orientarlos para la colocación de la etiqueta, además de tomar los motores de frente y no girar ya el tronco para tomar de la caja ubicada a un costado del lado derecho.

El tener enfrente los motores permite obtener dos de manera simultánea, se toma un motor con cada mano, el de la izquierda se deja en espera después de que se

colocó la etiqueta, para que se una el cable de alimentación. Terminando ambos, se empujan al siguiente puesto.

El orden que se da al puesto, permite un puesto limpio, no saturado, sólo se tiene lo que se necesita, se evitan desperdicios.

El ahorro en el tiempo es del 12.5%, El tiempo normal calculado con MTM es de 17.9 segundos, más el 12% de tiempos suplementarios, da un tiempo estándar de 20.04, el tiempo actual es de 22.89. Otra ventaja es la ergonomía que se logra, quedando en verde la puntuación, eliminando desperdicios.

<b>PUESTO 1: Ensamble cable de alimentación a motor</b>	
<b>TE actual</b>	22.89 segundos
<b>TE propuesto</b>	20.04 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	12.5%

Tabla 12: Puesto 1, tabla de tiempos

Puesto 2: Ensamble del selector de velocidades

Las preguntas que ayudaron a proponer la mejora fueron:

¿Por qué se hace?, ¿Por qué lo hace en ese lugar?, respondiendo a ¿cómo podría hacerse?, ¿Cómo debería hacerse?

La soldadura de los cables se debe hacer para asegurar la conexión de los cables del motor al selector de velocidades, el riesgo que se ve, es que cuando termina la operación, suelta el selector quedando colgando de los cables que acaba de soldar. Corriendo el riesgo que por el peso del selector se desconecten, o queden haciendo un falso contacto.

Lo hace en ese lugar, para evitar un traslado innecesario, el equipo que se usa es muy sencillo, busque tipos de cautines, hay una gran variedad y evaluando, la opción del cautín tipo lápiz es la más económica y como no se requiere una variación de temperaturas, lo que se propone es mejorar el soporte del cautín, más robusto, que de mayor seguridad a la operaria y sea retráctil, para que ahora sea el cautín el que se mueva a los puntos a soldar.

Para esto se requiere el siguiente cambio en la secuencia:

Un soporte para colocar el selector de velocidad, dejando libre la mano izquierda, la que ayudará primero a liberar las cavidades donde van los cables, moviendo el botón y después colocar los cables en las cavidades, con la izquierda se colocará

la pasta y estaño y con la derecha se tomará el cautín y se llevará a cada cavidad y se soldará. Después se desmontará el selector y pasará al siguiente puesto (motor y selector ya unidos).

La colocación de los materiales se propone como la del puesto uno, el dispositivo con pendiente y tope para detener la caja que contenga los selectores de velocidad

Se presenta el cálculo del tiempo estándar de esta secuencia propuestas de trabajo:

DIAGRAMA MTM							
PARTE	Línea 1 de ensamble de licuadora	FECHA	19 de julio 2019			NO. PUESTO	2
OPERACIÓN	Unión del selector de velocidades al motor	ANALISTA	Erika Isabel Rojas Tinoco			REF. NO.	002
Descripción—Mano Izquierda	Clav.	TMU	TT	TMU	Clav.	Descripción—Mano Derecha	
Alcanzar selector de velocidades	R40C	16.8	16.8	16.8	R40C	Alcanzar motor	
Asir selector de velocidades	G1A	2.0	2.0	2.0	G1A	Asir motor	
Asir de nuevo selector	G2	5.6	5.6	5.6	G2	Asir de nuevo motor	
Mover selector de velocidades	M40C	18.5	18.5	18.5	M40C	Mover motor	
Colocar en soporte	P2SSE	19.7	16.2	19.7	P2SSE	Colocar en soporte	
Soltar	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar	
Mover - Abrir seguro de 2 botones	M<2	2.0	4.0	2.0	M<2	Mover - Abrir seguro de 2 botones	
Aplicar presión (2 veces)	APA	10.6	21.2	10.6	APA	Aplicar presión (2 veces)	
Soltar (2 veces)	RL1	2.0	4.0	2.0	2	Soltar (2 veces)	
Asir de nuevo cables (2 veces)	G2	5.6	11.2	5.6	G2	Asir de nuevo cables (2 veces)	
Colocar cables en cavidades (2 veces)	P3SE	43.0	86.0	43.0	P3SE	Colocar cables en cavidades (2 veces)	
Soltar (2 veces)	RL1	2.0	4.0	2.0	RL1	Soltar (2 veces)	
Alcanzar estaño	R35 B	14.2	14.2	10.4	R35A	Alcanzar cautin (esta colgando)	
Asir estaño	G1C2	8.7	8.7	2.0	G1A	Asir cautín	
Mover estaño hacia pasta para soldar (2 veces)	M40C	18.5	37.0	16.8	M35C	Mover cautín	
Introducir estaño en pasta (para bañar punta) y colocar sobre cables (4 veces)	P3SE	43.0	194.4	48.6	P3SD	Posicponar cautin en cavidad y soldar (4 veces)	
			100.0	25.0		Sostiene el cautín Tiempo soldado (4 veces)	
Soltar estaño	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar cautin	
Asir de nuevo selector	G2	5.6	5.6	5.6	G2	Asir de nuevo motor	
Mover selector con motor a siguiente puesto	M40B	15.6	15.6	15.6	M40B	Mover selector con motor a siguiente puesto	
Colocar en mesa	P1SE	16.2	16.2	16.2	P1SE	Colocar en mesa	
Soltar	RL1	2.0	2.0	2.0	RL1	Soltar	
			587.2				
			21.1				
RESUMEN							
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	TIEMPO DEL ELEMENTO						
	TMU	587.2	21.1				segundos

Imagen 49: Diagrama MTM propuesto para la línea de ensamble de licuadora

La reducción del tiempo se da, cuando la operaria deja de cargar (sostener) el selector durante el tiempo del soldado de los cables. Al colocar el selector sobre una base estable, con la forma del selector, dando la posibilidad de trabajar con ambas

manos, para liberar el seguro de la cavidad, como la colocación de los cables y finalmente soldar, tomando el cautín que se encuentra colgado y se mueve a cada punto a soldar. Se logra movimientos mucho más rápidos y se evita que el selector quede colgando de los cables.

El tiempo normal calculado con MTM es de 21.1 segundos más el 12% de suplementos, da un TE de 23.63

<b>PUESTO 2: Ensamble selector de velocidades</b>	
<b>TE actual</b>	38 segundos
<b>TE propuesto</b>	23.63 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	37.8%

Tabla 13: Puesto 2, tabla de tiempos

Se realizó un estudio con cronometro en un muestreo con la medida implementada, a los puestos 3,4 y 5. Estos son los tiempos estándar que se lograrían con los cambios propuestos.

HOJA DE ANÁLISIS DE DATOS							
Fecha: 05 agosto 2019	Puesto 3: Ensamble de placa y clip en base de licuadora	Puesto 4: Ensamble de motor a base la licuadora	Puesto 5: Ensamble de la tapa de la licuadora	ELEMENTOS	No. Parte: Subensambles de los puestos 3, 4, 5,		
Estudio No. Puesto 3, 4, 5					Planta: Puebla		
Hoja 1/1					Área: Línea de ensamble de la licuadora		
MUESTRA	1	2	3	S	L	T	Elementos extraños
	Tiempo	Tiempo	Tiempo	N	A		
1	21.82	20.09	23.96				
2	20.99	20.05	22.99				
3	21.95	19.98	23.69	B			
4	20.97	20.07	23.95				
5	21.89	21.01	23.99	C			
6	21.97	20.17	23.89				
7	22.01	20.11	23.94	D			
8	21.99	20.17	23.89				
9	22.09	20.41	23.98				
10	21.88	20.30	23.76				
11	21.99	20.24	23.84				
12	21.89	20.65	23.89				
13	22.69	20.15	23.83				
14	22.05	21.03	23.81				
15	21.80	20.15	23.69	E			
	327.98	304.58	357.10				
# Observaciones	15	15	15				Tolerancias %
Promedio	21.87	20.31	23.81				
Calificación del operario	0.90	0.88	0.86				
Subtotales	19.6788	17.86869333	20.47373333				
Tolerancia	12%	12%	12%				
Tiempo estandar	22.04	20.01293653	22.93058133				

Tabla 14: Tabla de estudio con cronometro de los puestos 3,4 y 5.

### Puesto 3: Ensamble de placa y clip en base de licuadora

La propuesta para este puesto de trabajo es de igual manera que en el puesto 2, la eliminación del sostener de la mano izquierda, colocándolo en un soporte la base de la licuadora, que evite se mueva, quedando la base estable, se podrá trabajar con las dos manos, con la izquierda tomara el pegamento y colocara en la zona de placa, con la derecha tomará la placa, después con ambas manos colocará la placa. Y con la ayuda del mazo de goma fijara la placa.

La reubicación de materiales, dejando la base enfrente y ordenadas de tal forma que facilite su asir. La placa va del lado derecho y el pegamento del izquierdo. Se eliminan materiales innecesarios en el puesto.

Se comprueba con micromovimientos el ahorro al colocar el material al alcance.

<b>Alcanzar a 60 cm</b>	<b>R60C</b>	<b>25.2</b>		
<b>Mover a 60 cm</b>	M60B	20.4		
<b>Total</b>		45.6	45.6x.036 seg	1.64 seg
<b>Alcanzar a 40 cm</b>	R40C	18.9		
<b>Mover a 40 cm</b>	M40C	18.5		
<b>Total</b>		37.4	37.4x.036 seg	1.34 seg
<b>Diferencia</b>				0.30 seg

Tabla 15: Comparación

Esto para cada material que se mueve, son tres, más el ahorro por operaciones simultaneas, es decir con el soporte que sostiene la base de la licuadora la mano izquierda trabaja, ayudando a reducir el trabajo de la derecha. Comprobando el tiempo de la secuencia propuesta, se obtiene una optimización del tiempo del 24% en la

Se sugiere conservar la ubicación de la operaria, frente del puesto 4, quien usará la base para ensamblar el motor. Quien debe colocar en la charola del puesto 4 el material en orden, con placa y clips en base. (Ver tabla de estudio con cronometro propuesto para puestos 3,4 y5)

<b>PUESTO 3: Ensamble de placa y clips</b>	
<b>TE actual</b>	29 segundos
<b>TE propuesto</b>	22.04segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	24%

Tabla 16: Puesto 3, tabla de tiempos

#### Puesto 4: Ensamble de motor a base de la licuadora

Para reducir el tiempo de ensamble del motor a la base, se debe usar un soporte similar al del puesto 3, que sujete la base, evitando que se mueva, facilitando la fijación con los tornillos, usando ambas manos. Reorganizar la posición de los materiales y colocarlos en nuevos dispositivos ergonómicos, colocarlos al frente y a una altura adecuada, que no estire los brazos, debe quedar al alcance a 40 cm. Con esta medida se reduce un 13% el tiempo. El tiempo estándar queda en 20.01 segundos (Ver tabla de estudio con cronometro propuesto para puestos 3,4 y5)

<b>PUESTO 4: Ensamble de motor a base de la licuadora</b>	
<b>TE actual</b>	23 segundos
<b>TE propuesto</b>	20.01 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	13%

Tabla 17: Puesto 4, tabla de tiempos

#### Puesto 5: Ensamble de la tapa de la base del motor

El registro de las actividades de este puesto en un diagrama bimanual, mostro que es una buena secuencia, aprovecha ambas manos al colocar tornillos, la mejora que se propone es un dispositivo para que coloque la base de la licuadora y no se mueva, con esto no tendría que asegurar los tornillos con el desatornillador, dos veces, quedaría a la primera. Se hicieron tomas con cronometro de la mejora, colocando los materiales al alcance y la base en el dispositivo, logrando un ahorro en el tiempo del 15%, quedando un TE propuesto de 22.95 segundos, (Ver tabla de estudio con cronometro propuesto para puestos 3,4 y5).

<b>PUESTO 5: Ensamble de la tapa de la base del motor</b>	
<b>TE actual</b>	27 segundos
<b>TE propuesto</b>	22.95 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	15%

Tabla 18: Puesto 5, tabla de tiempos



Imagen 49: Dispositivo propuesto. Fuente: [www.directindustry.es/fabricante-industrial/puesto-trabajo-ergonomico](http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/puesto-trabajo-ergonomico)

Para los puestos 6, 7 y 8 se realizó una toma de tiempos con cronometro, calificando al operario, acomodando el material, ajustando la secuencia de operación balanceando las actividades entre los tres puestos. Los tiempos suplementarios son del 12% (establecido por la empresa).

HOJA DE ANÁLISIS DE DATOS									
Fecha: 03 septiembre 2019	Puesto 6: Prueba de funcionamiento	Puesto 7: Armado de vaso de licuadora	Puesto 8: Empaque de licuadora		ELEMENTOS	No. Parte: Subensambles de los puestos 6, 7, 8			
Estudio No. Puesto 6,7 y 8						Planta: Puebla			
Hoja 1/1					Área: Línea de ensamble de la licuadora				
MUESTRA	1	2	3		S	L	T	Elementos extraños	
	Tiempo	Tiempo	Tiempo		N				
1	21.70	22.02	23.26		A				
2	20.98	22.13	23.29						
3	21.64	22.68	23.49		B				
4	21.65	21.89	23.95						
5	21.50	21.98	23.09		C				
6	21.60	22.17	23.39						
7	20.99	22.34	23.14		D				
8	20.89	22.75	23.19						
9	21.83	22.63	23.48						
10	21.34	21.59	23.36						
11	21.49	22.63	23.14						
12	21.38	22.39	23.29						
13	21.64	21.89	23.83						
14	21.38	22.15	23.81						
15	21.67	22.11	23.49		E				
	321.68	333.35	351.20						
# Observaciones	15	15	15					Tolerancias %	
Promedio	21.45	22.22	23.41						
Calificación del operario	0.87	0.89	0.84						
Subtotales	18.65744	19.77876667	19.6672						
Tolerancia	12%	12%	12%						
Tiempo estandar	20.90	22.15221867	22.027264						

Tabla 19: Toma de tiempo puestos de trabajo 6, 7 y 8.

#### Puesto 6: Prueba de funcionamiento

<b>PUESTO 6: Prueba de funcionamiento</b>	
<b>TE actual</b>	22 segundos
<b>TE propuesto</b>	20.90 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	5%

Tabla 20: Puesto 6, tabla de tiempos

El tiempo en este puesto es el más bajos de la línea, la propuesta es reubicar la toma de corriente dentro del área de la mesa, para permitir a la operaria se acerque más a la mesa y disminuyan las distancias ocupadas al conectar y desconectar. Se ha comprobado en los puestos 2 y 4 que hay una disminución del diez por ciento del tiempo al colocar los materiales al alcance. Y asignarle otra tarea que es la de embolsar la tapa con mirilla.

Quedando con esta nueva secuencia el TE de 20.90, por el aumento de la operación de empaquete de la tapa del vaso de licuadora.

#### Puesto de trabajo 7: Armado del vaso de la licuadora

La propuesta para este puesto, está en el manejo de los vasos de la licuadora desde que se surten a este puesto, en un carro con los vasos colgando de tal forma que sea fácil su asir, el trabajar con una gran cantidad de vasos sobre la mesa, hacen confuso, primero decidir cuál tomar y las distancias van variando según la ubicación,

El TE de este puesto quedaría en 22.15, se reduce por la actividad que se transfiere al puesto 6, que es colocar la mirilla a tapa de vaso y embolsar, 4.65 segundos menos, y el 10% por el acercamiento de materiales. Era un TE de 32 segundos. Y se pasa la limpieza del vaso a este puesto y el embolsado del vaso.

<b>PUESTO 7: Armado del vaso de licuadora</b>	
<b>TE actual</b>	32 segundos
<b>TE propuesto</b>	22.15 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	<b>30.7%</b>

Tabla 21: Puesto de trabajo 7, tabla de tiempos

Puesto de trabajo 8: Empaque de la licuadora

El TE (tiempo estándar) actual es de 32 segundos, el tiempo de limpieza del vaso y embolsado (5 segundos) se pasó al puesto 7, y la reducción del 10% por el acercamiento del material y reducción de 2.3 segundos, al evitar movimiento de cuerpo anti ergonómicos, como alcanzar a larga distancia el vaso de la licuadora. Quedando un nuevo tiempo estándar (TE) de 22 segundos.

<b>PUESTO 8: Empaque de la licuadora</b>	
<b>TE actual</b>	32 segundos
<b>TE propuesto</b>	22 segundos
<b>Optimización (reducción del tiempo)</b>	31.3%

Tabla 22: Puesto de trabajo 8, tabla de tiempos

Con estas propuestas se logra una optimización del tiempo de ensamble del 22.79%:

El TE (tiempo estándar) actual es de 225 segundos, el propuesto de 173.72 segundos.

Logrando un aumento en la eficiencia de la línea del 10.67%, la eficiencia actual es del 74.01%, la propuesta es del 84.68%. Esto con mínimas inversiones, que son los dispositivos para dejar libre la mano izquierda, con cajas y soportes para acercar los materiales. La tabla de balanceo propuesta queda de la siguiente manera:

TABLA DE BALANCEO DE LA LÍNEA DE ARMADO DE LA LICUADORA PROPUESTO					
Estación	Actividad	Tiempo en segundos	Tiempo de ciclo	Tiempo ocioso	Tiempo ocioso por línea
1	Unión de cable de alimentación a mortor	20.04	23.63	3.59	3.59
2	Unión de cables de motor a selector de velocidades con soldadura	23.63	23.63	0	3.59
3	Preparación de la base con placa y clips.	22.04	23.63	1.59	5.18
4	Ensamble de motor, selector y cable a base de licuadora, fijando con 3 tornillos.	20.01	23.63	3.62	8.8
5	Ensamble de tapa de base, colocando 4 tornillos y etiqueta informativa.	22.95	23.63	0.68	9.48
6	Prueba de funcionamiento de la licuadora	20.9	23.63	2.73	12.21
7	Armado del vaso de la licuadora	22.15	23.63	1.48	13.69
8	Empaque de licuadora	22	23.63	1.63	15.32
	<b>TOTAL</b>	<b>173.72</b>		<b>15.32</b>	

Tabla 22: Propuesta de balanceo de línea armado de licuadoras

## Ventiladores

Las propuestas para la línea de ventiladores se dan principalmente para la mejora de la ergonomía.

Evitar que la mano izquierda cargue el brazo del ventilador, usando un dispositivo para colocarlo.



Imagen 50: Carga de brazo de ventilador.

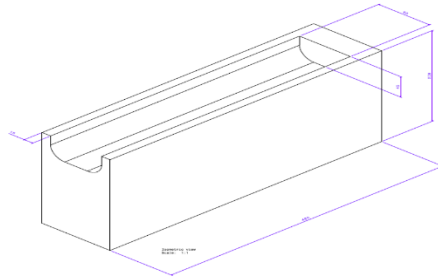


Imagen 51: Propuesta de dispositivo.

En el puesto de empaque se sugiere un puesto de trabajo reestructurado, la operaria se inclina en varias operaciones, se nota incomoda en varias actividades.

Se comprobó con el planteamiento en la línea de licuadoras, que acercar materiales (al alcance 40 a 50 cm), se ahorra un 10% del tiempo. El evitar giros de tronco e inclinaciones, cansará menos a la operaria y sus tiempos deben disminuir.

Actualmente las empresa dan mayor importancia a la ergonomía.



Imagen 52: Empaque de ventiladores



Imagen 53: Propuesta de acercamiento de materiales

Se sugiere tapete anti-fatiga para toda la línea y puestos de trabajo con ajuste de altura y usar la gravedad para deslizar hacia la tarima o carro transportador, evitar que carguen y todo al alcance.

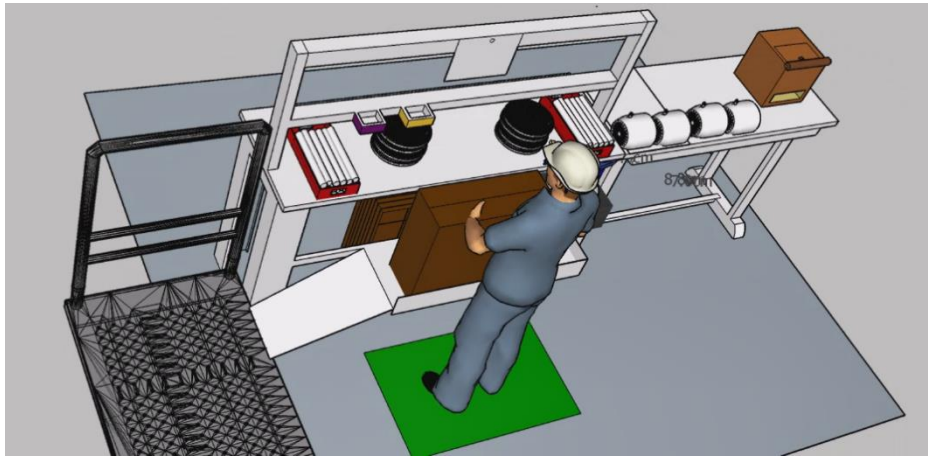


Imagen 54: Propuesta de estación de trabajo.

La empresa produce además de licuadoras, ventiladores de diferentes modelos, secadoras de uñas, todas pueden mejorarse y en almacenes también hay mucho por hacer, a quien le guste el área logística es una gran oportunidad para generar propuestas de mejora, dejo abierto la invitación para que otros futuros ingenieros de la facultad de ingeniería industrial de la BUAP, continúen en esta empresa con otras propuestas, otras tesis.

## Referencias

- Maynard, H. (2006). Manual del Ingeniero Industrial (5a ed.). México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana de México.
- (International MODAPTS Association, 2000) MODAPTS.
- (Manual MTM Association, 2014) Curso Ing. Brocado
- Criollo, R. (1998). Estudio del trabajo – Ingeniería de métodos (2da. Ed.). México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana de México.
- Villaseñor, A., Galindo, E. (2007)
- Mondelo P., Gregori E., Barrau P., (2001) Ergonomía 1 Fundamentos (4 ed.) Barcelona, España.: Alfaomega.
- Mondelo P., Gregori E., Comas S., Castejón E., Bartolomé E. (2002) Ergonomía 2 Confort y estrés térmico (4 ed.) Barcelona, España.: Alfaomega
- Mondelo P., Gregori E., Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo, (2002) (4 ed.) Barcelona, España.: Alfaomega.
- Mondelo P., Gregori E. (2001) Ergonomía 4 El trabajo en oficinas (4 ed.) Barcelona, España.: Alfaomega.
- García, A. (2011) Productividad y reducción de costos para la mediana y pequeña industria. México,D.F.: Trillas.
- Stephan, Konz. (1990) Diseño de Sistema de Trabajo. México, D.F.: Editorial Limusa.
- Bowersox, D., Closs, D. y Cooper, M. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros* (2a ed.). México, D. F.: McGrawHill.
- Gary B. (2004). *Lean manufacturing: Certification workshop participant guide*. New-port, Oregon, U. S. A.: International Standard Book.
- Hernández, G. y Godínez, A. (2014). *El gran libro de los procesos esbeltos*. León, Guanajuato, México: Ignius Media Innovation.
- Rajadell, M. y Sánchez, J. L. (2010). *Lean manufacturing–La evidencia de una necesidad*. Madrid: Días de Santos.

## Apéndice 1: MTM

Alcanzar - R (Reach)								
Longitud del movimiento en cm	Valores normales del tiempo en TMU							Descripcion de los casos
	R-A	R-B	R-C R-D	R-E	m R-A R-Am	m R-B R-Bm	m-valor por B	
≤ 2	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	0.4	<b>A</b> Alcanzar a un objeto en situacion fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	1.0	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	1.4	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	1.8	
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	2	
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	2.6	<b>B</b> Alcanzar a un objeto en situacion que pueda variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	2.8	
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	2.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	2.9	
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	2.9	
22	8.1	10.5	11.9	9.7	6.8	7.7	2.8	<b>C</b> Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo de formar que ocurra buscar y seleccionar
24	8.5	11.1	12.5	10.2	7.1	8.2	2.9	
26	8.8	11.7	13.0	10.7	7.4	8.8	2.9	
28	9.2	12.2	13.6	11.2	7.7	9.4	2.8	
30	9.5	12.8	14.1	11.7	8.0	9.9	2.9	
35	10.4	14.2	15.5	12.9	8.8	11.4	2.8	<b>D</b> Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con mucha precisión.
40	11.3	15.6	16.8	14.1	9.6	12.8	2.8	
45	12.1	17.0	18.2	15.3	10.4	14.2	2.8	
50	13.0	18.4	19.6	16.5	11.2	15.7	2.7	
55	13.9	19.8	20.9	17.8	12.0	17.1	2.7	
60	14.7	21.2	22.3	19.0	12.8	18.5	2.7	<b>E</b> Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento o donde no estorbe.
65	15.6	22.6	23.6	20.2	13.5	19.9	2.7	
70	16.5	24.1	25.0	21.4	14.3	21.4	2.7	
75	17.3	25.5	26.4	22.6	15.1	22.8	2.7	
80	18.2	26.9	27.7	23.9	15.9	24.2	2.7	

Mover - M (Move)									
Longitud del movimiento en cm	Valores normales del tiempo en TMU					Fuerza requerida			Descripción de los casos
	M-A	M-B	M-C	m M-B M-Bm	m- valor por B	Peso daN	Factor W	Constante K	
≤ 2	2.0	2.0	2.0	1.7	0.3				A Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.
4	3.1	4.0	4.5	2.8	1.2	1	1.00	0.0	
6	4.1	5.0	5.8	3.1	1.9				
8	5.1	5.9	6.9	3.7	2.2	2	1.04	1.6	
10	6.0	6.8	7.9	4.3	2.5				
12	6.9	7.7	8.8	4.9	2.8	4	1.07	2.8	
14	7.7	8.5	9.8	5.4	3.1				
16	8.3	9.2	10.5	6.0	3.2	6	1.12	4.3	
18	9.0	9.8	11.1	6.5	3.3				B Mover el objeto a una situación aproximada o indefinida
20	9.6	10.5	11.7	7.1	3.4	8	1.17	5.8	
22	10.2	11.2	12.4	7.6	3.6				
24	10.8	11.8	13.0	8.2	3.6	10	1.22	7.3	
26	11.5	12.3	13.7	8.7	3.6				
28	12.1	12.8	14.4	9.3	3.5	12	1.27	8.8	
30	12.7	13.3	15.1	9.8	3.5				
35	14.3	14.5	16.8	11.2	3.3	14	1.32	10.4	
40	15.8	15.6	18.5	12.6	3.0				C Mover el objeto a una situación exacta
45	17.4	16.8	20.1	14.0	2.8	16	1.36	11.9	
50	19.0	18.0	21.8	15.4	2.6				
55	20.5	19.2	23.5	16.8	2.4	18	1.41	13.4	
60	22.1	20.4	25.2	18.2	2.2				
65	23.6	21.6	26.9	19.5	2.1	20	1.46	14.9	
70	25.2	22.8	28.6	20.9	1.9				
75	26.7	24.0	30.3	22.3	1.8				
80	28.3	25.2	32.0	23.7	1.5	22	1.51	16.4	

Coger - G (Grasp)		
Simbolo	TMU	Descripción
G1A	2.0	Coger una pieza sola, fácil de agarrar.
G1B	3.5	Coger una pieza muy epequeña o que es plana y esta tendida sobre una superficie plana.
G1C1	7.3	Coger una pieza aproximadamente cilíndrica, existiendo impedimentos desde abajo y desde un lado.
G1C2	8.7	
G1C3	10.8	
G2	5.6	Volver a coger: Trasladar punto de control en un objeto sin perder el control sobre ello.
G3	5.6	Tranferir: Una mano toma el control sobre el objeto mientras la otra lo suelta.
G4A	7.3	> 25 x 25 x 25 mm
G4B	9.1	6 x 6 x 3 mm a 25 x 25 x 25 mm
G4C	12.9	< 6x 6 x 3 mm
G5	0.0	Coger por contacto: recibir el control suficiente sobre un objeto por ejecutar el movimiento siguiente.

Posicionar - P (Position)						
Simbolo	Ajuste	Descripción	Colocar mm	Simetria	E	D
P1	Holgado	No se necesita presión	≤ ± 6.0	S	5.6	11.2
				SS	9.1	14.7
				NS	10.4	16
P2	Justo	Se necesita presión ligera	≤ ± 1.5	S	16.2	21.8
				SS	19.7	25.3
				NS	21	26.6
P3	Firme	Se necesita una gran presión	≤ ± 0.4	S	43	48.6
				SS	46.5	52.1
				NS	47.8	53.4

Soltar -RL (Release)					
Simbolo	TMU	Descripción	Simbolo	TMU	Descripción
RL1	2.0	Soltar abriendo los dedos	RL2	0	Soltar suprimiendo el contacto

Aplicar presión -AP (apply pressure)					
Simbolo	TMU	Descripción	Componentes	AF	Incremento de fuerza
APA	10.6	Sin un volver a coger	AF+DM+RLF	DM 4.2	Tiempo mínimo para sostener la fuerza
APB	16.2	Con un volver a coger	G2+APA	RLF 3.0	Decreto de fuerza

Desmontar -D (Disengage)				
Simbolo	Ajuste	Descripción	E	D
D1	Holgado	Fuerza extremadamente pequeña - Bajo retroceso 2.5 cm	4.0	5.7
D2	Justo	Fuerza media - Ligero retroceso $\leq 10$ cm	7.5	11.8
D3	Firme	Fuerza grande - Fuerte retroceso $> 10$ cm	22.9	34.7

Girar -T (Turn)												
Simbolo	Fuerza requerida daN	Ángulo de giro en grados										
		30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
S	Pequeña $\leq 1$	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
M	Mediana $>1$ a $\leq 5$	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
L	Grande $> 5$ a $\leq 16$	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

Movimientos del cuerpo, pierna y pie			
Simbolo	TMU	Longitud del movimiento	Descripción
FM	8.5	Hasta 10 cm	Movimiento del pie
FMP	19.1		Movimiento del pie con gran presión
LM	7.1 0.5	Hasta 15 cm cada 1 cm adicio	Movimiento de la pierna
SS-C1	17.0 0.2	Hasta 30 cm cada 1 cm adicio	Paso lateral, el eje del cuerpo se desplaza lateralmente Caso I: El movimiento termina cuando la pierna de soldia hace contacto con el suelo
SS-C2	34.1 0.2	Hasta 60 cm cada 1 cm adicio	Caso II: La pierna relasada ha de hacer contacto con el suelo antes de que se pueda realizar el siguiente movimiento
TBC 1	18.6		Girar cuerpo a la derecha o izquierda $45^\circ - 90^\circ$ Caso I: El movimiento termina cuando la pierna de salida hace contacto con el suelo
TBC 2	37.2		Caso II: La pierna relasada ha de hacer contacto con el suelo antes de que se pueda realizar el siguiente movimiento
B,S,KOK	29.0		Inclinarse, Agacharse, Arrodillarse sobre una rodilla
AB,AS,AKOK	31.9		Enderezarse
KBK	69.4		Arodillarse sobre ambas rodillas
AKBK	76.7		Enderezarse
SIT	34.7		Sentarse
STD	43.4		Levantase
W - P	15.0	Por paso	Sin obstrucciones
W - PO	17.0	Por paso	Con obstrucciones
W - PL	17.0	Por paso	Con carga

Manivela -C (Crank)											
Diametro de la manivela cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Constante para arrancar y parar 5.2 TMU
TMU/ por cada revolución	8.2	9.2	10	10.7	11.3	11.9	12.4	12.8	13.2	13.6	
Diametro de la manivela cm	22	24	26	28	30	35	40	45	50	>50	
TMU/ por cada revolución	13.9	14.2	14.5	14.8	15	15.5	16	16.4	16.7	Mover	
Los valores no contienen tiempo para arrancar y parar											

<b>La utilización de esta tabla sin la capacitación en MTM-1 conducirá, a resultados falsos</b>				
Los valores de tiempos de esta tabla corresponden a rendimiento del 100 % a LMS	TMU	seg	min	h
	1	0,036	0,0006	0,00001
	27,8	1	-	-
	1666,7	-	1	-
100 000	-	-	1	

		Movimientos simultaneos																							
		Desmontar D			Posicionar						Coger					Mover				Alcanzar R		B	A E		
		2	1E 1D	D	1NS 2SS 2NS		1SS 2S		1S		4	1B 1C		1A 2 5	C		B		A BM		C D				
		D	E		D	E	D	E	D	E	O	W	O	W		O	W	O	W	O	W	O	W		
Alcanzar R	A,E				X	X	X									X	X								
	B	X						X	X	X		X	X			X	X					X			
	C,D												X					X				X			
Mover M	A, Bm				X	X	X																		
	B	X						X	X	X		X	X												
	C		X										X			X									
Coger G	1A,2,5																								
	1B, 1C										X														
	4																								
Posicionar P	1S									X															
	1SS, 2S																								
Desmontar D	1NS, SS, 2NS																								
	1E, 1D																								
	2																								

Movimientos no incluidos en tabla:  
**T:** Girar: Normalmente facil con todos los movimientos, excepto cuando Girar está controlado o con Desmontar  
**AP:** Aplicar presión: Analizar cada caso  
**P3:** Posicionar: Siempre difícil  
**D3:** Desmontar: Normalmente difícil  
**RL:** Soltar: Siempre fácil.

Posibilidades de la ejecución simultánea:  
 =Facil  
 =con practica  
 =Difícil  
W=Dentro del campo de visión normal  
O= Fuera del campo de visión normal  
E=Facil de manejar  
D= Díficil de manejar

Funciones visuales		
Simbolo	TMU	Descripción
ET	15.2 x T/D	<b>Recorrido visual (Eye Travel)</b>
	max. 20.0	T= Distancia entre los puntos de visualización D= Distancia de los ojos a la línea de unión de los puntos de visualización
EF	7.3	<b>Enfoque ocular (Eye Focus)</b>

## Apéndice 2: Tablas MOST

Sistema MOST® Básico			A B G A B P A				MOVIMIENTO GENERAL				
ÍNDICE X10	A DISTANCIA DE ACCIÓN		B MOVIMIENTO DEL CUERPO		G OBTENER CONTROL			P COLOCACIÓN			ÍNDICE X10
	VARIANTE DE PARÁMETRO	PALABRA CLAVE	VARIANTE DE PARÁMETRO	PALABRA CLAVE	VARIANTE DE PARÁMETRO		PALABRA CLAVE	VARIANTE DE PARÁMETRO		PALABRA CLAVE	
0	≤2in ≤5 cm	CERCA						SUJETAR ARROJAR	TIRAR LLEVAR	ARROJAR RECOGER	0
1	AL ALCANCE				OBJETOS LIGEROS OBJETOS LIGEROS SIMO		AGARRAR (OPCIONAL)	DEJAR A UN LADO AJUSTE FLOJO	MOVER PONER		1
3	1-2 PASOS	1 PASO 2 PASOS	DOBLAR Y LEVANTAR 50% DE OCC.	PREDOBLAR	NOSIMO PESADO/ VOLUM. TAPAR SOLTAR	OBSTRUIDO ENTRELAZADO REUNIR	OBTENER SOLTAR LIBRE COLECTAR	AJUSTES POCA PRESIÓN COLOCACIÓN DOBLE	COLOCAR REEMPLAZAR		3
6	3-4 PASOS	3 PASOS 4 PASOS	DOBLAR Y LEVANTAR	DOBLAR				CUIDAR TAPAR ALTA PRESIÓN MOVIMIENTOS INTERMEDIOS	PRECISIÓN OBSTRUIDO	POSICIÓN REPONER	6
10	5-7 PASOS	5 PASOS 6 PASOS 7 PASOS	SENTADO DE PIE	SENTADO DE PIE							10
16	8-10 PASOS	8 PASOS 9 PASOS 10 PASOS	A TRAVÉS DE LA PUERTA SUBIR/BAJAR DE PIE O DOBLAR DOBLAR Y SENTAR	PUERTA SUBIR/BAJAR DE PIE Y DOBLAR DOBLAR Y SENTAR							16

Sistema MOST® Básico		A B G M M A			MOVIMIENTO CONTROLADO			
ÍNDICE X10	M MOVIMIENTO CONTROLADO EMPUJAR/ JALAR/ GIRAR MANIVELA		X TIEMPO DE PROCESO seg. min. hr.			I ALINEACIÓN	ÍNDICE X10	
	SIN ACCIÓN		SIN ACCIÓN	SIN TIEMPO DE PROCESO				
0	SIN ACCIÓN		SIN ACCIÓN	SIN TIEMPO DE PROCESO			SIN ALINEAR	0
1	EMPUJAR/ JALAR/ GIRAR ≤ 12 IN (30 CM) EMPUJAR/ OPRIMIR BOTÓN EMPUJAR O JALAR INTERRUMPIR GIRAR PERILLA			0.5 s	.01min	0.0001h	ALINEAR A 1 PUNTO	1
3	EMPUJAR/ JALAR/ GIRAR ≤ 12 IN (30 CM) EMPUJAR/ JALAR CON RESISTENCIA SENTARSE PONERSE DE PIE EMPUJAR/ JALAR CON ALTO CONTROL EMPUJAR/ JALAR 2 ETAPAS ≤ 24 IN. TOTAL.		1 REV	1.5 s	.02min	.0004h	ALINEAR A 2 PUNTOS ≤ 4 IN (10 CM)	3
6	EMPUJAR/ JALAR 2 ETAPAS ≤ 12 IN (30 CM) EMPUJAR/ JALAR 2 ETAPAS ≤ 24 IN TOTAL EMPUJAR CON 1 O 2 PASOS		2-3 REV	2.5 s	.04min	.0007h	ALINEAR A 2 PUNTOS ≤ 4 IN (10 CM)	6
10	EMPUJAR/ JALAR CON 3 O 4 PASOS EMPUJAR CON 3 O 5 PASOS		4-6 REV	4.5 s	.07min	.0012h		10
16	EMPUJAR CON 6 A 9 PASOS		7-11 REV	7.0 s	.11min	.0019h	ALINEAR CON PRECISIÓN	16

Sistema MOST® Básico				ATKVLPTA			GRÚA MANUAL	
ÍNDICE X10	A PASOS DISTANCIA ACCIÓN	T L TRANSPORTE DE HASTA 2 TON PIES (m)		K ENGANCHAR Y DESENGANCHAR	F OBJETO LIBRE	V MOV. VERT. PUL.G. (cm)	P COLOCACIÓN	ÍNDICE X10
		VACIO	CARGADO					
3	2				SIN CAMBIO DE DIRECCIÓN	9 (20)	SIN CAMBIO DE DIRECCIÓN	3
6	4				CON UN CAMBIO DE DIRECCIÓN	15 (40)	ALINEAR CON UNA MANO	6
10	7	5 (1.5)	5 (15)		CON DOBLE CAMBIO DE DIRECCIÓN	30 (75)	ALINEAR CON DOS MANOS	10
16	10	13 (4)	12 (3.5)		CON UNO O MÁS CAMBIOS DE DIRECCIÓN, CUIDADO EN EL MANEJO AL APLICAR PRESIÓN	45 (115)	ALINEAR Y COLOCAR CON UN AJUSTE	16
24	15	20 (6)	16 (5.5)	GANCHO SIMPLE O DOBLE		60 (150)	ALINEAR Y COLOCAR CON VARIOS AJUSTES	24
32	20	30 (9)	26 (8)	EXPULSIÓN			ALINEAR Y COLOCAR CON VARIOS AJUSTES Y APLICAR PRESIÓN	32
42	26	40 (12)	35 (10)					42
54	33	50 (15)	45 (13)					54

Sistema MOST® Básico						ABG ABP * ABP A					USODE	
HERRAMIENTAS												
ÍNDICE X10	F ASEGURAR					L AFLOJAR					ÍNDICE X10	
	Adición dedos	Acción muñeca				Acción brazo				Acción herra		
	Voltear	Girar	Desplazar o abanicar	Mover palanca	Golpear	Girar	Desplazar o abanicar	Mover palanca	Golpear	Desarmador		
	Dedos, desarmador	Mano Desarmador, matraca, llave de tuercas	Llave de tuercas, llave allen	Llave de tuercas, llave allen, matraca	Mano martillo	Matarca y dedos	Llave de tuercas, 2 manos	Llave de tuercas, 2 manos	Llave de tuercas, llave allen matraca	Mano martillo		Llave mecánica
1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
3	2	1	1	1	3	1	-	1	-	1	1/4" (6mm)	3
6	3	3	2	3	6	2	1	-	1	3	↑ (25mm)	6
10	8	5	3	5	10	4	-	2	2	5		10
16	16	9	5	8	16	6	3	3	3	8		16
24	25	13	8	11	23	9	6	4	5	12		24
32	35	17	10		30	12	8	5		16		32
42	47	23	13		39	15	11	8		21		42
54	61	29	17		50	20	15	10		27		54

### Apéndice 3: MODAPTS

Clasificación general y características del sistema de dedo- mano- brazo- hombro- tronco						
	Movimiento	MOD	Distancia	Unión	Cuando es común	Ejemplo
M1	DEDO: realizado con cualquier dedo.	1	1pulg	Los nudillos	Al darle cuerda a objetos pequeños	Darle cuerda a un reloj.
M2	MANO: involucra a los dedos y a la mano. El antebrazo se mantiene fijo	2	2pulg	La muñeca	Al manipular artículos pequeños	Darle vuelta a un tornillo grande
M3	ANTEBRAZO: la muñeca debe moverse, pero el codo se mantiene en su posición. Involucra dedos, mano y antebrazo.	3	6pulg	Al codo	En áreas compactas	Mover un compás de punta.
M4	TODO EL BRAZO: realizado con todo el brazo hacia adelante, en un ángulo de 45 grados, el codo se cambia de posición	4	12pulg	Al hombro	En áreas de trabajo abiertas o "no compactas"	Alcanzar un objeto que se encuentre a nuestra derecha
M5	BRAZO EXTENDIDO: el hombro debe moverse completamente hacia la izquierda, derecha o atravesando el cuerpo, tal vez con ayuda del cuerpo.	5	18pulg	Al hombro	En situaciones donde el lugar de trabajo está pobremente diseñado	Alcanzar un objeto que está arriba en un estante
M7	TRONCO: El tronco del cuerpo debe ser movido	7	30pulg	Desde el hombro involucrando el tronco del cuerpo	Es poco común y difícil, es costoso en términos de tiempo y energía	Recoger objetos de una tarima ubicada en el piso