

# Manual de mejora para la disminución de tiempos de retrabajos en el área de montaje automotriz

Rodríguez Barradas, Dina Karina

2018-11-23

---

<http://hdl.handle.net/20.500.11777/4057>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto  
Presidencial del 3 de abril de 1981



## **MANUAL DE MEJORA PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE RETRABAJOS EN EL ÁREA DE MONTAJE AUTOMOTRIZ**

DIRECTOR DEL TRABAJO  
MTRO. HÉCTOR AGUILAR HERRERA

ELABORACIÓN DE TESIS  
que para obtener el Grado de  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN MANUFACTURA AVANZADA

Presenta

**DINA KARINA RODRIGUEZ BARRADAS**

Puebla, Pue.

2018

## ÍNDICE

Autorización de contenido .....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
LA EMPRESA .....	6
1.1 ANTECEDENTES.....	7
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	9
1.5 ALCANCES.....	10
1.6 RESULTADOS ESPERADOS.....	10
II. MARCO TEÓRICO .....	11
2.1 ESTUDIO DEL TRABAJO.....	11
2.1.2 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.....	16
2.2 PRINCIPIO DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS.....	18
2.3 ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS.....	20
2.4 PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE TRABAJO: EL LUGAR DE TRABAJO.....	22
2.5 DISEÑO DEL AMBIENTE DE TRABAJO.....	23
2.6 ESTANDARIZACIÓN.....	26
2.7 FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING .....	28
2.7.1 DIAGRAMA GANTT.....	30
2.7.2 DIAGRAMA DE PARETO.....	31
2.7.3 ANÁLISIS DE LOS 5 PORQUES.....	32
2.7.4 YAMAZUMIS.....	32
2.7.5 5'S ORDEN Y LIMPIEZA .....	34
2.7.6 HOJA DE OPERACIÓN ESTÁNDAR.....	36
III. METODOLOGÍA .....	37
3.1 RESPONSABILIDADES.....	38
3.2 MÉTODOS.....	39
3.3 HERRAMIENTAS.....	39
3.3.1 ESTUDIO DE TIEMPOS .....	39
IV. RESULTADOS .....	42
4.1 DIAGRAMA GANTT (PROGRAMA DE TRABAJO).....	42
4.2 OBJETIVO #1: HISTORIAL DE RETRAJOS.....	45
4.3 OBJETIVO #2: LOCALIZAR LOS RETRAJOS PRIMORDIALES .....	47
4.4 OBJETIVO #3: ESTUDIO DETALLADO DE LOS TEMAS DE MAYOR TIEMPO RETRAJADO .....	55
4.5 OBJETIVO #4: TOMA DE TIEMPOS DE DESAMBLAJE.....	71
4.6 OBJETIVO #5: REVISIÓN CON EL ÁREA DEL MANUAL.....	82
V. CIERRE DEL PROYECTO.....	83
5.1 CONCLUSIÓN.....	83
5.2 RECOMENDACIONES.....	85
5.3 BIBLIOGRAFIA .....	86
5.4 ÍNDICE DE FIGURAS.....	87
5.5 ÍNDICE DE TABLAS.....	87

## **Autorización de contenido.**

*Agregar, como imagen, la carta donde el Director de Tesis da el visto bueno al contenido y lo autoriza como versión final.*

## I. INTRODUCCIÓN

Denominamos como industria manufacturera aquella que se dedican a la transformación de gran diversidad de materias primas y materiales en productos terminados para que puedan ser consumidos o bien para ser distribuidos por quienes los acercarán a los clientes finales. Esta industria se encuentra presente en nuestra vida diaria y los ejemplos van de “electrodomésticos a brazos robóticos”. La mayoría de los productos que encontramos a nuestro alrededor fueron resultado de un proceso manufacturero que con el paso de los años ha ido mejorando con ayuda de las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas.

En la actualidad, la manufactura es la base de la economía nacional de muchos países. Esto se debe a que esta industria es imprescindible para la creación de objetos necesarios por todas las sociedades. Además, es una de las más importantes vías para el desarrollo de naciones, dada la acumulación de riquezas traducidas a PIB de las economías globales.

Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo principal del proyecto es lograr reducir el tiempo que se genera, el desperdicio económico y por lo tanto disminuir el riesgo de destrucción del producto. Para poder lograr este objetivo, se propone plantear cuatro de las herramientas de Lean Manufacturing con la finalidad de lograr reducir el desperdicio que a su vez representaría el aumento de productividad en la industria. Cuanto mayor sea la productividad de la industria, mayores posibilidades de poder vender en cantidad planeada y a costos razonables. *“Son muchos los factores que influyen en la productividad de cada establecimiento y no hay ningún factor que sea independiente a los demás”*.<sup>1</sup> [ (Editores, 1994).]

A lo largo de la cadena de producción de una empresa extranjera ubicada en el estado de Puebla, interfieren distintas tecnologías al igual que distintas operaciones de mano de obra que el hombre debe controlar o mitigar el riesgo de impacto en forma negativa. Como resultado se genera un porcentaje del 80% de retrabajos internos, lo que esto ocasiona altos costos por auto producido, sumándose el precio de producción y retrabajo. Por ello; en este proyecto nombrado “Manual de mejora para la disminución de tiempos de retrabajos en el área de

montaje de una empresa extranjera ubicada en Puebla” se llevará a cabo un manual de procedimientos para reducir el tiempo que se genera por retrabajo realizando un análisis de la situación actual y proponiendo diversas mejoras en el área de retrabajos; mejorando así sustancialmente en costos y satisfacción de cliente s tanto internos como externos.

En este proyecto se pretende mejorar sustancialmente la problemática interna que actualmente se tiene y por la que esta comporta a reclamaciones de cliente final por retrabajos mal efectuados sin la calidad alcanzada mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing, con el fin de mejorar la calidad, reducir costos y reclamaciones de cliente final en el área productiva para tener una mayor satisfacción de nuestros clientes y continuar así; consolidándose como una de las mejores industrias automotrices del país.

## LA EMPRESA

- Industria alemana del sector automotriz con presencia global, cuyo primer automóvil comenzó a circular en las vías públicas en 1901.
- Tiene 13 productos diferentes de automóviles de gama alta.
- Esta industria tiene armadoras en Bélgica, Hungría, Eslovaquia, China, India, España y México exactamente en el estado de Puebla.

La industria en la que se está desarrollando el proyecto se encuentra en el estado de Puebla, esta planta cuenta con alrededor de 4 mil empleados directos y 1,500 empleados indirectos, se produce un modelo de automóvil comenzando su proceso desde el área de prensas donde se realiza el moldeo de la lámina de las partes vistas del automóvil como son puertas, techo, cajuela y cofre continuando su proceso con carrocerías que es el área donde todas las piezas de metal se soldan para poder obtener la carcasa del automóvil, posteriormente llega al proceso de pintura donde la carrocería pasa por capas de ionizado para proseguir con el primer (protección anticorrosiva) , la siguiente capa es el filler que sirve como protección de golpes ,la siguiente capa base ( que de la color al auto) y por último en el área de pintura se coloca el barniz. Posteriormente ya teniendo la carrocería pintada se encuentra el área de montaje que es donde se coloca desde todo el cableado que llevará el automóvil (ya sea desde la versión más austera hasta la versión más equipada) se le colocan todos los revestimientos, asientos, techo, consola, cockpit , transmisión, llantas, etc. y a lo largo del proceso se cuenta con una revisión por parte de calidad montaje.

El área donde nos vamos a enfocar es en la nave de montaje, una vez que el auto está terminado y pasa por el área de calidad y esta le encuentra algún defecto el cual se debe de retrabajar, el auto pasa al área de retrabajos donde por medio de un sistema se puede reconocer cual es el error.

En el área de retrabajos se divide en 4 sub-áreas:

- Electrónicos
- Mecánicos / eléctricos (Interior y Exterior)
- Retrabajos agravados
- Pistas de Pruebas

Una vez retrabajado el auto pasa nuevamente al punto de conteo de calidad para poder ser revisado.

La planta cuenta con una estrategia de gestión de inventarios llamada “JIS” esta quiere decir que el proveedor que ha entregado la materia prima garantiza que los tiempos en los que se traslada el producto desde la recepción hasta la máquina de ensamblaje se cumplan, es decir, que la máquina tenga el producto en el momento que lo necesita y no después.

## **1.1 ANTECEDENTES.**

Se desarrolló un estudio con relación a una herramienta esencial de lean manufacturing en la empresa, lo que esta tuvo como resultado una experiencia en reducción de costos y tiempos de trabajo adicional a realizar, la herramienta que se utilizó en el proyecto fue un “poka yoke” (herramienta a prueba de error) para esto se aplicó los conocimientos de tiempos y movimientos, eliminación de desperdicio, aprovechamiento el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En el presente proyecto se ha analizado que la situación problemática es la prolongación excesiva de tiempo al retrabajar el producto, lo que nos lleva como consecuencia tener desperdicio de tiempo y costos.

Los problemas de calidad con el producto terminado conllevan a tener clientes insatisfechos, ya que cuando llegan las reclamaciones de cliente (“el comprador”) se analiza el proceso y se localiza que el área de retrabajos no realizó la actividad como debería.

Los retrabajos son en general, actividades fuera del proceso normal de fabricación, que requieren un trabajo adicional y por lo tanto crean el potencial de un riesgo adicional para la calidad del producto.



### **1.3 OBJETIVO GENERAL.**

Disminuir los tiempos de retrabajo manteniendo la calidad del producto mediante un manual estándar de procedimientos.

Con un manual de procedimientos estandarizados, se tiene la seguridad que el tiempo y las actividades que realiza el operador será la misma para todos, y ya no depende de la habilidad o experiencia de la persona porque existirán unos pasos a seguir con el tiempo estándar y se llega a la calidad deseada.

## **1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO.**

- 1.4.1 Identificar los retrabajos de mayor impacto para establecer un estándar de prioridad.
- 1.4.2 Analizar e identificar el origen de las variables de falla de los 3 retrabajos más prioritarios.
- 1.4.3 Establecer procedimientos de solución mediante herramientas textuales y visuales.
- 1.4.4 Integrar el manual de procedimientos.
- 1.4.5 Desarrollar pruebas de simulación para afirmar la funcionalidad del manual

## **1.5 ALCANCES**

Este proyecto se enfocará al ámbito metódico de impacto textual y visual, y será el resultado de un análisis histórico y de propuestas emergidas con análisis de la experiencia exitosa histórica abarcando los proveedores de producto final (de proveedores que suministran directamente el producto final a la armadora).

Este proyecto abarca únicamente a las industrias automotrices.

El manual será redactado en el idioma español e impreso y para su resguardo (dentro de las instalaciones de la empresa) y posterior impresión en formato electrónico.

Este proyecto no abarcará el análisis histórico de las ocurrencias esporádicas, no abarcando los proveedores que suministran el producto a la armadora.

No abarca el análisis interno del área de retrabajo, no abarca los procesos de gestión.

No abarca conocimientos básicos sobre partes o sistemas utilizados en el área de retrabajos.

No abarca el funcionamiento de maquinaria utilizado en el área.

Este manual no pretende hacer mejoras en la tecnología o en el producto.

## **1.6 RESULTADOS ESPERADOS.**

El impacto que tendrá este proyecto será enfocado en disminuir en al menos un 20% del volumen actual de retrabajos sus implicaciones financieras, técnicas, uso de capital humano y de entregas en tiempo que se tiene en esta empresa.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ESTUDIO DEL TRABAJO

Herramientas que se estarán utilizando y se hará mención de cada una de ellas en el proceso del proyecto.

➤ Técnicas del estudio del trabajo.

Estudio de métodos: registro de los modos existentes para aplicar métodos más sencillos y eficaces.

Medición de tiempo: técnica que determina el tiempo que invierte un operador en llevar efectuada la tarea.

Comenzaremos por explicar cada una de las técnicas.

Se entiende por estudio del trabajo a las técnicas, *al estudio de métodos y a la medición del trabajo que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la actividad estudiada, con el fin de efectuar mejoras.*<sup>2</sup> [ (Editores, 1994)

El estudio del trabajo está directamente relacionado con la productividad, puesto que sirve para obtener una producción mayor a partir de una cantidad de recursos dada. Productividad, se refiere a la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos empleados en la producción. En este sentido, la productividad es un indicador de la eficiencia productiva.

Para este proyecto partiremos de elevar la productividad utilizando los recursos existentes, ya que de lo contrario a la solución de modernizar maquinaria y equipo se exige grandes cantidades de desembolsos de capital y puede convertirse en una salida desacertada de divisas si el equipo y/o maquinaria no son de producción nacional y recurriendo a que la tecnología avanza puede obstaculizar los recursos de mano de obra. En cambio, en este proyecto se hará mediante un análisis sistemático de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo existentes con objetivo de mejorar su eficacia. Ya que, aplicando los

procedimientos sistemáticos se pueden lograr resultados equiparables, e incluso superiores a los obtenidos anteriormente.

La importancia del estudio del trabajo consiste tanto en investigar los problemas como para dar solución, dado que da resultados porque es sistemático se es indispensable estudiar y observar continuamente el desarrollo de las actividades, de modo que no se puede evitar ninguno de los factores que influyen en la eficacia de una operación puesto que se deben de recabar todos los datos relacionados con la actividad.

Cabe recalcar que es indefectible aplicar continuamente y de extremo a otro en la industria los resultados que se logren en el estudio del trabajo para que pueda surtir efecto, es preciso rechazar el desperdicio en todas sus formas desde materia prima, tiempo, esfuerzos y habilidades humanas.

Las técnicas relacionadas al estudio del trabajo son el estudio de métodos que consiste en registrar los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo y la medición del trabajo que es la aplicación de las técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado.



Tabla 1.0 Esquema para lograr mayor productividad

**El estudio de métodos** se usa para poder reducir las actividades y la medición del trabajo para poder reducir el tiempo improductivo y así formalizar la forma de procedimientos estandarizados.

El procedimiento básico al examinar cualquier problema es necesario tener un orden determinado para poder proseguir, que en este caso son:

1. **Definir**, el problema.
2. **Almacenar**, datos relacionados.
3. **Examinar**, los hechos



Los objetivos del análisis de valor son: ahorro de dinero, reducción de tiempos, mejora de: Calidad, Seguridad, Confiabilidad, Mantenimiento y Desempeño. Por ello requiere recursos humanos, financieros, tecnológicos y materiales para eliminar costos innecesarios, sin sacrificar calidad ni desempeño y mejorar calidad o desempeño sin incrementar costos.

El análisis del valor sirve para actividades conectadas (proceso de producción, serie de máquinas, etc.) Cada actividad tiene una justificación de estar presente. Y así como se descompone un producto, se detalla un proceso, para apreciar la forma de mejorarlo.

*La metodología del Análisis del Valor: describe las funciones, las evalúa, desarrolla alternativas, identifica el porqué de la existencia de las características de un producto, haciendo más fácil encontrar alternativas de: reducción de costos o mejora de la calidad.*

(Naim Caba Villalobos, 2001)

3. **Examinar**, en este punto se debe de depurar las cosas que no nos sirven como eliminar los partes innecesarios del trabajo con las preguntas ¿Qué? ¿Por qué se debe de hacer?  
se debe de combinar actividades siempre que sea posible utilizando las preguntas ¿Dónde? ¿cuándo se debe de hacer?, se debe de ordenar las nuevas operaciones para dar mejores resultados con las preguntas ¿Quién lo debe de hacer? Y por último simplificar la operación ¿Por qué se hacer de este método?
4. **Idear**, ¿Qué deberíamos de hacer? ¿dónde deberíamos de hacerlo? ¿Cuándo debería hacerse? ¿quién debería hacerlo? ¿cómo debería hacerse?
5. **Definir**, en base a las preguntas antes realizadas, se define la mejor solución.
6. **Aplicar**, se pone en práctica la solución propuesta.
7. **Mantenerlo**, se debe observar esporádicamente si la propuesta ha funcionado, delo contrario debe de realizarse el análisis nuevamente.

Por lo tanto, el estudio de métodos es la técnica principal para reducir la cantidad de trabajo, principalmente al eliminar movimientos innecesarios del material o de los operadores y sustituir los métodos “malos” por los “buenos”

**Medición del trabajo:** *es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo la operación.* [ (Editores, 1994)

Por lo tanto, la medición del trabajo sirve para investigar, reducir y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se ejecuta trabajo productivo, por cualquier causa.

La medición del trabajo muestra las fallas de la operación y la de los operadores, por eso suele encontrar mayor oposición que el estudio de métodos.

El procedimiento básico de la medición del trabajo consta de los siguientes puntos:

1. Seleccionar, el trabajo del estudio.
2. Registrar, todos los datos relativos en que se realiza el trabajo (métodos y elementos de la actividad).
3. Examinar, los datos registrados y verificar los métodos y movimientos más eficaces, separándolos de los improductivos.
4. Medir, la cantidad de trabajo de cada elemento, en tiempo.
5. Compilar, el tiempo de la operación (cronometrado).
6. Definir, la serie de actividades y el método de operación.

Las técnicas utilizadas para la medición del trabajo son: muestreo del trabajo, estudio de tiempos con el cronómetro, sistemas de normas predeterminadas y datos tipo.

El muestreo del trabajo es una técnica para determinar, mediante el muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de la actividad.

Estudio de tiempos, técnica de medición del trabajador empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución establecida. Para este estudio se requiere de un cronómetro y una hoja de observación.



## 2.1.2 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Se debe de tomar en cuenta una programación de las primeras 3 horas que comienza el turno para dichas pruebas y deben ser tomadas como lo sostiene la teoría de Benjamin W. Niebel que “la ingeniería de métodos es la técnica que se ocupa de incrementar la productividad del trabajo, eliminando todos los desperdicios de materiales, de tiempo y de esfuerzo; que procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos poniéndoles al alcance del mayor número de consumidores”.

Freivalds Niebel (2002) dice que el estudio de tiempos es una técnica para establecer un tiempo estándar permitido para realizar una tarea dada. Esta técnica se basa en la medición del contenido del trabajo con el método prescrito, con los debidos suplementos de fatiga y por retrasos personales inevitables.

Tomando en cuenta las actividades que se consideran productivas y las no productivas, es decir cuando se encuentran realizando alguna actividad con relación a su trabajo o cuando se encuentra en tiempo muerto.

Con los resultados que nos arroje utilizando los estudios de Niebel, se puede calcular el tiempo productivo y el no productivo en porcentaje como se muestra a continuación:

Tiempo productivo / tiempo total= Porcentaje

Tiempo no productivo / Tiempo total = Porcentaje

La suma de ambos porcentajes nos da una confiabilidad y lo restante nos dará un porcentaje de error permisible (Precisión). Con base a esto se calcula el tamaño de la muestra con la fórmula:

$$n = ( Z^2_{\alpha/2} ) ( p \cdot q ) / ( B^2 ) = \text{número de observaciones}$$

*Después de obtener los resultados del muestreo se debe calcular el tiempo estándar para las operaciones utilizando esta fórmula (Criollo, 2001).*

*Tiempo Estándar = TE*

$$TE = \frac{(\text{Tiempo total} * \text{Tiempo de trabajo} * \text{Índice de actuación}) * (100\%)}{\text{Número total de observaciones esperadas} (100\% - \text{Tolerancia})}$$

*Una vez determinado el tiempo estándar, se determina el número de operadores necesarios para cada turno. Formula (Criollo, 2001)*

$$IP = \text{Índice de producción} = \frac{\text{Observaciones esperadas del turno}}{\text{Tiempo disponible de un operador}}$$

$$NO = \text{Número de operarios} = \frac{TE * IP}{\text{Eficiencia}}$$

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta para la medición del trabajo utilizada con éxito desde finales del Siglo XIX, cuando fue desarrollada por Frederick Winslow Taylor (el padre de la Administración Científica) A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costo.

- Estudio de tiempos: actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.
- Estudio de movimientos: análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo.

Antes de emprender el estudio hay que considerar, básicamente, lo siguiente:

1. Para obtener un estándar es necesario que el operador domine la técnica de la operación que se va a analizar.
2. El operador debe saber que está siendo evaluado, así como su líder de grupo y portavoz.
3. El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación

4. El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una hoja de preparación y observación. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son el video cámara.
5. La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

## **2.2 PRINCIPIO DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS.**

Utilización del cuerpo humano,

1. Las dos manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.
2. Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez, excepto durante los periodos de descanso.
3. Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.
4. Los movimientos de las manos y del cuerpo deben caer dentro de la clase más baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo.
5. Debe aprovecharse el impulso cuando favorece al obrero, pero debe reducirse a un mínimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular.
6. Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambios de dirección repentinos y bruscos.
7. Los movimientos de oscilación libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados.
8. El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de las operaciones repetitivas, y el trabajo debe disponerse de modo que se pueda hacer con un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
9. El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo.

Relacionados con la distribución del área de trabajo

1. Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.

2. Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán, para no tener que buscarlos.
3. Deben utilizarse depósitos y medios de “abastecimiento por gravedad”, para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.
4. Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible.
5. Los materiales y las herramientas deben situarse en la forma que dé a los gestos el mejor orden posible.
6. Deben utilizarse, siempre que sea posible, eyectores y dispositivos que permitan al operario “dejar caer” el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos para despacharlo.
7. Deben preverse medios para que la luz sea buena, y facilitarse al obrero una silla del tipo y altura adecuados para que se sienta en buena postura.
8. La altura de la superficie de trabajo y la del asiento deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternativamente sentado o de pie.
9. El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la fatiga de la vista.

Área normal de trabajo. Movimiento de dedos, muñeca y codo.

*Figura 1.0 Área de trabajo*



## 2.3 ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS

*El estudio de los movimientos implica el análisis cuidadoso de los movimientos corporales que se emplean para realizar una tarea, cuyo propósito es eliminar o reducir los movimientos ineficientes y facilitar y acelerar los movimientos eficientes. A través del estudio de los movimientos en conjunto con los principios de la economía de movimientos, el trabajo puede rediseñarse para que incremente su eficiencia y genere un elevado índice de producción. [*

*(Benjamin W. Niebel, 2009)].*

Los esposos Gilberth fueron los pioneros en el estudio de los movimientos manuales y desarrollaron leyes básicas de la economía de movimientos que aún se consideran fundamentales.

Como parte del análisis de movimientos, los Gilberth concluyeron que todo trabajo, ya será productivo o no, se realiza mediante el uso de combinaciones de 17 movimientos básicos a los que ellos llamaron “Therbligs” por su apellido al revés, estas combinaciones se encuentran en la siguiente tabla ( tabla 1.2 ).

Tabla 1.2 Combinación de movimientos de los Gilberth

<b>Therbligs eficientes</b> (Avanza el progreso del trabajo directamente. Puede reducirse, pero es difícil eliminarlo completamente).		
<b>Therblig</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Alcanzar	RE	“Mover” la mano vacía hacia o desde el objeto; el tiempo depende de la distancia recorrida; por lo general es precedido por “Liberar” y seguido por “Sujetar”.
Mover	M	“Mover” la mano cargada; el tiempo depende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; por lo general es precedido por “Sujetar” y seguido por “Liberar” o “Posicionar”.
Sujetar o tomar	G	“Cerrar” los dedos alrededor de un objeto; comienza a medida que los dedos tocan el objeto y termina cuando se ha ganado el control depende del tipo de sujeción; por lo general, es precedido por “Alcanzar” y seguido por “Mover”.
Liberar	RL	“Soltar” el control de un objeto, típicamente el más corto de los therbligs.
Preposicionar	PP	“Posicionar” un objeto en una ubicación predeterminada para su uso posterior; por lo general ocurre en conjunto con “Mover”, como cuando se orienta una pluma para escribir.
Utilizar	U	“Manipular” una herramienta para el uso para el que fue diseñada; fácilmente detectable, a medida que avanza el progreso del trabajo
Ensamblar	A	“Unir” dos partes que embonan; por lo general es precedido por “Posicionar” o “Mover” y seguido por “Liberar”.
Desensamblar	DA	Es lo opuesto a “Ensamblar”, pues separa partes que embonan; por lo general es precedido por “Sujetar” y seguido por “Liberar”.

(Benjamin W.Niebel, 2009)].

<b>Therbligs ineficientes</b> (No avanza el progreso del trabajo. Si es posible, debe eliminarse)		
<b>Therblig</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Buscar	S	Ojos o manos buscan un objeto; comienza a medida que los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	“Seleccionar” un artículo de varios; por lo general es seguido por “Buscar”.
Posicionar	P	“Orientar” un objeto durante el trabajo, por lo general precedido por “Mover” y seguido por “Liberar” (en oposición a <i>durante</i> en Preposicionar).
Inspeccionar	I	“Comparar” un objeto con el estándar, típicamente a la vista, pero podría ser también con los demás sentidos.
Planear	PL	“Pausar” para determinar la acción siguiente; por lo general se lo detecta como un titubeo que precede a “Mover”.
Retraso inevitable	UD	Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina una búsqueda prolongada.
Retraso evitable	AD	El operario es el único responsable del tiempo ocioso, por ejemplo toser.
Descanso para contrarrestar la fatiga	R	Aparece periódicamente, no en cada ciclo; depende de la carga de trabajo física.
Parar	H	Una mano soporta el objeto mientras la otra realiza trabajo útil.

## 2.4 PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE TRABAJO: EL LUGAR DE TRABAJO.

Se determina la altura de la superficie del trabajo a través de la altura de los codos, la altura de la superficie de trabajo (ya sea que el operador este sentado o parado) debe determinar con base a una postura cómoda para el operador. Por lo general, esto significa que los brazos superiores deben colgar de una forma natural y los codos flexionarse a  $90^\circ$  de tal manera que los antebrazos estén paralelos respecto al puso.

[ (Anderson, 1988)].

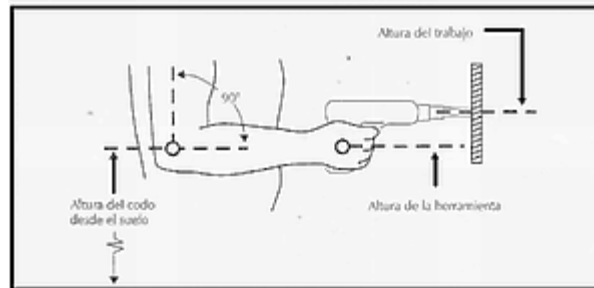


Figura 1.1 Diseño del trabajo: Flexión antebrazo

Ajuste la altura de la superficie de trabajo con base en la tarea que se realiza, para un ensamble que involucra un levantamiento de partes pesadas, representa una gran ventaja bajar la superficie de trabajo a 8 in, para utilizar los músculos más fuertes del tronco.

[ (Benjamin W.Niebel, 2009)

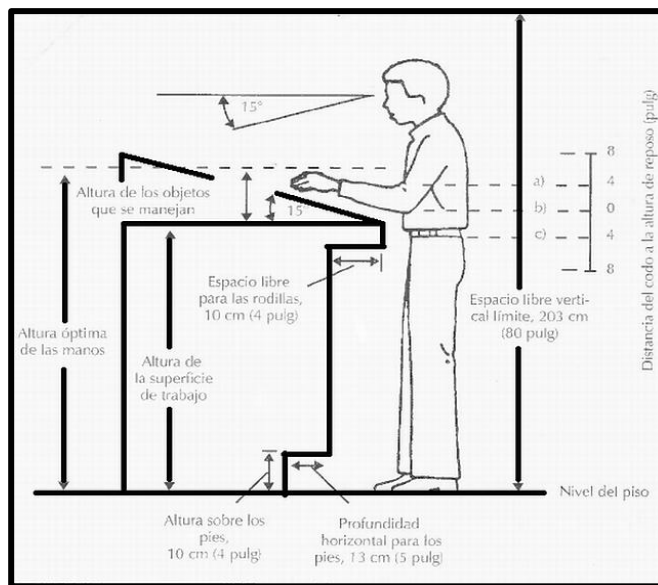


Figura 1.2 Diseño del trabajo: Superficie del trabajo

Promover los tapetes anti fatiga, para el operador que se encuentra de pie. Dichos tapetes permiten que se lleve a cabo las pequeñas contracciones musculares en las piernas que obligan a que la sangre circule y evitan que se tiendan a estancarse las extremidades inferiores.

Ubicación de las herramientas y materiales para permitir mejora la secuencia.

Utilizar los racks – contenedores por gravedad, entrega por caída para reducir los tiempos de alcanzar y mover.

## **2.5 DISEÑO DEL AMBIENTE DE TRABAJO**

Puntos clave:

- Proporcione iluminación general y sobre las tareas
- Controle el ruido en el ambiente
- Controle el estrés producido por la temperatura
- Proporcione movimiento de aire general y ventilación en áreas calientes

### **2.5.1 ILUMINACION**

La teoría de la iluminación se aplica a una fuente puntual de luz de una determinada intensidad luminosa, medida en candelas (cd). La luz emana esféricamente en todas las direcciones desde su origen con fuentes de 1 candela que emiten 12.57 lúmenes (lm) (en función al área de la esfera  $4\pi r^2$ ). La cantidad de luz que incide sobre una superficie se reduce en función del cuadrado de la distancia  $d$  en pies que hay entre la fuente y la superficie.

$$\text{Iluminancia} = \text{intensidad} / d^2$$

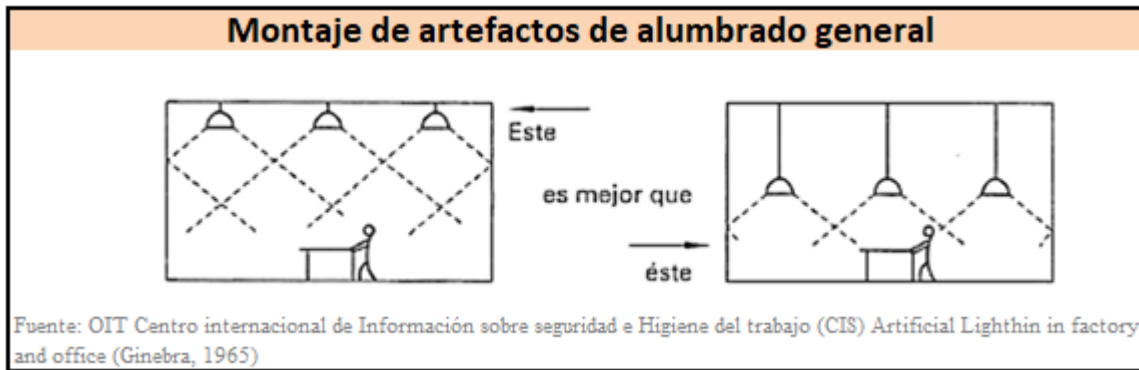


Niveles mínimos de iluminación recomendados para diferentes categorías de tareas		
Naturaleza del trabajo (esfuerzo visual)	Nivel mínimo de iluminación (Lux)	Ejemplos Típicos
Percepción general solamente	100	Salas de calderas, almacenes de materiales toscos y voluminosos, vestuarios
Percepción aproximada de los detalles	150	Trabajos toscos e intermitentes en banco de taller en máquina, inspección y recuento de existencias, montaje de grandes máquinas
Distinción moderada de los detalles	300	Trabajos con piezas de tamaño mediano en banco de taller o máquina, montaje e inspección de esas piezas, trabajos corrientes de oficina
Distinción bastante clara de los detalles	700	Trabajos finos en banco de taller o máquina, montaje e inspección de estos trabajos, pintura y pulverización extrafinas, cosido de telas oscuras
Distinción muy afinada de los detalles	1500	Montaje e inspección de mecanismos de precisión, fabricación de herramientas y matrices, lectura de instrumentos de medición.
Tareas excepcionalmente difíciles o importantes	300 o más	Relojería de precisión ( fabricación y reparación)

Fuente: OIT Centro internacional de Información sobre seguridad e Higiene del trabajo (CIS) Artificial Light in factory and office (Ginebra, 1965)

Fuente (trabajo, 1965)

Tabla 1.3 Niveles mínimos de Iluminación



(trabajo, 1965) Tabla 1.4 Alumbrado general

## 2.5.2 VISIBILIDAD

Se define como la claridad con la que las personas ven los objetos, los tres factores críticos de la visibilidad son el ángulo visual, el contraste y el más importante la iluminancia. El ángulo visual se define como ángulo subtendido en el ojo por el objetivo mientras que el contraste es la diferencia entre el objetivo visual y a su fondo. El ángulo visual se define en minutos de arco (1/60 de grado).

$$\text{Angulo visual (minutos de arco)} = 3438 \cdot h/d$$

Para el contraste:

$$\text{Contraste} = (L \text{ max} - L \text{ min}) / L \text{ max}$$

L = Luminancia. El contraste entonces está relacionado con la diferencia entre las luminancias máximas y mínimas del objeto.

La relación entre estos factores fue cuantificada por Blackwell (1959) en una serie de experimentos que condujeron al desarrollo de los estándares de la sociedad de ingeniería en iluminación (IESNA,1995)

### 2.5.3 RUIDO

Sonido indeseable.

El sonido puede definirse por frecuencias audibles por el oído humano varían desde aproximadamente 20 a 20 000 ciclos por segundo, comúnmente llamado Hertz. La ecuación fundamental de la propagación de onda es:

$$C=f \lambda$$

C= velocidad del sonido (1 100 pies /s)

F= frecuencia (Hertz)

$\Lambda$  = longitud de la onda (pies)

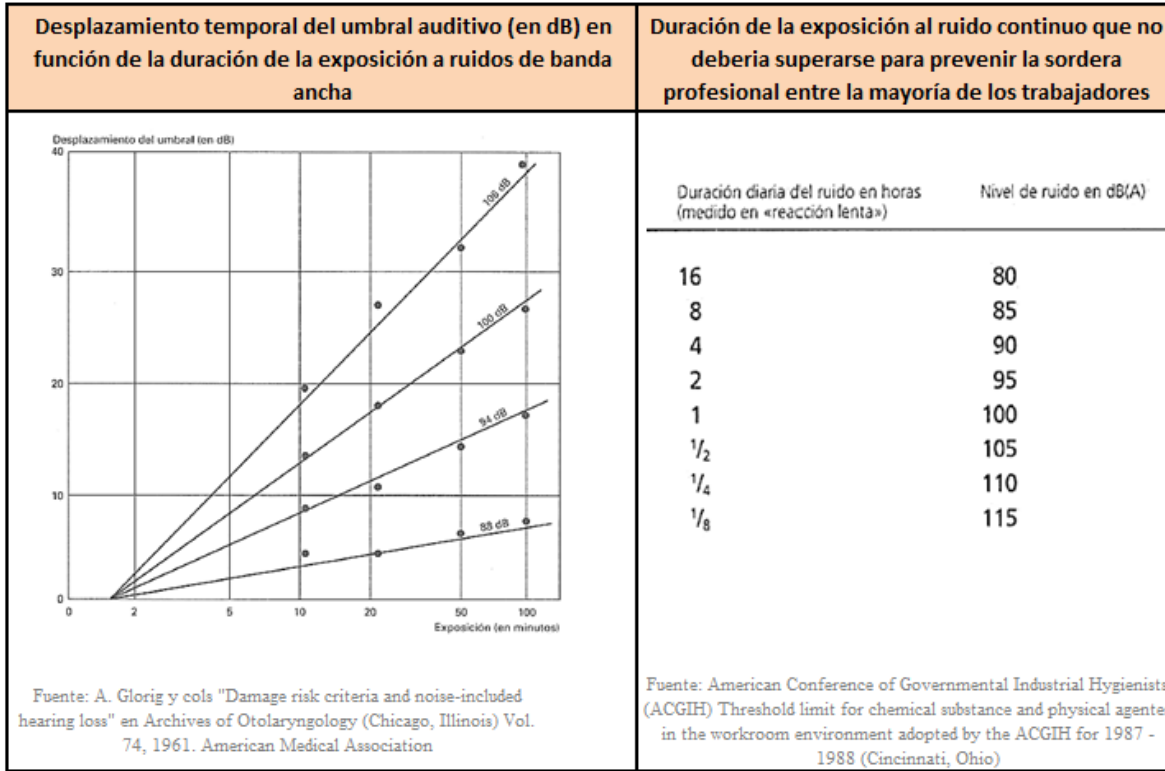


Tabla 1.5 Desplazamiento del umbral auditivo

Fuente: (cos, Vol. 74, 1961)

Fuente: ((ACGIH), 1988)

## 2.6 ESTANDARIZACIÓN

Un principio muy importante de eliminación de desechos es la estandarización de las acciones de los trabajadores, el trabajo estandarizado básicamente asegura que cada trabajo esté organizado y se lleve a cabo de la manera más efectiva. No importa quién esté haciendo el trabajo, se debe alcanzar el mismo nivel de calidad.

La estandarización de procesos tiene el objetivo de unificar los procedimientos precisos que utilizan diferentes prácticas para ejecutar el mismo proceso.

Un estándar lo podemos definir como “la descripción escrita y gráfica que ayuda a comprender las técnicas más eficaces y viables, proveen los conocimientos precisos sobre personas, máquinas, materiales, métodos mediciones e información, con el objeto de producir objetos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”. Realizar un trabajo estándar es hacer

las cosas siempre de la misma forma, usando los mínimos (y mismos) recursos para obtener siempre el mismo resultado. [ (Hernández, 2013)]

Por lo tanto, es posible alcanzar la composición que no es más que la reutilización de un proceso ya establecido como un componente (o sub-proceso) de otro proceso, que a veces está en otro departamento o sector de la empresa.

La estandarización de procesos, según el Productivity Press Development Team (2002), se define como un proceso que implica:

- Definir el proceso
- Informar
- Establecerlo
- Propiciar una mejora continua del estándar

Las principales contribuciones de la estandarización de una empresa son:

- La reducción de pérdidas
- La formación de la cultura de la empresa
- El aumento de la transparencia
- La reducción de la variabilidad

Manuales de procedimientos y la estandarización de procesos

Los manuales de procedimiento tienen como objetivo estandarizar el trabajo de modo que proporcione la calidad deseada. Sirven de guía para la ejecución de los procesos, facilitan la formación y ayudan a comprobar la conformidad de las actividades, además de convertirse en una importante fuente de información.

Un buen manual de procedimientos debe contener:

- La representación gráfica del proceso
- Las condiciones de inicio
- La interfaz con otros procesos
- Las actividades
- Las rutas de ejecución del proceso

Además, se deben incluir textos auxiliares con diversas informaciones sobre cada actividad, tales como reglas del negocio, entrada, salida, área responsable, entre otras.

Los manuales de procedimientos son un material importante para las empresas que buscan estandarizar los procesos.

### **Beneficios del trabajo estandarizado**

Repetible: el trabajo se vuelve predecible, repetible, consistente y estable, ya que los operadores realizan lo mismo.

Mejorable: se centra en encontrar el mejor método para identificar desperdicio en lo que ya está definido y mejorado.

Medible: el trabajo estandarizado utiliza varias herramientas que nos ayudan a identificar, cuantificar y eliminar desperdicios.

Controlable: las normas se establecen para todos los turnos y rotaciones, lo que impide cualquier desviación del proceso.

Observable: con las operaciones estandarizadas, las “cosas” u “operaciones” anormales, pueden sobre salir notablemente.

Entrenable: los métodos de funcionamiento están minuciosamente documentados y estandarizados que hace más fácil formar a nuevos empleados.

## **2.7 FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING**

Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in time. Lean Manufacturing consiste en la aplicación sistemática de un conjunto de técnicas en busca de la mejora de los procesos productivos a través de la mejora de tiempos, optimización de la distribución de planta, calidad, reducción de todo tipo de desperdicios –que los definiremos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios– entre otras.

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo basada en las personas, La clave del modelo está en generar una nueva cultura que tienda a encontrar la forma de aplicar mejoras tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de producción, considerando fundamental la colaboración y comunicación entre directivos, mandos, y operarios, es decir, involucrar por completo a todos los integrantes de la organización, problema principal para su implementación es la falta de convicción de los directivos sobre los resultados que pueden obtener, la resistencia al cambio por parte de los trabajadores y la falta de liderazgo.

Tiene sus cimientos en una cultura de “analizar, pensar y actuar” desplegada de la experiencia de las personas que están en contacto directo con los problemas, define la forma de mejora y optimización del sistema de producción orientado en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios (enfocándose a siete principales).

Para alcanzar sus objetivos aplica de forma sistemática un conjunto de técnicas que cubren desde puestos de trabajo, flujo interno de producción gestión de la cadena de suministro, hasta mantenimiento y gestión de la calidad. Su objetivo final es generar una nueva cultura de mejora en la organización empresarial, basada en la comunicación y trabajo en equipo, buscando continuamente nuevas y más ágiles formas de hacer las cosas.

[ (Hernández, 2013)]

Lean no sólo se aplica en empresas de manufactura, sino en todo tipo de organizaciones. Al rededor del 60% de los costos de un producto o servicio se pueden atribuir al área administrativa de los procesos. Por eso, cada vez se aplica con gran éxito los principios de Lean en muchos departamentos de compañías de distintas industrias igualmente con los objetivos de eliminar desperdicios y reducir costos. Es importante mencionar que la filosofía Lean Manufacturing no tiene como un objetivo eliminar a las personas, sino usarlos de la manera más eficiente.

[ (Tapping, 2010).]

### 2.7.1 DIAGRAMA GANTT

Una vez que se han identificado los principales problemas en la empresa es necesario elaborar un plan para el análisis de las causas raíz, sus posibles soluciones y las acciones que se llevaran a cabo para su resolución, es decir, se necesita una herramienta para gestionar los proyectos, y lo más usual es utilizar un diagrama de Gantt, el cual plasma de manera muy visual, a través de un cronograma de barras horizontales, las actividades que forman parte de un proyecto y su temporalización, además, facilita el control de la progresión en la realización de las tareas y de los recursos destinados al proyecto.

El diagrama de Gantt se consideró muy revolucionario cuando se introdujo en la gestión de proyectos, el primer diagrama de este tipo fue desarrollado por Karol Adamiecki, quien desarrollo un “Harmonograma” pero no publicó su diagrama hasta 1931. Henry Gantt dio a conocer su diagrama en el año 1910, publicado por la Revista Ingeniería en Nueva York.

Los diagramas de Gantt hacen visual un proyecto y, en consecuencia, más comprensible. Su diseño implica un orden, con lo cual contribuye a organizar las ideas y tener claras las prioridades, por lo que para la generación de un diagrama de Gantt se necesita de tres aspectos fundamentales:

1. Definición de las tareas, puntualizar qué actividades requiere el proyecto y qué implicaciones tiene cada una de ellas en cuanto a recursos.
2. Definir y marcar fechas de inicio y final de cada actividad, su duración y orden de consecución.
3. Definir la dependencia entre tareas para ajustar bien los tiempos y evitar empalmarlos o tener tiempo muerto.

[ (Rebiere, 2000)]

## 2.7.2 DIAGRAMA DE PARETO

Este diagrama tiene su origen en 1909 el economista y sociólogo Vilfredo Pareto (1848-1923) publicó los resultados de sus estudios sobre la distribución de la riqueza, observando que el 80% de la misma se encontraba concentrada en el 20% de la población,<sup>39</sup> y más tarde Juran lo retomaría en su obra “Manual de Control de la Calidad”.

A este principio también se le conoce como relación 80/20 y parte de la premisa de que pocas causas producen la mayor parte de los problemas y muchas causas carecen de importancia relativa y se puede aplicar en muchas situaciones, por ejemplo, el 80% de los defectos de un producto se debe al 20% de causas potenciales, el 80% de los problemas de una organización son debidos a un 20% de las causas posibles, evidentemente, la relación no debe ser exactamente 80/20, pero sí se puede aventurar que unas pocas causas son responsables de la mayor parte de los problemas. Una importante aplicación este principio está en el diseño de programas de mejora de la Calidad de modo que una mejora deberá tener como objetivo a los pocos vitales.

Para la construcción de un diagrama de Pareto:

1. Clasificar los datos por categorías de acuerdo a un cierto criterio (por tipo de problema, por fase de trabajo, por máquina, etc.).
2. Elegir un determinado periodo de observación que dependerá de la cantidad de productos fabricados.
3. Obtener datos y ordenarlos, se recogerán los datos en una tabla, se ordenaran descendientemente y se calculara la frecuencia, frecuencia acumulada, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada.
4. Dibujar diagrama, en un plano cartesiano tipo de problema contra frecuencia en una gráfica de barras y con un polígono de frecuencia graficar tipo de problema contra frecuencia relativa acumulada.

[ (Arnoletto, 2007)]



### 2.7.3 ANÁLISIS DE LOS 5 PORQUES

Teniendo ya identificados los principales problemas que afectan al proceso, es necesario realizar un análisis más profundo para encontrar las verdaderas causas que originan dichos problemas, es decir, identificar la Causa Raíz” de cada uno de ellos. Para esto existen dos principales técnicas, la primera son “Los Cinco Porqués”, la cual es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas, algo contrario podría ocasionar que el equipo falle en identificar las causas raíz del problema debido a que se profundizo lo suficiente.

La técnica requiere que el equipo pregunte ¿Por qué? aproximadamente cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle, una vez que sea responder al ¿Por qué?, la o las causas raíces habrán sido identificadas.

### 2.7.4 YAMAZUMIS

Yamazumi es una palabra japonesa que significa literalmente “Llenar en montones”. Un tablero del Yamazumi es una herramienta para alcanzar la línea balance, con las tiras del papel o de la tarjeta que representa tareas particulares. Toyota utiliza gráficos Yamazumi en sus procesos para presentar visualmente el contenido del trabajo de una serie de tareas y facilitar la coordinación del trabajo y la eliminación de valor no agregado en las operaciones de un proceso productivo

Un gráfico de Yamazumi es una gráfica de barras, que muestra el balance de cargas de trabajo y el tiempo de ciclo entre un número de operarios de una línea de producción o conjunto de células, de tal forma, que se puede saber cuáles son las actividades que realiza cada operario y el tiempo de duración de cada una de ellas. Las tablas Yamazumi pueden ser de un solo producto o línea de ensamble de múltiples productos.

El proceso empresarial comienza en la base de la columna, donde se registran los puestos de trabajo que componen un proceso productivo, y cada bloque se muestra el tiempo que emplea

en cada operación tomada en minutos. Las actividades son registradas con un color característico al tratamiento que se le debe dar para el análisis, es decir, los pasos que son necesarios para el proceso, pero en realidad no "añaden valor" son de color naranja; los pasos que marcan una diferencia real y transforman el producto, es decir, agregan valor al producto son de color verde y finalmente los residuos en el proceso como transportes, reprocesos, y desperdicios en general son de color rojo. De los resultados que arroja una tabla Yamazumi, se debe centrar en las actividades de color rojo, las cuales deben ser eliminadas mediante técnicas como Kaizen y demás herramientas del Lean Manufacturing.

[ (SERVICES, 2018)]

## 2.7.5 5´S ORDEN Y LIMPIEZA

La metodología de las 5´S , método que se creó en Toyota en los años 60 , 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 al igual que mejorando la calidad en los procesos. [

(Sacristán, 2005)]

Los cinco principios fundamentales de las 5´s son:

- “Seiri” Clasificación u Organización:

Separe lo que realmente sirve de lo que no.

En el área de retrabajos se cuenta con materia prima, SCRAP, herramientas, computadoras, personal en tiempo de espera, autos en espera. Esto se debe de clasificar en elementos que sirven en ese lugar de trabajo y cuáles no. Las ventajas que logramos al clasificar es que se obtiene un espacio adicional, se elimina el exceso de herramientas y objetos SCRAP, se disminuyen movimientos innecesarios para los operadores, se elimina el exceso de tiempo en los inventarios y se eliminan despilfarros.

- “Seiton” Orden:

Disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario identificando el grado de utilidad.

Disponer de sitios debidamente identificados para poder ubicar rápidamente los elementos que se emplean con poca frecuencia.

Utilizar la identificación visual, de tal manera que permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición.

En el área de retrabajos se cuenta con procesos diferentes, tenemos retrabajos mecánicos, electrónicos y desmonte de motor; para esto es importante ordenar el material de acuerdo al

uso de frecuencia de cada proceso colocando ayudas visuales de la herramienta de las cuales que se está estableciendo el sitio.

- “Seiso” Limpieza:

Se busca integrar la limpieza como parte del trabajo, una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario a la cual debe de llegar a realizar cada operario al fin de su turno, así cada comienzo de turno las herramientas se encontrarán dónde deben estar, logrando así eliminación de tiempos muertos y vehículos contaminados. Se incrementará la calidad de los procesos al igual que la vida útil de las herramientas y equipos y lo más importante la percepción que tiene el cliente acerca de los procesos y el producto final.

*La herramienta a utilizar es: Hoja de verificación de inspección y limpieza.*

- “Seiketsu” Estandarización:

Mantener el grado de organización, orden y limpieza alcanzado con las tres primeras fases; a través de señalización, manuales, procedimientos y normas de apoyo. Se utilizarán ayudas visuales para mostrar cómo mantener el área ordenada.

- “Shitsuke” 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.

## 2.7.6 HOJA DE OPERACIÓN ESTÁNDAR

Una hoja de operación estándar es: el método de trabajo por el cual se elimina la variación, desperdicio y el desequilibrio, realizando las operaciones con mayor facilidad, rapidez y menor costo teniendo siempre como prioridad la seguridad, asegurando la plena satisfacción de los clientes; hacer siempre lo mismo de la misma manera.

[ (Correa, 2007)]

El trabajo estandarizado tiene una gran importancia cuando trata de trabajo en equipo pues finalmente es parte de la cadena de valor cuando lo que se busca es entregar en tiempo takt.

El Trabajo estandarizado se sirve de cuatro herramientas principales:

1. La Hoja de Capacidad de Operación: Señala la máxima capacidad de producción de cada máquina durante el proceso. Para ello se considera el tiempo estándar manual y el automático. El dato obtenido se refiere a unidades de tiempo por pieza. Con esta herramienta sabremos qué tan cerca estamos del ritmo de producción.

2. La Gráfica de Trabajo Combinado: Se refiere al flujo de trabajo humano durante el proceso, así como el tiempo requerido en cada fase de la operación. Esta información es crucial a la hora de asignar la fuerza laboral en cada puesto de trabajo.

3. La Gráfica de Trabajo Estandarizado: Se trata de un diagrama gerencial que ilustra la secuencia de trabajo que se realiza en cada puesto.

4. Gráfica de Operación Estándar: misma que muestra paso por paso cada una de las secuencias de trabajo.

Las cuatro Herramientas del trabajo estandarizado El trabajo estandarizado es parte de la cadena de valor cuando lo que se busca es entregar en tiempo takt les presentamos estas útiles herramientas.

Estas herramientas son mucho más poderosas de lo que se piensa. Es una garantía que al seguir la secuencia del trabajo estandarizado podemos asegurar entregas a tiempo al cliente, productos sin defectos y sobretodo seguridad a nuestros empleados, por esta razón les

recomiendo que no dejen de implementar estas importantes herramientas que son base fundamental para cimentar una buena calidad en una implementación Lean.

[ (Latuga, 2000)]

### **III. METODOLOGÍA**

Este manual se desarrollará con procedimientos estandarizados para la agilización de tomas de decisiones de operación y gerenciales mediante un índice de alta eficiencia de búsqueda.

Este manual será entregado en físico y en digital, en ambas partes contendrá:

- El objetivo.
- El índice.
- Descripción detallada de la base de datos.
- La sección de solución de problemas contendrá ayudas visuales.
- Las pestañas para agilizar la búsqueda.

### **3.1 RESPONSABILIDADES.**

La autora, estudiante de la Maestría en Manufactura Avanzada es responsable del planteamiento del proyecto, su desarrollo y finalización, así como de la elaboración del presente documento.

El Mtro. Hector Aguilar Herrera, Director de Tesis, es responsable de la observación de las buenas prácticas en la ejecución del proyecto al amparo del Reglamento Institucional para la obtención del grado y de la calidad temática del contenido de la tesis.

El Líder de Grupo de la Empresa, es el responsable de permitir al estudiante el ingreso (bajo las respectivas condiciones de seguridad que apliquen) a la Empresa para que pueda desarrollar las actividades involucradas en el proyecto y de otorgar permiso para que la documentación del mismo pueda ser material para obtención del grado de Maestro en Manufactura Avanzada

El Gerente del área de la empresa, es el responsable de validar el manual de procedimientos del estudiante, así como llevarlo a cabo en la práctica con el personal de producción.

## 3.2 MÉTODOS

A lo largo de este proyecto se utilizarán las herramientas que la metodología Lean Manufacturing marca como estándar, como son:

**Diagrama de Pareto**, identifica los defectos que se producen con mayor frecuencia, las causas más comunes de los defectos.

**Análisis de los 5 porqués**, determina la causa raíz de un problema.

**Yamazumis**, representa las formas en que se reparte el tiempo o la capacidad de los medios productivos entre producción y problemas.

**5´s**, crea condiciones de trabajo que permiten la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia.

**Hoja de operación estándar**, establece las operaciones necesarias para el proceso.

Como también estaremos guiándonos con el **diagrama Gantt** para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Nos permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.

## 3.3 HERRAMIENTAS

### 3.3.1 ESTUDIO DE TIEMPOS

Requerimientos fundamentales para el estudio de tiempos son los siguientes:

- Responsabilidad del analista, siempre honesto, tener tacto y buenas intenciones.
- Responsabilidad del supervisor, avisar anticipadamente al operador que será estudiada la operación.
- Responsabilidad del sindicato, conocer los estándares de tiempo deficientes que ocasionan problemas tanto a los operadores como la administración.



- Responsabilidad del operador, dar una oportunidad justa a los nuevos métodos y cooperar para eliminar las fallas que se pudieran tener.

Equipo para el estudio de tiempos:

- Cronometro
- Tablero de estudio de tiempos

[ (Benjamin W.Niebel, 2009)].

### **3.3.1.1 ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS**

Selección del operador, desempeño promedio, que trabaje de forma consistente y sistemática.

Posición del observador, de pie y a unos cuantos pies atrás del operador para poder visualizar completamente su operación.

Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos, el continuo y el de regresos a cero.

En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento. Método que utilizaremos para este proyecto

En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio.

Los objetivos del estudio de tiempos es minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos, conservar los recursos y minimizar los costos, proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

El estudio de movimientos se puede aplicar en dos formas, el estudio visual de los movimientos y el estudio de los micros movimientos. El primero se aplica más frecuentemente por su mayor simplicidad y menor costo, el segundo sólo resulta factible cuando se analizan labores de mucha actividad cuya duración y repetición son elevadas. Los objetivos del estudio de movimientos es eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar u optimizar los movimientos eficientes.

[ (Meyers, 2000).]

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 DIAGRAMA GANTT (PROGRAMA DE TRABAJO)**

Objetivo general:		Introducir manual de de procedimientos para disminuir los tiempos de retrabajo																							
Objetivos específicos (Etapas)	Resp.	Actividades	Resp.	Secuencia (requisito previo)	Recursos necesarios		Duración (semanas)	Semana														Entregables por actividad	Entregables por etapa		
					Humanos	Técnicos		Febrero				Marzo				Abril				Mayo					
								S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19			S20	S21
1) Historial de 6 meses de retrabajos	DKRB	Solicitar del portal interno: temas de retrabajo y tiempo por auto	DKRB	N/A	-	Portal Interno	1+2	1														Archivo histórico digital	Datos históricos aprobados de 6 meses.		
		Revisar los temas y tiempos con el Líder de grupo del área	DKRB/LG		1LG,1RA	Sala de juntas.			1																Datos aprobados.
2) Localizar los retrabajos primordiales	DKRB	Separar datos por número de autos y por tiempo	DKRB/LG	1	1LG, 1RA, 1CP	Excel, sala de juntas	2			1	1										Archivo digital ( taba dinámica ) Protocolo y fotocoll firmado de acuerdos.	Tener 3 temas con mayor tiempo retrabajado.			
3) Estudio detallado de los temas de mayor tiempo retrabajado	DKRB	Observar operación	DKRB	1-2	3RA	Producción, Impresora	3+3					1	1	1								Conocer por etapas el procedimiento desamblaje	Manual de procedimiento desamblaje		
		Toma de tiempos y movimientos	DKRB		3RA	Producción, Impresora							1	1	1										
4) Toma de tiempos de desamblaje	DKRB	Observar operación del manual	DKRB	1-2-3	3RA	Producción, Impresora,WIFI	2+2													1	1	Establecer los tiempos del procedimiento de desamblaje	Manual de procedimiento desamblaje con tiempos		
		Toma de tiempos y movimientos	DKRB		3RA	Producción, Impresora, WIFI																		1	1
5) Revisión con el área del manual	DKRB	Establecer una junta periodica de 1 mes	DKRB	1-2-3-4	3LG,GA	Sala de juntas, impresora, WiFi, Producción	2															1	1	Protocolos y acuerdo firmado	Manual de procedimientos firmado por el gerente de área

Responsables:  
 DKRB:Dina Karina Rodríguez Barradas  
 LG: Líder de Grupo  
 RA: Responsable actividad.  
 CP: Colaborador Control de producción  
 GE: Gerente del área

Perfil:



## 4.2 OBJETIVO #1: HISTORIAL DE RETRABAJOS

Comenzando con una base de datos de un historial de 6 meses que se obtuvo bajo el régimen del sistema interno que puede almacenar la información hasta por un año, se pudieron descargar los retrabajos que se fueron registrando a lo largo de los días productivos capturados por los propios operadores que realizan a la actividad, en esta base de datos se encuentran los títulos como:

- El departamento causante del retrabajo, ya sea interno o de proveedor
- El componente que se dañó o se debió de reparar
- El grupo del cual pertenece el componente
- El número de VIN
- El número corto del automóvil
- El tipo de falla que se tuvo
- La fecha en la que se registró el retrabajo
- El lugar donde se retrabajo
- El retrabajo que se realizó
- El tiempo del retrabajo

Con la ayuda de esta base de datos y con un líder de grupo se pudieron confirmar los tiempos y los retrabajos que estaban registrados.

*Por lo* que pudimos concluir que por cada auto se tenía un promedio de 82.36 minutos lo que equivale a 1.37 horas en ser retrabajados y con un porcentaje del 78.63% de autos retrabajados del 100% al salir de producción.

$$\emptyset \text{ en retrabajo} = \frac{3.953.650,00}{48.002,00}$$

$$\emptyset \text{ en retrabajo} = \frac{82.36}{60} \mathbf{1.37 \text{ hrs/ Auto}}$$

Tabla 1.6 Tabla con conceptos de retrabajos determinados por número de autos y minutos.

Conceptos de retrabajo	Cuenta de Autos	Suma de tiempo (Min.) de retrabajos	Minutos por auto retrabajado
Pieza / funcionalidad	12.437,00	1.208.524,00	97,17
Funcionalidad	10.074,00	693.728,00	68,86
Sistema eléctrico	6.160,00	715.890,00	116,22
Unidades de control, servicios	7.089,00	369.879,00	52,18
Ruidos, vibraciones	2.988,00	203.814,00	68,21
Dentro de las medidas prescritas	2.267,00	184.531,00	81,40
Piezas a granel	2.228,00	179.945,00	80,77
Falta de estanqueidad	1.262,00	141.050,00	111,77
Ensuciamiento	1.196,00	108.309,00	90,56
Unión / conexión	1.165,00	56.339,00	48,36
Óptica / Superficie	595,00	44.137,00	74,18
Fabricación del vehículo: Logística, proc., compr.	284,00	22.471,00	79,12
Producción	140,00	14.356,00	102,54
Pintura / pintado	84,00	7.907,00	94,13
Concepto	33,00	2.770,00	83,94
<b>Total general</b>	<b>48.002,00</b>	<b>3.953.650,00</b>	<b>1.249,40</b>

### 4.3 OBJETIVO #2: LOCALIZAR LOS RETRABAJOS PRIMORDIALES

Posteriormente se realizó un diagrama de Pareto y se pudieron rescatar los primeros 5 temas principales de retrabajo y con el mayor tiempo utilizado en cada uno, para así poder comenzar a trabajar en los temas primordiales y lugar que atacaremos.

El 80% se alcanza en Ruidos, vibraciones.

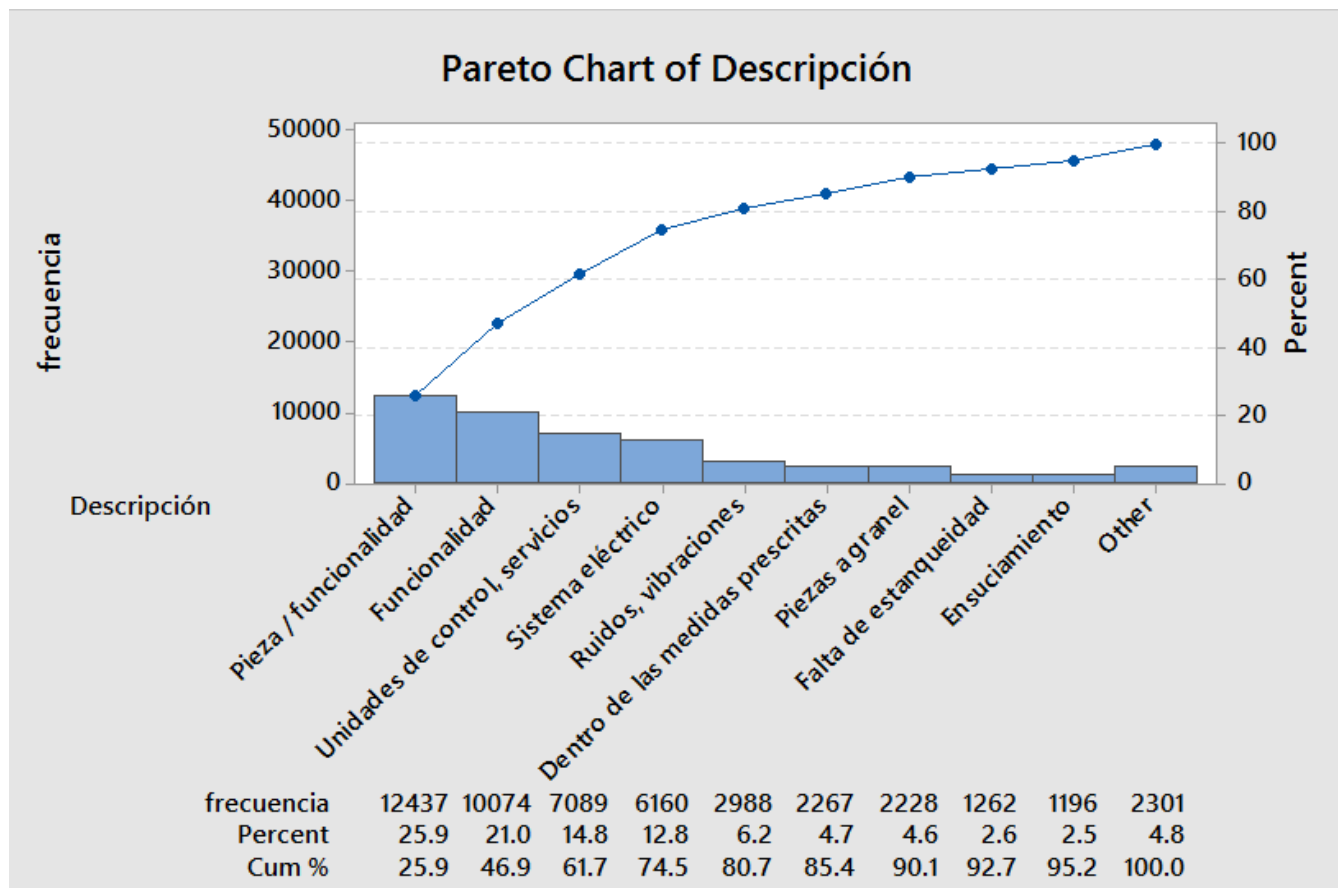
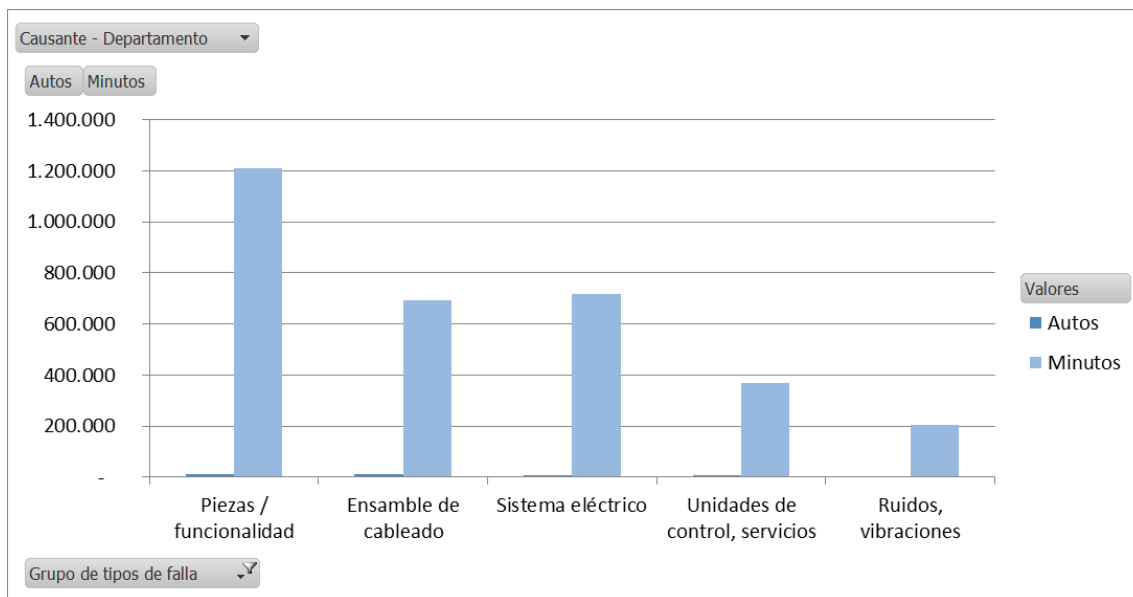


Tabla 1.7 Diagrama de Pareto con los retrabajos primordiales



Tabla 1.8 Retrabajos primordiales tomados del diagrama de Pareto con su lugar de registro.

<b>Conceptos de retrabajo</b>	<b>Cuenta de Autos</b>	<b>Suma de tiempo (Min.) de retrabajos</b>	<b>Lugar de registro</b>
<i>Piezas / funcionalidad</i>	12,437.00	1,208,524.00	<i>Mecánicos / eléctricos</i>
<i>Sistema eléctrico</i>	6,160.00	715,890.00	<i>Electrónicos</i>
<i>Ensamble de cableado</i>	10,074.00	693,728.00	<i>Mecánicos / eléctricos</i>
<i>Unidades de control, servicios</i>	7,089.00	369,879.00	<i>Retrabajo agravado</i>
<i>Ruidos, vibraciones</i>	2,988.00	203,814.00	<i>Pista de pruebas</i>

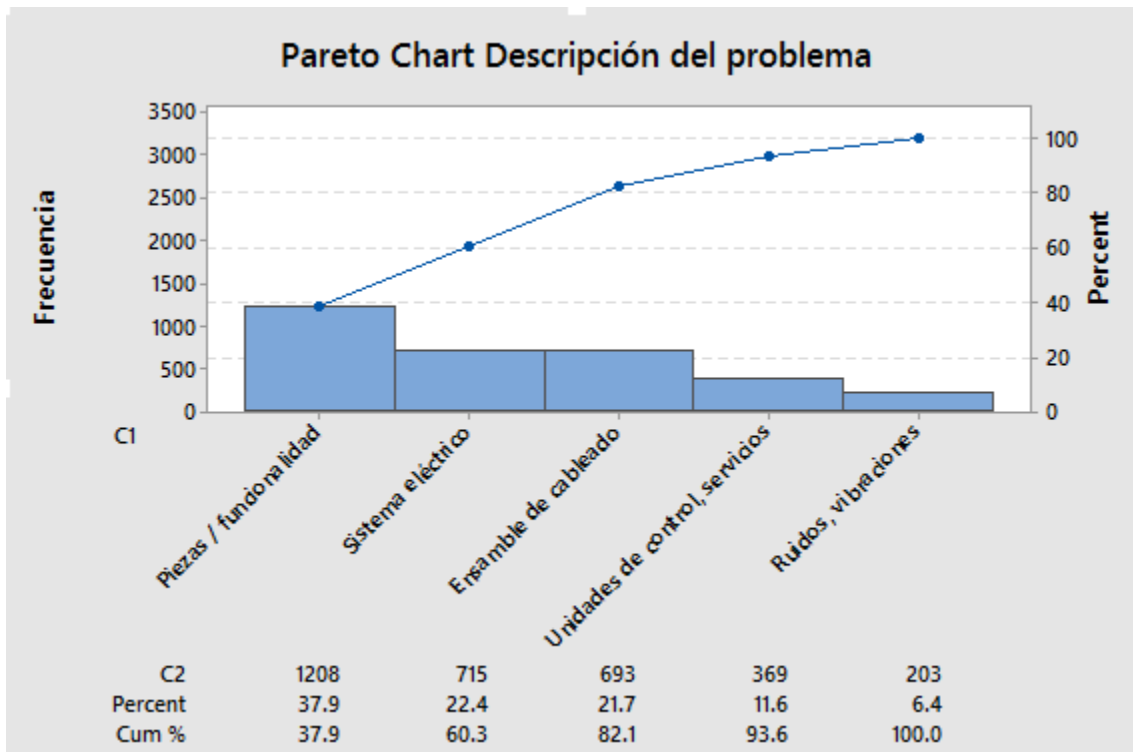


Derivado de este análisis, consecutivamente se realizó un diagrama de Pareto para poder observar los temas y los minutos aproximados por día que se llevan a cabo en cada retrabajo de mayor a menor.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos y rebotes internos del pronosticado. El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarla.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema. Por lo que aquí se puede observar que la mayor parte de los defectos encontrados están en Piezas/funcionalidad y sistema Eléctrico, de manera que si se eliminan las causas que los provocan desaparecería la mayor parte de los defectos.

Tabla 1.9 Diagrama de Pareto de los retrabajos a analizar.



Este resultado nos arroja el diagrama de Pareto donde nos indica que la mayor frecuencia se encuentra en Piezas Funcionalidad seguido de sistema eléctrico y ensamble de cableado, en este punto es donde se encuentra el 80% contra el 20% que es Unidades de control y ruidos.

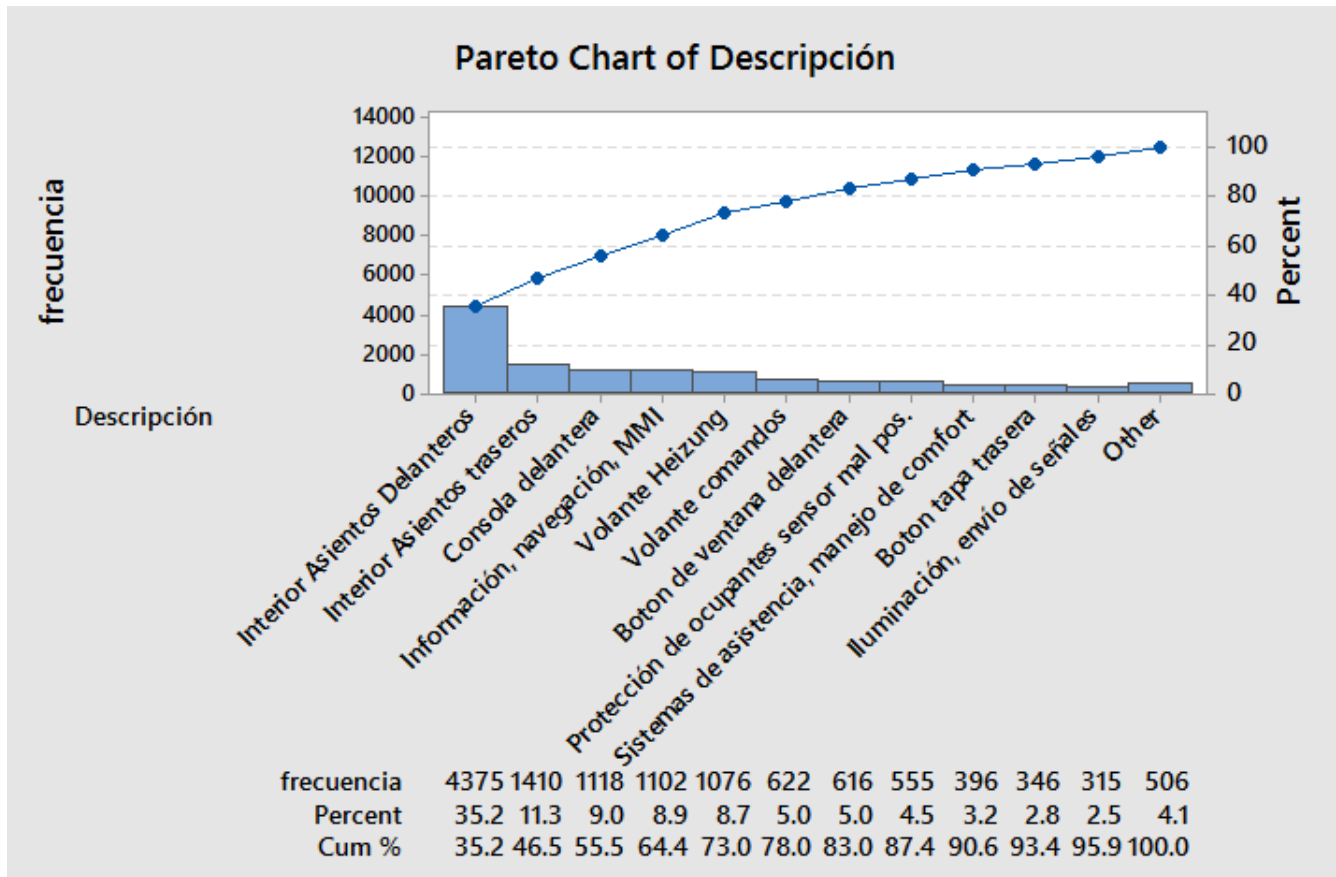
En este caso, la causa que más peso tiene es: “Piezas/ funcionalidad”.

Decidimos que vamos a trabajar sobre esa causa buscando más causas a través de otro diagrama de Pareto como nuestro a continuación. Se pueden también utilizar otras herramientas como el diagrama causa-efecto, el brainstorming, etc.

Tabla 2.0 Temas internamente del concepto de Piezas/ Funcionalidad

<b>Conceptos de retrabajo</b>	<b>Cuenta de</b>	
	<b>Autos</b>	<b>(Min.) de retrabajos</b>
<i>Interior Asientos Delanteros</i>	<u>4,375</u>	<u>407,780</u>
<i>Interior Asientos traseros</i>	<u>1,410</u>	<u>148,452</u>
<i>Consola delantera</i>	<u>1,118</u>	<u>146,889</u>
<i>Información, navegación, MMI</i>	1,102	137,256
<i>Boton de ventana delantera</i>	616	73,113
<i>Volante Heizung</i>	1,076	60,661
<i>Volante comandos</i>	622	54,209
<i>Sistemas de asistencia, manejo de confort</i>	396	38,379
<i>Protección de ocupantes sensor mal pos.</i>	555	35,468
<i>Boton tapa trasera</i>	346	28,484
<i>Iluminación, envío de señales</i>	315	26,821
<i>Sistemas de techo, estructuras especiales</i>	193	26,381
<i>Protección de peatones sensor mal pos.</i>	195	13,206
<i>Espejo retrovisor boton</i>	52	6,544
<i>Rejillas Climatización</i>	66	4,881
<b>Pieza / funcionalidad</b>	<b>12,437.00</b>	<b>1,208,524</b>

Tabla 2.1 Diagrama de Pareto de los temas primordiales del concepto Pieza/ Funcionalidad



Como se puede observar el 80% se encuentra en “Volante comandos”, sin embargo, de acuerdo al objetivo del proyecto se toman los 3 primeros retrabajos que son: “Interior de asientos delanteros, Traseros y consola delantera”.

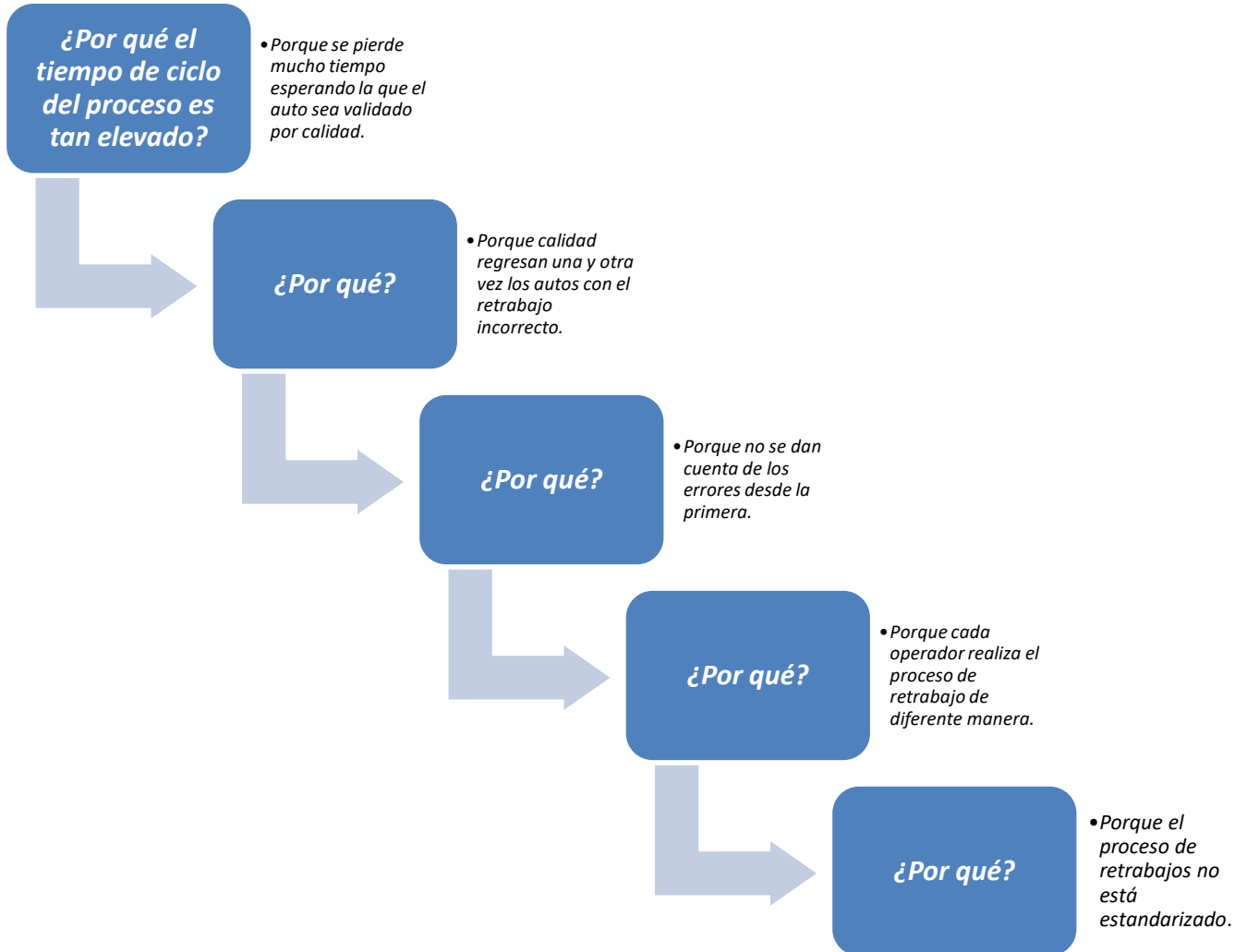
Al realizar este análisis nos dimos cuenta de que la mayoría de estas causas conlleva a que el auto no queda aceptado por calidad a la primera vuelta y regresa al área para poder realizar nuevamente el proceso y así varias vueltas para poder validar la operación.

Tabla 2.2 Número de vueltas a retrabajos, en cuanto a concepto

<b>Conceptos de retrabajo</b>	<b>Cuenta de Autos</b>	<b>Cuenta máxima de Autos de segunda vuelta</b>
<i><u>Interior Asientos Delanteros</u></i>	<u>4,375</u>	<u>4</u>
<i><u>Interior Asientos traseros</u></i>	<u>1,410</u>	<u>3</u>
<i><u>Consola delantera</u></i>	<u>1,118</u>	<u>2</u>
<i>Información, navegación, MMI</i>	1,102	2
<i>Botón de ventana delantera</i>	616	2
<i>Volante Heizung</i>	1,076	2
<i>Volante comandos</i>	622	1
<i>Sistemas de asistencia, manejo de Confort</i>	396	1

Como podemos observar tenemos los asientos delanteros, traseros y consola como los primeros problemas identificados.

Con los principales problemas identificados y observado gráficamente el flujo de la información, procedimos a realizar el análisis de causa raíz, primero con la herramienta de los 5 Porqués, resultando nuestro análisis como sigue:



#### 4.4 OBJETIVO #3: ESTUDIO DETALLADO DE LOS TEMAS DE MAYOR TIEMPO RETRABAJADO

En el estudio anteriormente realizado se destacaron los siguientes 3 retrabajos:

<b>Conceptos de retrabajo</b>	<b>Cuenta de</b>	
	<b>Autos</b>	<b>(Min.) de retrabajos</b>
<u>Interior Asientos Delanteros</u>	<u>4,375</u>	<u>407,780</u>
<u>Interior Asientos traseros</u>	<u>1,410</u>	<u>148,452</u>
<u>Consola delantera</u>	<u>1,118</u>	<u>146,889</u>

Tabla 2.3 Conceptos destacados para analizar.

Comenzando con el estudio de interior asientos delanteros se observó que la mayoría de estas causas conlleva a que el auto no queda aceptado por calidad a la primera vuelta y regresa al área para poder realizar nuevamente el proceso y así varias vueltas para poder validar la operación, y estas causas generan ruido al momento de pasar el auto por pista de prueba y para el interior de asientos delanteros se detectaron las siguientes:

1. Cuando se desarma el asiento delantero para cambiar la pieza, no se respeta la secuencia de montaje.
2. Se coloca pieza con fuerza (la cual no es requerida) y se rompen las pestañas y queda floja.
3. La pieza al montarse incorrectamente el tornillo entra falso
4. Se daña la piel del asiento.




Estas repeticiones fueron resultado del histórico de 6 meses con 407,780 min de retrabajo por 4,375 autos, nos lleva a un resultado de **93 minutos por auto**.





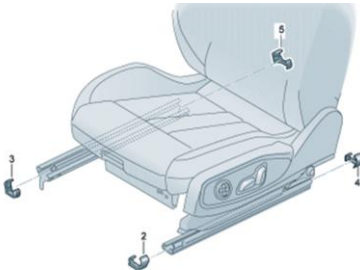
Se realizó un proceso estándar logrando ordenar la secuencia de operación para el correcto montaje de la pieza en los asientos delanteros, que se describe de la siguiente manera: (Anexo HOE)

Se realizó al igual un estudio con 120 autos para poder determinar si se había logrado la eficacia de estandarizar la secuencia, se anexan gráficas. (Anexo hoja de observación, gráficas se encuentran en objetivo #4)






## Método estándar de operación

<b>Planta Automotriz</b>			Responsable:	<b>K. Rodríguez</b>	Fecha de realización:	<b>02.05.2017</b>				
<b>Ubicación:</b> Nave de Montaje			Departamento Responsable:	<b>Ingeniería Industrial</b>	Fecha de última modificación:					
<b>Lugar de trabajo:</b> Retrabajos			Turno	Nombre de líder de Grupo:		Firma:	Fecha:			
<b>Actividad:</b> Cambio de soporte para riel en asientos delanteros			T1							
Caract. Criticas	Constructiva	K	T1							
 Seguridad	Proceso	P	T2							
 Calidad	Tiempo ciclo total:	129	T3							
Secuencia de actividad	Texto corto de operación		Foto	Indice de Proceso	Caract. Crítica	Variantes	tiempo [Sec]			
	Detalle de operación						Manual	Auto.	t <sub>Æ</sub> [Sec]	
<b>1</b>	<b>Desatornillar</b>						<b>8</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	
	- Toma atornillador de carrito acompañante			P		LOR		2	2	
	- Posiciona y desatornilla 2x tornillos parte delantera			K		LOR		2	3	5
	- Posiciona y desatornilla 2x tornillos parte trasera			K				2	3	5
	- Dejar atornillador y tornillos en carrito acompañante			P				2		2
<b>2</b>	<b>Tomar manipulador</b>						<b>7</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caminar 3m hacia manipulador</li> <li>- Tomar manipulador con las dos manos</li> <li>- Accionar manipulador ( se levanta asiento )</li> </ul>		P P K	 LOR LOR	3 2 2      5	3 2 7
<b>3</b>	<b>Desmontar asiento</b>	<b>11    10    21</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caminar 3m hacia asiento</li> <li>- Desconectar cable de conexión Airbag y arnes central</li> <li>- Caminar 3m</li> <li>- Tomar accionar manipulador</li> <li>- Caminar 3 m para extraer asiento del auto con el manipulador accionado</li> </ul>		P K P K P	 LOR LOR	3 1 3 1      5 3      5	3 1 3 6 8
<b>4</b>	<b>Desmontar pieza soporte "zapatito"</b>	<b>8    8</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posicionar y desmontar zapatito delantero izquierdo</li> <li>- Posicionar y desmontar zapatito delantero derecho</li> <li>- Posicionar y desmontar zapatito trasero izquierdo</li> <li>- Posicionar y desmontar zapatito trasero derecho</li> </ul>		K K K K	LOR LOR	2 2 2 2	2 2 2 2
<b>5</b>	<b>Colocar piezas en SCRAP</b>	<b>5    5</b>			

- Tomar las 4 piezas		P	LOR	2	2
- Caminar 2m		P	LOR	2	2
- Colocar piezas en el deposito de SCRAP		P		1	1
<b>6</b>	<b>Tomar piezas de estantería</b>	<b>6</b>			<b>6</b>
- Caminar 2m hacia estantería		P	LOR	2	2
- Tomar 2x y colocar en mandil		P	LOR	1	1
- Tomar 2x y colocar en mandil		P		1	1
- Caminar 2m hacia manipulador		P		2	2
<b>7</b>	<b>Enclipar pieza en soporte metálico de asiento</b>	<b>12</b>			<b>12</b>
- Posicionar y enclipar zapatito en parte DI		P	 LOR	3	3
- Posicionar y enclipar zapatito en parte DD		P		3	3
- Posicionar y enclipar zapatito en parte TI		P		3	3
- Posicionar y enclipar zapatito en parte TD		P		3	3
					
<b>8</b>	<b>Tomar manipulador</b>	<b>8</b>			<b>13</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tomar manipulador con las dos manos</li> <li>- Accionar manipulador</li> <li>- Meter asiento al auto</li> <li>- Caminar 1m hacia auto</li> </ul>		P K P P	LOR LOR	2 2 3 1	2 5 3 1
<p><b>9</b></p>	<p><b>Montar asiento</b></p>	<p><b>6 7 13</b></p>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conectar cable de conexión Airbag</li> <li>- Caminar 1m</li> <li>- Tomar y accionar manipulador</li> <li>- Bajar asiento en piso del auto</li> </ul>		K P K P	LOR LOR	1 1 2 2	1 1 7 3
<p><b>10</b></p>	<p><b>Desactivar manipulador</b></p>	<p><b>7 7</b></p>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Camina hacia atrás 3m ya desactivado el manipulador</li> <li>- Gira cuerpo</li> <li>- Suelta manipulador</li> <li>- Camina 2m hacia carrito acompañante</li> </ul>		P P P P	LOR LOR	3 1 1 2	3 1 1 2
<p><b>11</b></p>	<p><b>Tomar atornillador</b></p>	<p><b>6 6</b></p>			



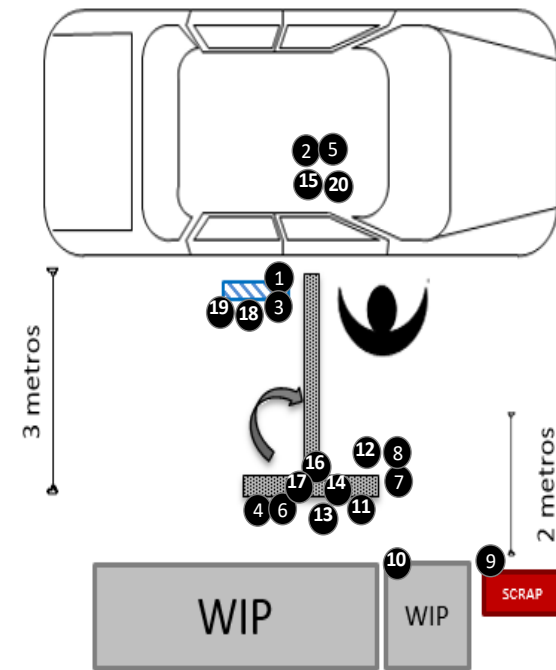
### HOJA DE OBSERVACIÓN

Línea/Celda:	Cambio de soporte para riel en asientos delanteros	Ritmo de operación	NA	Fecha:	02.05.2018	Preparado por:	K. Rodríguez	Variación:				
Observar 20 ciclos (principio a fin de la operación)				Variación = Mayor Ocurrencia - Menor Ocurrencia				2.27				
Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Menor tiempo rep.	127.83
Tiempo sec.	128.91	127.88	128.72	127.85	127.83	128.52	128.71	128.86	127.92	129.87	Mayor tiempo rep.	130.10
	128.6	128.35	128.75	128.82	130.1	129.66	128.94	129.07	128.85	128.56	Media de tiempo	128.74
Secuencia	Causas de variación:		Se pide material. No se acciona el manipulador con las dos manos y se bota el boton de emergencia.									

#### LISTAR SECUENCIA DE OPERACIÓN

1	Toma atornillador de carrito acompañante
2	Posiciona y desatornilla x tornillos parte delantera 2x y parte trasera 2x
3	Dejar atornillador y tornillos en carrito acompañante
4	Caminar 3m hacia manipulador, toma manipulador y acciona ( se levanta asiento )
5	Caminar 3m hacia asiento y desconectar cable de conexión Airbag y arnes central
6	Caminar 3m hacia manipulador, toma manipulador y acciona
7	Caminar 3m hacia atrás y extraer asiento del auto con el manipulador accionado
8	Posicionar y desmontar zapatito DI, DD, TI y TD
9	Caminar 2m y colocar piezas en el deposito de SCRAP
10	Caminar 2m hacia estantería tomar 2x y colocar en mandil,tomar 2x y colocar en mandil
11	Caminar 2m hacia manipulador
12	Posicionar y enclipar zapatito en parte DI, DD, TI y TD
13	Tomar manipulador con las dos manos
14	Accionar manipulador y meter asiento al auto
15	Caminar 1m hacia auto y conectar cable de conexión Airbag
16	Caminar 1m hacia manipulador y accionar para bajar auto
17	Caminar 3m hacia atrás y gira cuerpo para soltar manipulador
18	Camina 2m hacia carrito acompañante
19	Toma atornillador y 4 tornillos de carrito acompañante
20	Posiciona y atornilla x tornillos parte delantera 2x y parte trasera 2x

Diagrama del Proceso



ACTIVIDADES NO CÍCLICAS (Anote la frecuencia)	1	2	3	Tiempo ciclo máquina	1	2	3
Cada 18 camionetas se debe de pedir material "zapatito"	120	122	129	atornillador	3	3	3
				manipulador	5	5	5

(Anexo de Hoja de observación)



Continuando con el estudio de interior asientos traseros se observó de igual forma que la mayoría de estas causas conlleva a que el auto no queda aceptado por calidad a la primera vuelta y regresa al área para poder realizar nuevamente el proceso y así varias vueltas para poder validar la operación, y estas causas generan ruido al momento de pasar el auto por pista de prueba y para el interior de asientos traseros se detectaron las siguientes:

1. Cuando se desarma el asiento delantero para cambiar la pieza, no se respeta la secuencia del montaje.
2. Quedaba levantado una parte de la banca, lo cual ocasionaba un GAP.
3. El bucle del cinturón quedaba muy justo y no tenía movilidad.




Estas repeticiones fueron resultado del histórico de 6 meses con 148,452 min de retrabajo por 1,410 autos, nos lleva a un resultado de **105 minutos por auto**.

Se realizó un proceso estándar logrando ordenar la secuencia de operación para el correcto montaje de la pieza en los asientos delanteros, que se describe de la siguiente manera: (Anexo HOE)

Se realizó al igual un estudio con 120 autos para poder determinar si se había logrado la eficacia de estandarizar la secuencia, se anexan gráficas. (Anexo hoja de observación, gráficas se encuentran en objetivo #4).

Método estándar de operación										
<b>Planta Automotriz</b> <b>Ubicación:</b> Nave de Montaje <b>Lugar de trabajo:</b> Retrabajos  <b>Actividad:</b> Cambio de soporte para riel en asientos delanteros			Responsable:	<b>K. Rodríguez</b>	Fecha de realización:	<b>13.06.2018</b>				
			Departamento Responsable:	<b>Ingeniería Industrial</b>	Fecha de última modificación:					
			Turno	Nombre de líder de Grupo:		Firma:	Fecha:			
Caract. Críticas	Constructiva	K	T1							
 Seguridad	Proceso	P	T2							
 Calidad	Tiempo ciclo total:	105	T3							
Secuencia de actividad	Texto corto de operación			Foto	Indice de Proceso	Caract. Crítica	Variantes	tiempo [Sec]		
	Detalle de operación							Manual	Auto.	t <sup>AE</sup> [Sec]
<b>1</b>	<b>Desencajar banca de estructura</b>							<b>32</b>		<b>32</b>
	- Toma herramienta de carrito acompañante				P	LOR		2		2
	- Lado derecho: posiciona en clip de banca (1x) y empuja				K	LOR		8		8
	- Lado centro: posiciona en clip de banca (1x) y empuja				K	RDW		8		8
	- Se levanta banca									
	- Camina al lado izquierdo 6 m				K			6		6
	- Posiciona en clip de banca (1x) y empuja				P			8		8
	- Se levanta banca									
<b>2</b>	<b>Caminar a mesa</b>							<b>10</b>		<b>10</b>

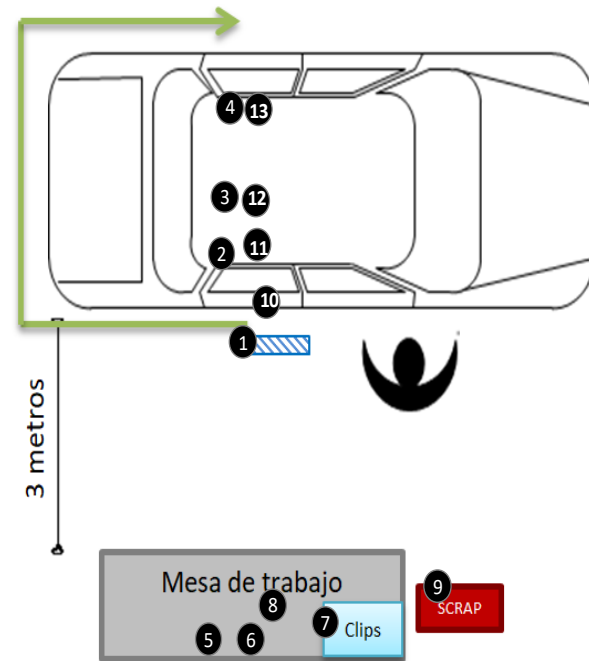


	- Tomar banca	P		LOR	5	5
	- Caminar 1m a carrito acompañante	P		LOR	3	3
	- Dejar herramienta en carrito acompañante	P		RDW	2	2
	- Caminar 3m a mesa de trabajo					
	- Posicionar banca en mesa de trabajo					
<b>3</b>	<b>Quitar clip de banca</b>				<b>15</b>	<b>15</b>
	- Tomar herramienta	P		LOR	1	1
	- Posicionar herramienta en clip de banca derecha	P		LOR	2	2
	- Desensamblar clip (2x) de banca derecha	K		RDW	2	2
	- Posicionar herramienta en clip de banca central	P			2	2
	- Desensamblar clip (2x) de banca central	K			2	2
	- Posicionar herramienta en clip de banca izquierda	P			2	2
	- Desensamblar clip (2x) de banca izquierda	K			2	2
	- Posicionar herramienta en su lugar y soltar	P			2	2
<b>4</b>	<b>Ensamblar clip en banca</b>				<b>22</b>	<b>22</b>
	- Tomar un puño de clips	P		LOR	2	2
	- Posiciona clip (1x) en banca derecha (2x)	K		LOR	6	6
	- Posiciona clip (1x) en banca central (2x)	K		RDW	6	6
	- Posiciona clip (1x) en banca izquierda (2x)	K			6	6
	- Soltar puño de clips	P			2	2
<b>5</b>	<b>Colocar piezas en SCRAP</b>				<b>4</b>	<b>4</b>



HOJA DE OBSERVACIÓN															
Línea/Celda:	Liberar bucle de cinturón de seguridad				Ritmo de operación	NA			Fecha:	13.06.2018		Preparado por:	K. Rodriguez		Variación:
Observar 20 ciclos (principio a fin de la operación)						Variación = Mayor Ocurrencia - Menor Ocurrencia						0.39			
Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Menor tiempo rep.	105.74			
Tiempo sec.	106.13	105.84	105.93	106.02	105.88	105.82	105.79	105.74	105.81	105.83	Mayor tiempo rep.	106.02			
	106.02	105.78	105.82	105.89	105.91	105.88	106.01	105.97	105.87	105.83	Media de tiempo	105.89			
Secuencia	Causas de variación:		Se pide material.												
LISTAR SECUENCIA DE OPERACIÓN															
1	Toma bemi de carrito acompañante														
2	Lado derecho: posiciona en clip de banca (1x)														
3	Lado centro: posiciona en clip de banca (1x)														
4	Lado izquierdo: posiciona en clip de banca (1x)														
5	Tomar banca y caminar a mesa de trabajo														
6	Posicionar herramienta en clip de banca derecha y desensamblar clip (2x) de banca der.														
	Posicionar herramienta en clip de banca derecha y desensamblar clip (2x) de banca central														
	Posicionar herramienta en clip de banca derecha y desensamblar clip (2x) de banca izq.														
7	Tomar puño de clips														
8	Posiciona clip (1x) en banca derecha (2x) , central e izquierda														
9	Tomar clips y colocar en SCRAP														
10	Tomar banca y Caminar 3 m hacia auto														
11	Posicionar asegurando de librar bucle de cinturón de seguridad y enclipar banca derecha														
12	Posicionar asegurando de librar bucle de cinturón de seguridad y enclipar banca central														
13	Posicionar asegurando de librar bucle de cinturón de seguridad y enclipar banca izquierda														
ACTIVIDADES NO CÍCLICAS (Anote la frecuencia)					1	2	3	Tiempo ciclo máquina			1	2	3		
Cada 100 camionetas se debe de pedir material "clips"					152	155	153								

Diagrama del Proceso



(Anexo de Hoja de observación)

Continuando con el estudio de la consola central se observó de igual forma que la mayoría de estas causas conlleva a que el auto no queda aceptado por calidad a la primera vuelta y regresa al área para poder realizar nuevamente el proceso y así varias vueltas para poder validar la operación, y estas causas generan ruido al momento de pasar el auto por pista de prueba se detectaron las siguientes:





1. Se tenía mal torque.
2. Se dañan tornillos y se debían reponer.

Estas repeticiones fueron resultado del histórico de 6 meses con 146,889 min de retrabajo por 1,118 autos, nos lleva a un resultado de **131 minutos por auto**.

Se realizó un proceso estándar logrando ordenar la secuencia de operación para el correcto montaje de la pieza en los asientos delanteros, que se describe de la siguiente manera: (Anexo HOE)

Se realizó al igual un estudio con 120 autos para poder determinar si se había logrado la eficacia de estandarizar la secuencia, se anexan gráficas. (Anexo hoja de observación, gráficas se encuentran en objetivo #4)

Método estándar de operación										
<b>Planta Automotriz</b> <b>Ubicación:</b> Nave de Montaje <b>Lugar de trabajo:</b> Retrabajos  <b>Actividad:</b> Torque para estructura metálica de descansabrazo de conductor			Responsable:	<b>K. Rodríguez</b>		Fecha de realización:	<b>21.07.2018</b>			
			Departamento Responsable:	<b>Ingeniería Industrial</b>		Fecha de última modificación:				
			Turno	Nombre de líder de Grupo:			Firma:	Fecha:		
Caract. Criticas	Constructiva	K	T1							
 Seguridad	Proceso	P	T2							
 Calidad	Tiempo ciclo total:	55	T3							
Secuencia de actividad	Texto corto de operación			Foto	Indice de Proceso	Caract. Crítica	Variantes	tiempo [Sec]		
	Detalle de operación							Manual	Auto.	t <sub>Æ</sub> [Sec]
<b>1</b>	<b>Desatornillar</b>							<b>16</b>	<b>2</b>	<b>18</b>
	- Tomar recubrimiento de asiento trasero - Toma atornillador #1 de carrito acompañante - Entrar a auto - Posiciona y desatornilla 2x tornillos de la parte plastica del soporte de clima - Quitar a presión el soporte de clima - Dejar atornillador y tornillos en carrito acompañante				P P K P P	LOR LOR RDW		3 3 4 4 2	2	
<b>2</b>	<b>Atornillar estructura metálica</b>							<b>11</b>	<b>4</b>	<b>15</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toma atornillador #2 de carrito acompañante</li> <li>- Posiciona y desatornilla 2x tornillos de la parte metálica del descansabrazo</li> <li>- Posiciona y atornilla nuevamente 2x</li> <li>- Dejar atornillador en carrito acompañante</li> </ul>	<p>P K K</p>	 <p>LOR LOR RDW</p>	<p>3 2 4 2</p> <p>2</p>	
<p><b>3</b>    <b>Verificar función</b></p>			<p><b>9</b></p>	<p><b>9</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar acción de descansabrazo</li> <li>- Colocar a presión soporte plástico de clima</li> </ul>	<p>P P</p>	 <p>LOR LOR RDW</p>	<p>5 4</p>	
<p><b>4</b>    <b>Atornillar parte plástica</b></p>			<p><b>11</b>    <b>2</b></p>	<p><b>13</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tomar atornillador #1 de carrito acompañante</li> <li>- Tomar los 2 tornillos del soporte del clima</li> <li>- Posicionar y atornillar 2x tornillos de la parte plástica del soporte del clima</li> <li>- Salir de auto</li> </ul>	<p>P P K P</p>	  <p>LOR LOR RDW</p>	<p>3 2 4 2</p> <p>2</p>	
		<p>Suma de tiempo</p>	<p><b>47</b>    <b>8</b></p>	<p><b>55</b></p>

(Anexo de Hoja de observación)

HOJA DE OBSERVACIÓN												
Línea/Celda:	Torque en descansabrazo de conductor			Ritmo de operación	NA	Fecha:	21.07.2018		Preparado por:	K. Rodriguez		Variación:
Observar 20 ciclos (principio a fin de la operación)						Variación = Mayor Ocurrencia - Menor Ocurrencia						4.9
Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Menor tiempo rep.	53.20
Tiempo sec.	57.4	54.2	54.0	55.0	56.1	53.2	54.0	55.7	55.0	57.2	Mayor tiempo rep.	58.10
	55.1	57.0	56.9	55.0	56.5	57.5	58.1	56.2	58.0	56.3	Media de tiempo	55.92
Secuencia	Causas de variación:		Se verifica acción de descansabrazo									
LISTAR SECUENCIA DE OPERACIÓN						Diagrama del Proceso						
1	Tomar recubrimiento de asiento y atornillador #1 de carrito acompañante											
2	Posiciona y desatornilla 2x tornillos de la parte plastica del soporte de clima											
	Quitar a presión el soporte de clima											
3	Dejar atornillador y tornillos y tomar atornillador #2 en carrito acompañante											
4	Posiciona y desatornilla 2x tornillos de la parte metálica del descansabrazo											
5	Posiciona y atornilla nuevamente 2x											
6	Verifica acción de descansabrazo											
7	Colocar a presión soporte plastico de clima											
8	Posicionar y atornillar 2x tornillos de la parte plastica del soporte del clima											
9	Sale de auto											
ACTIVIDADES NO CÍCLICAS (Anote la frecuencia)					1	2	3	Tiempo ciclo máquina	1	2	3	

#### 4.5 OBJETIVO #4: TOMA DE TIEMPOS DE DESAMBLAJE

##### RETRABAJO DE INTERIOR ASIENTOS DELANTEROS: “ZAPATITO”

El resultado que se tuvo de la observación de 120 autos ( 60 por operador #1 y 60 por operador #2) en 2 diferentes turnos en el intervalo de fechas del 30 de junio al 2 de julio.

Se utiliza una Gráfica I-MR (figura 1.3) para monitorear la media y la variación del proceso ya que se tienen datos continuos de observaciones individuales, se utiliza esta gráfica de control para monitorear la estabilidad del proceso en el tiempo, de manera que de lo contrario se puede identificar y corregir las inestabilidades en el proceso.

- En los puntos consecutivos debajo de la media y cercanos al límite inferior se debieron a que solo se cambiaron una o dos piezas al momento sin necesidad de utilizar el manipulador.
- En los puntos superiores a la media, quieren decir que el operador tuvo unos microparos en el manipulador debidos a que no estaba sujetando correctamente el poka yoke para poder accionar el manipulador.



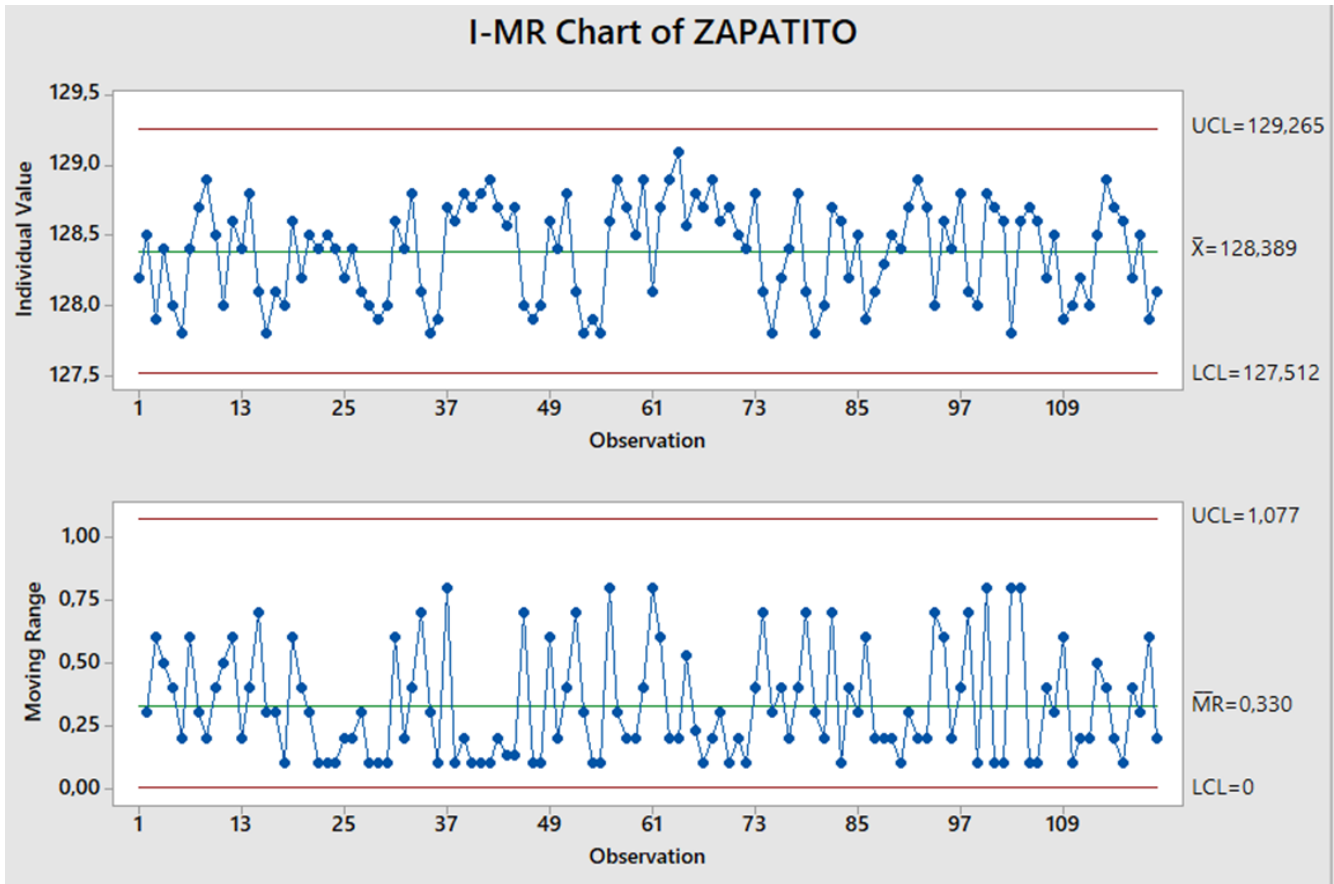


Figura 1.3 Gráfica I-MR de interior asientos delanteros

Se utiliza un análisis de capacidad para determinar si el proceso es capaz de producir la salida que satisfaga los requisitos del cliente cuando el proceso esté bajo control estadístico.

Por lo general, la capacidad de un proceso se determina comparando la amplitud de la dispersión del proceso con la amplitud de la dispersión de especificación, lo que define la cantidad máxima de variación permitida de acuerdo con los requisitos del cliente. Cuando un proceso es capaz, la dispersión del proceso es menor que la dispersión de especificación.

El histograma y los índices de capacidad indican que el proceso está aproximadamente centrado en el objetivo y que las mediciones están dentro de los límites de especificación. Los índices de capacidad Cpk, Ppk y Cpm son mayores que 1.33, que es un valor mínimo generalmente aceptado para un proceso capaz.

El Pp y el Ppk son aproximadamente iguales, el proceso está centrado entre los límites de especificación y dentro del proceso. El Cp y el Cpk son aproximadamente iguales, el proceso está centrado entre los límites de especificación

En rendimiento observado tengo 0 defectos, considerando la desviación estándar general y la variación este rendimiento a largo plazo por cada millón de medición con cronometro obtendré 29.67 partes por millón (ppm) que quedan fuera de los límite.

Lo que se puede concluir que el proceso es capaz de poder realizar la operación (figura 1.4).

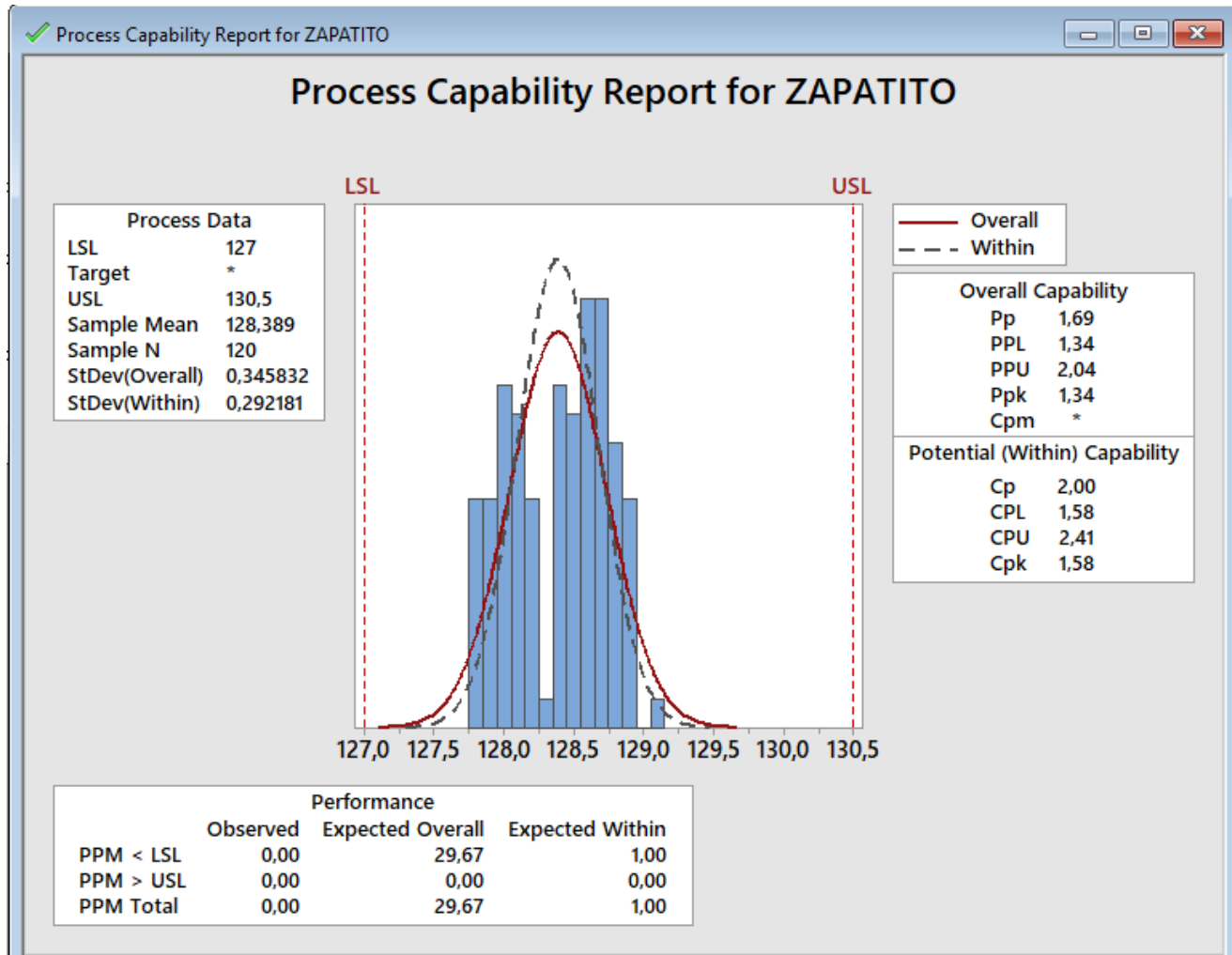


Figura 1.4 Reporte de proceso de capacidad de interior asientos delanteros

El diagrama de caja es un gráfico utilizado para representar una variable cuantitativa (variable numérica). El gráfico es una herramienta que permite visualizar, a través de los cuartiles, cómo es la distribución.

Mediana. 128.5 y 128.4

Primer Cuartil (Q1). El 25% de los casos se encuentran por debajo de este valor.

Tercer Cuartil (Q3). El 75% de los casos se encuentran por encima de este valor.

Rango Intercuartílico (RIC). Es la diferencia entre el tercer y el primer cuartil.

Los dos operadores se encuentran en la media véase en la figura 1.5.

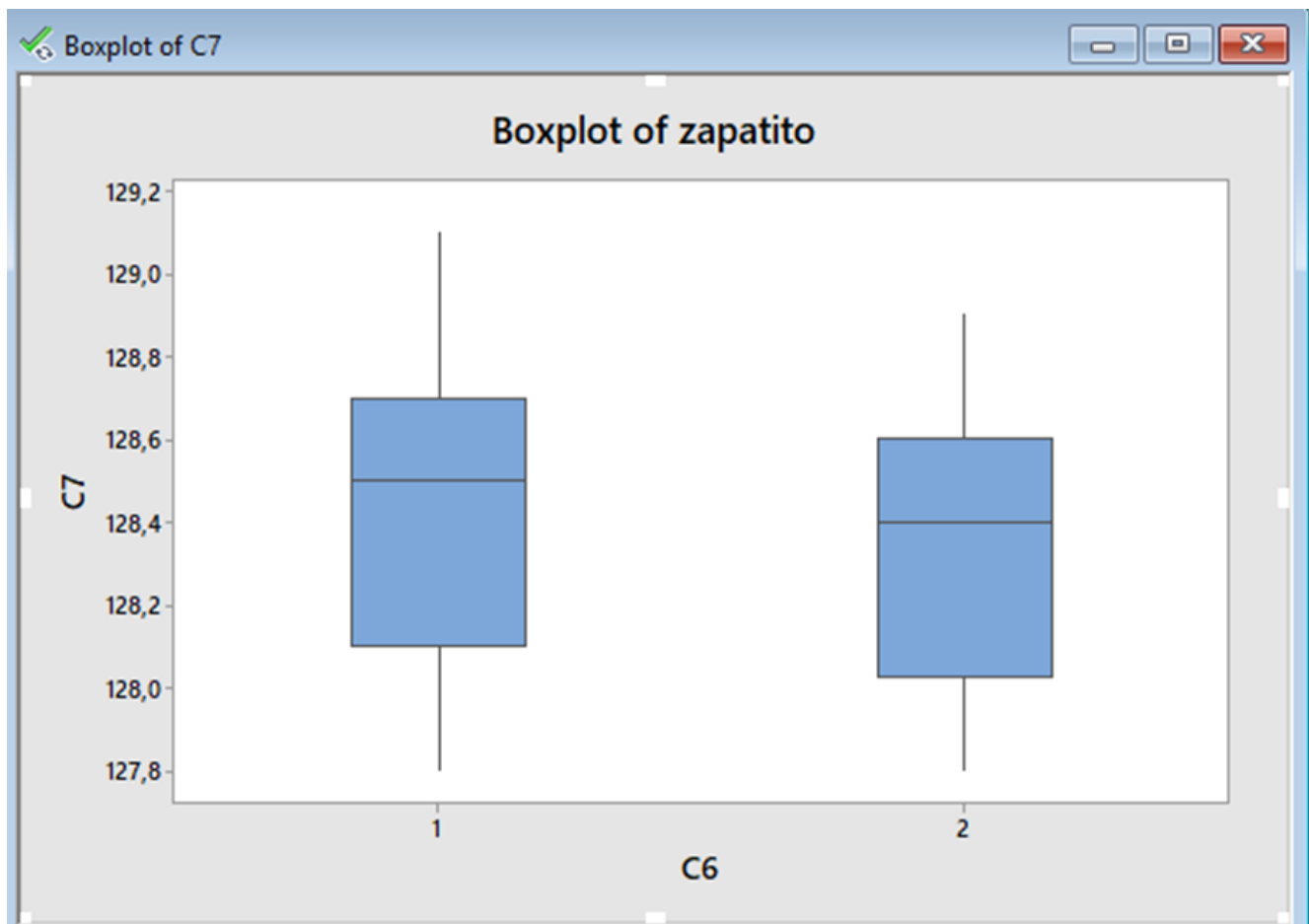
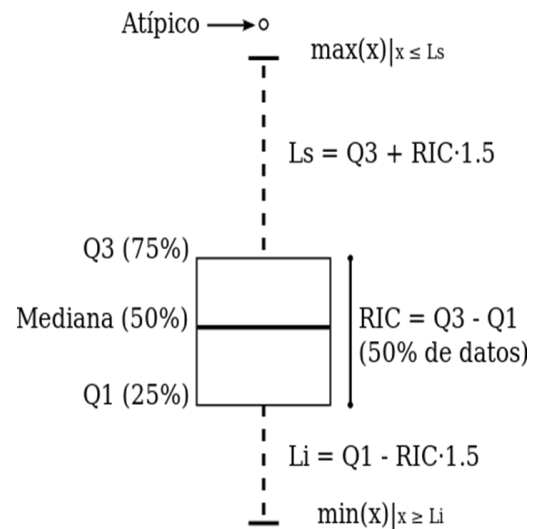


Figura 1.5 Diagrama de caja de interior asientos delanteros

### RETRABAJO DE INTERIOR ASIENTOS TRASEROS: BUCLE DE CINTURON DE SEGURIDAD”

El resultado que se tuvo de la observación de 120 autos ( 60 por operador #1 y 60 por operador #2) en 2 diferentes turnos en el intervalo de fechas del 31 de mayo al 22 de junio.

Se utiliza una Gráfica I-MR (figura 1.6) para monitorear la media y la variación del proceso ya que se tienen datos continuos de observaciones individuales, se utiliza esta gráfica de control para monitorear la estabilidad del proceso en el tiempo, de manera que de lo contrario se puede identificar y corregir las inestabilidades en el proceso.

- En los puntos consecutivos debajo de la media y cercanos al límite inferior se debieron a que solo venia un bucle escondido debajo del asiento, por lo tanto, no se tuvo que desmontar la banca completamente.
- En los puntos superiores a la media, quieren decir que el operador tuvo que desmontar la banca completa porque los 3 bucles venían tapados
- Los últimos 3 puntos que llegan casi al límite superior, el operador tuvo que desmontar la banca completa pero aparte detecto que un bucle venia flojo y tuvo que darle torque nuevamente.

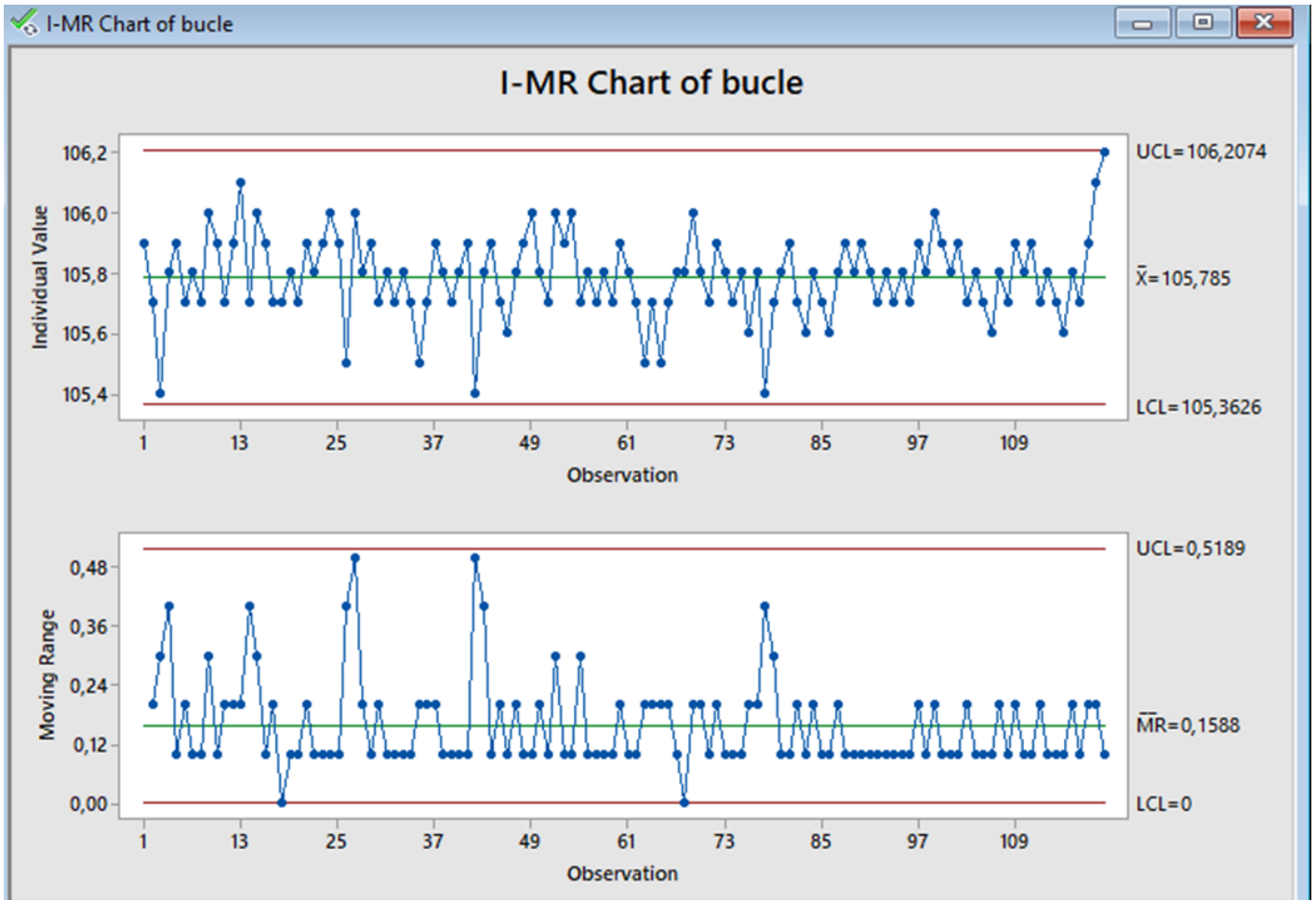


Figura 1.6 Gráfica I-MR de interior asientos traseros

Los índices de capacidad Cpk, Ppk y Cpm son mayores que 1.33, que es un valor mínimo generalmente aceptado para un proceso capaz.

El Pp y el Ppk son aproximadamente iguales, el proceso está centrado entre los límites de especificación y dentro del proceso. El Cp y el Cpk son aproximadamente iguales, el proceso está centrado entre los límites de especificación

En rendimiento observado tengo 0 defectos, considerando la desviación estándar general y la variación este rendimiento a largo plazo por cada millón de medición con cronometro obtendré .20 partes por millón (ppm) que quedan fuera de los límite.

Lo que se puede concluir que el proceso es capaz de poder realizar la operación.

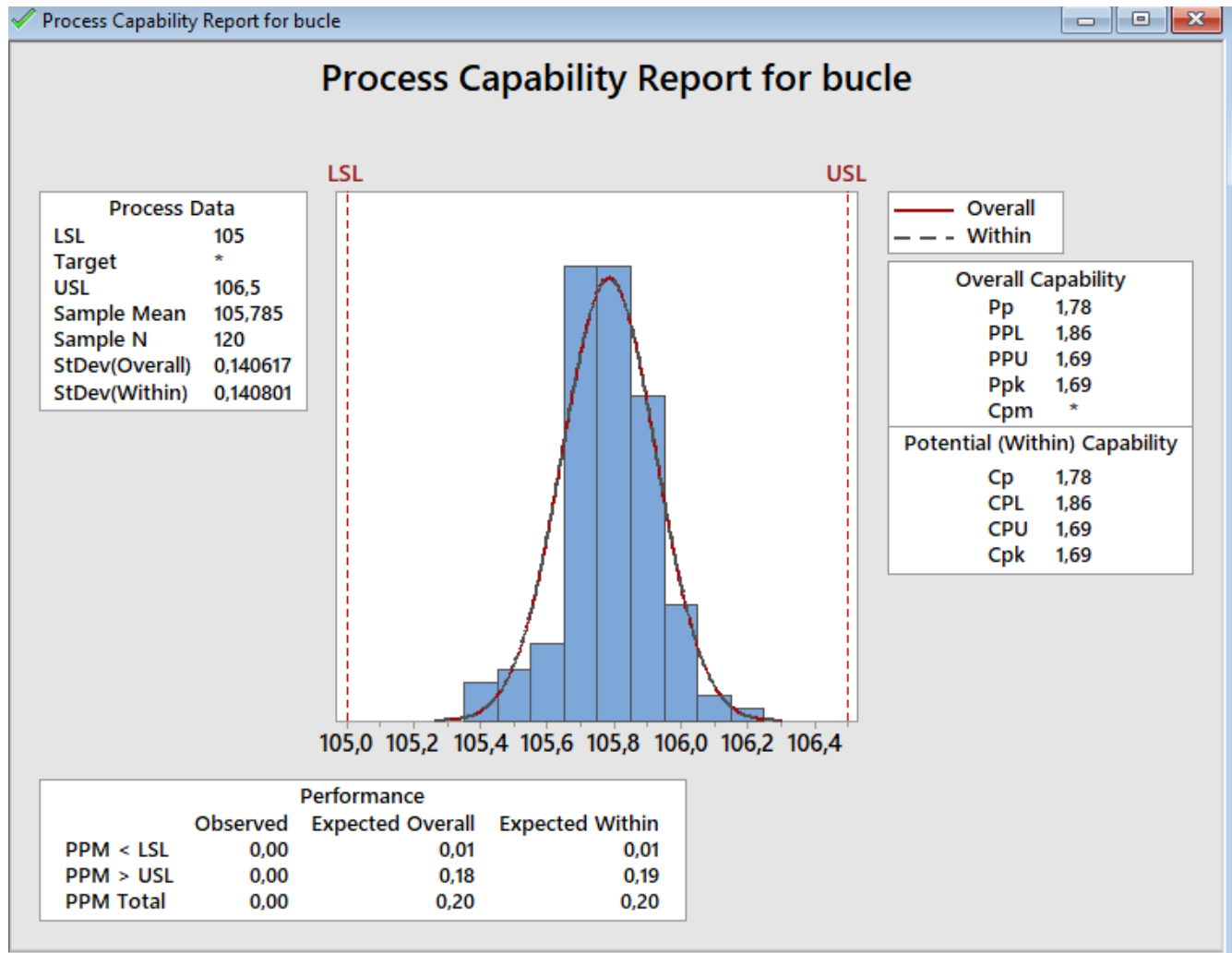


Figura 1.7 Reporte de proceso de capacidad de interior asientos traseros

El diagrama de caja es un gráfico utilizado para representar una variable cuantitativa (variable numérica). El gráfico es una herramienta que permite visualizar, a través de los cuartiles, cómo es la distribución.

Mediana. 105.8

Primer Cuartil (Q1). El 25% de los casos se encuentran por debajo de este valor.

Tercer Cuartil (Q3). El 75% de los casos se encuentran por encima de este valor.

Rango Intercuartílico (RIC). Es la diferencia entre el tercer y el primer cuartil.

Los dos operadores se encuentran en la media véase en la figura 1.8.

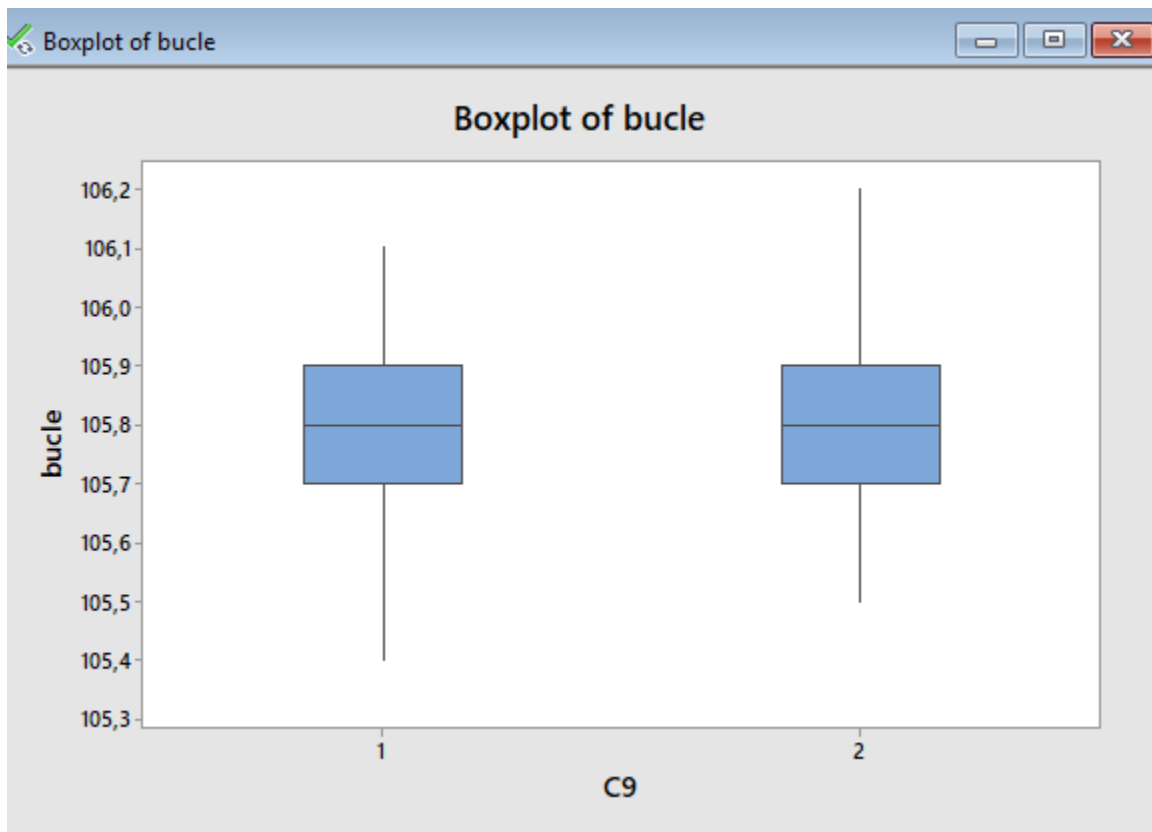
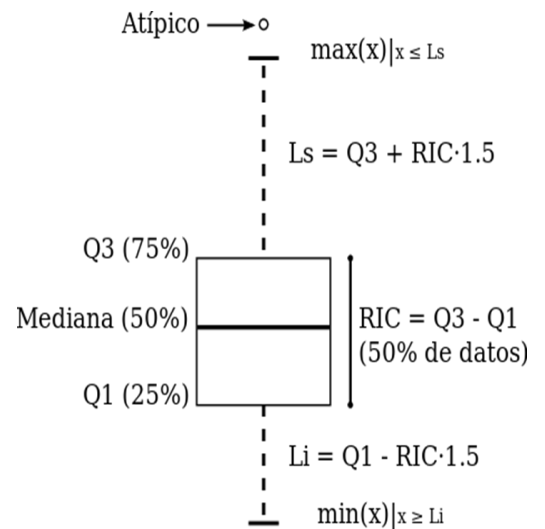


Figura 1.8 Diagrama de caja de interior asientos traseros

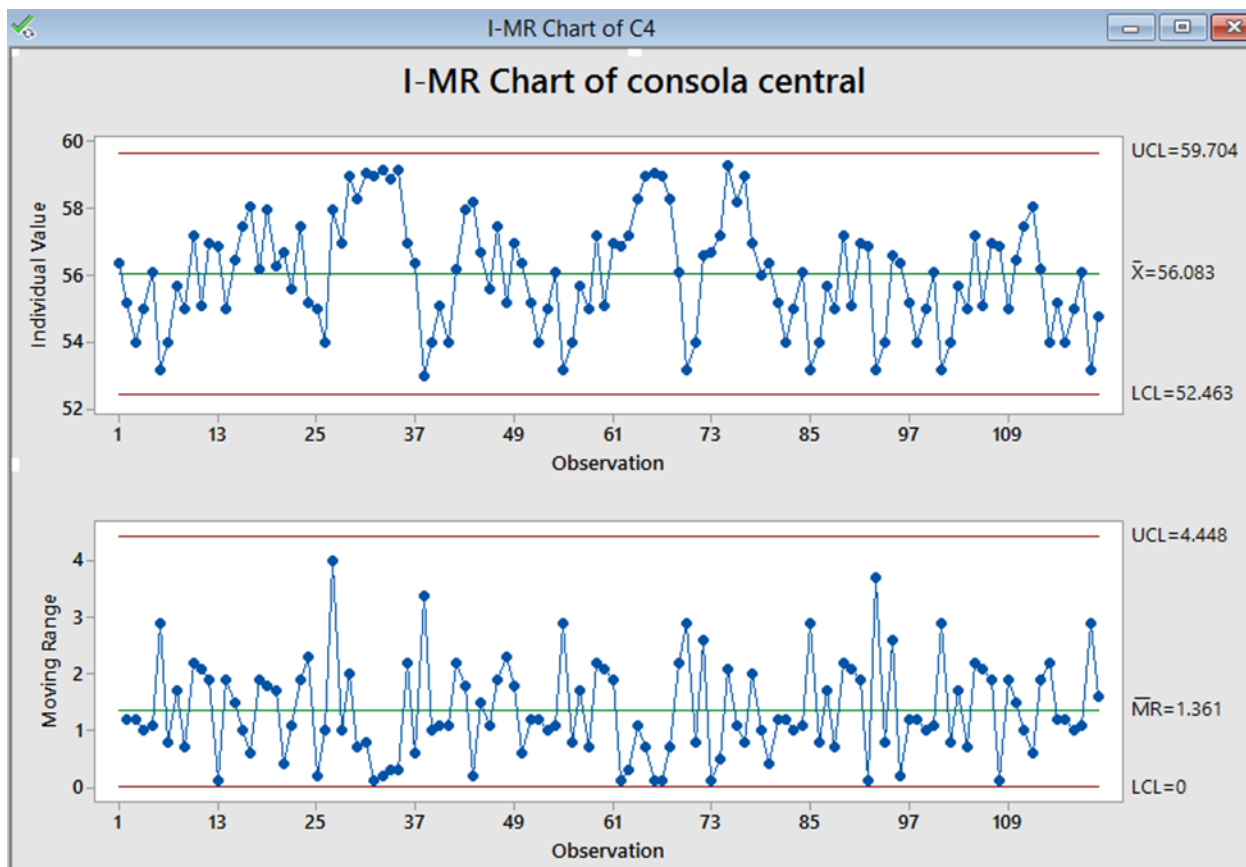
## RETRABAJO DE INTERIOR “CONSOLA CENTRAL”

El resultado que se tuvo de la observación de 120 autos ( 60 por operador #1 y 60 por operador #2) en 2 diferentes turnos en el intervalo de fechas del 4 julio al 28 de julio.

Se utiliza una Gráfica I-MR ( figura 1.9 )para monitorear la media y la variación del proceso ya que se tienen datos continuos de observaciones individuales, se utiliza esta gráfica de control para monitorear la estabilidad del proceso en el tiempo, de manera que de lo contrario se puede identificar y corregir las inestabilidades en el proceso.

- En los puntos consecutivos debajo de la media y cercanos al límite inferior se debieron a que se detectaba con anterioridad por otros compañeros y el retrabajo llegaba ya desmontado el soporte del clima.
- El retrabajo ya venía retrabajado pero no se había liberado de sistema.
- En los puntos superiores a la media, se debieron a que el tornillo ya venía barrido y no se podía colocar nuevamente.
- El tornillo no se colocaba correctamente y el descansabrazo no realizaba su función.

Figura 1.9 Gráfica I-MR de consola central





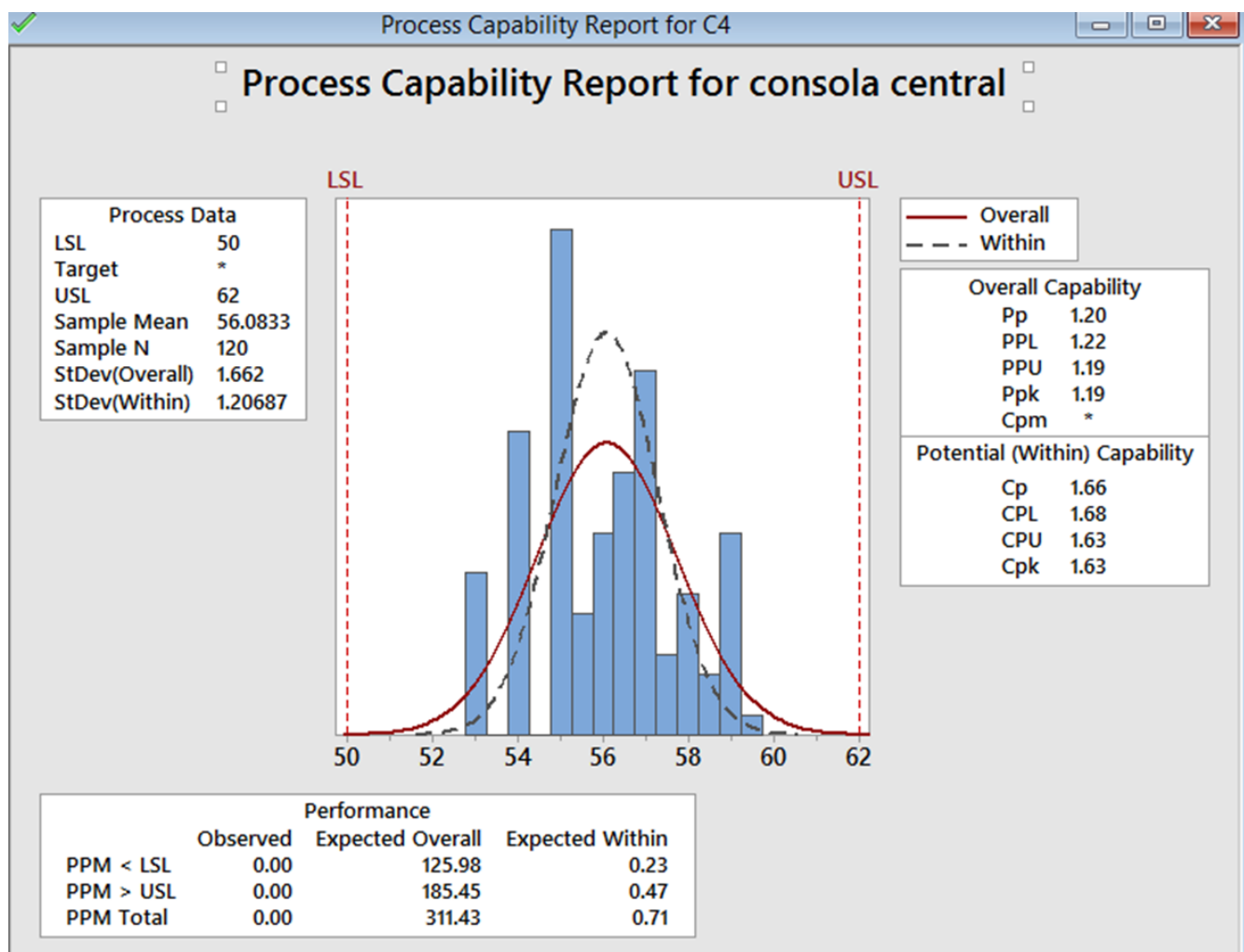
Los índices de capacidad Cpk, Ppk y Cpm son mayores que 1.33, que es un valor mínimo generalmente aceptado para un proceso capaz.

El Pp y el Ppk son aproximadamente iguales, el proceso está centrado entre los límites de especificación y dentro del proceso. El Cp y el Cpk son aproximadamente iguales, el proceso está centrado entre los límites de especificación

En rendimiento observado tengo 0 defectos, considerando la desviación estándar general y la variación este rendimiento a largo plazo por cada millón de medición con cronometro obtendré 311.43 partes por millón (ppm) que quedan fuera de los límite.

Lo que se puede concluir que el proceso es capaz de poder realizar la operación.

Figura 2.0 Reporte de proceso de capacidad de consola central



El diagrama de caja es un gráfico utilizado para representar una variable cuantitativa (variable numérica). El gráfico es una herramienta que permite visualizar, a través de los cuartiles, cómo es la distribución.

Mediana. 56

Primer Cuartil (Q1). El 25% de los casos se encuentran por debajo de este valor.

Tercer Cuartil (Q3). El 75% de los casos se encuentran por encima de este valor.

Rango Intercuartílico (RIC). Es la diferencia entre el tercer y el primer cuartil.

Los dos operadores se encuentran en la media véase en la figura 2.1

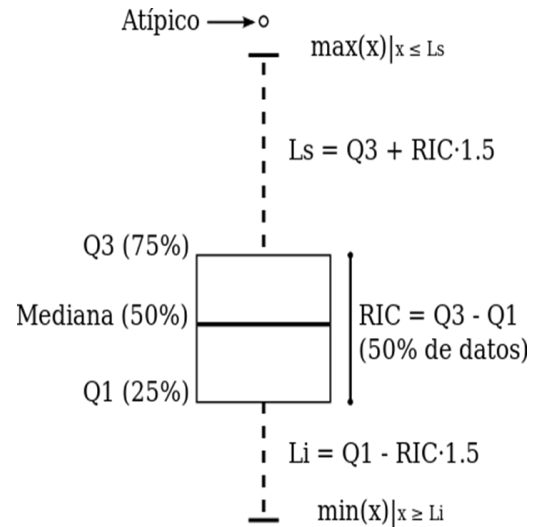
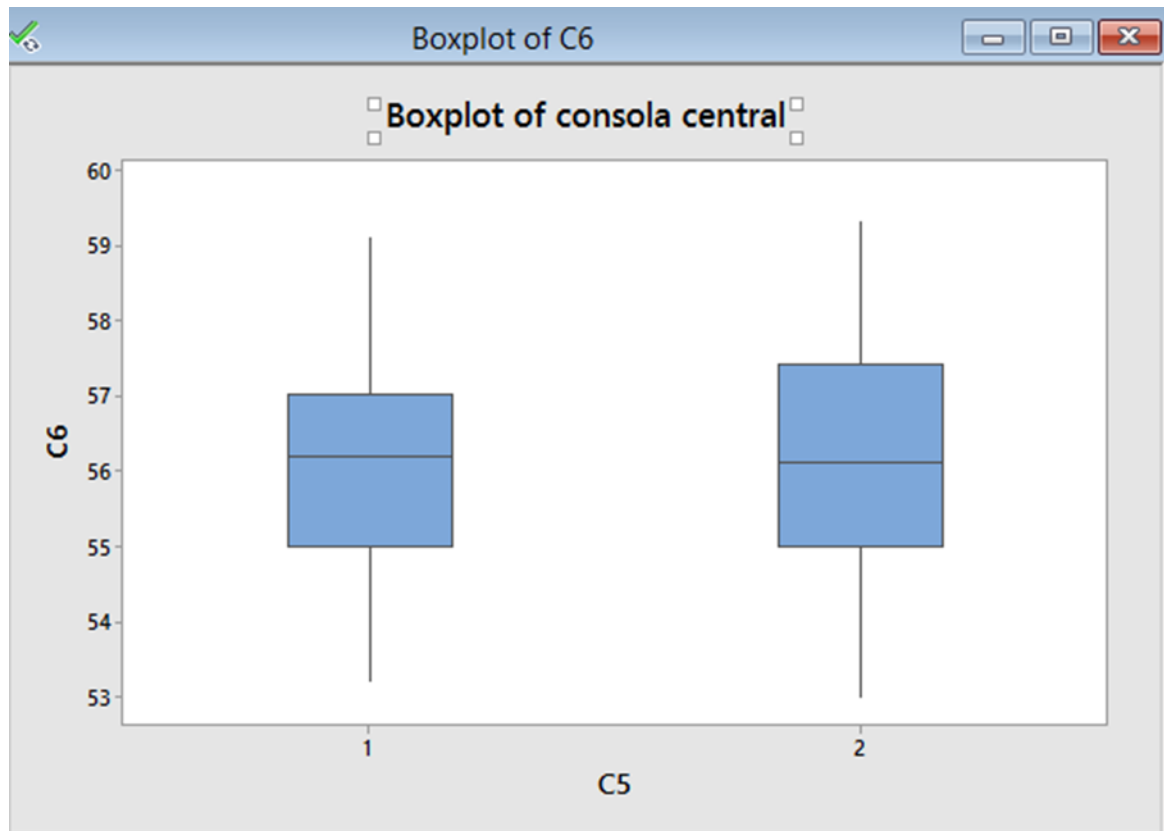


Figura 2.1 Diagrama de caja de consola central



#### 4.6 OBJETIVO #5: REVISIÓN CON EL ÁREA DEL MANUAL

El manual antes de ser ejecutado se revisó con los líderes de grupo y estuvieron presentes en los tiempos y movimientos, al inicio del manual se pensaba realizar con MTM todas las operaciones realizadas, sin embargo, por acuerdo interno se realizó un REFA evaluando al operador la habilidad que tenía y como no son operaciones cíclicas por tiempo de producción como en las líneas de ensamble, se acordó cronometrar los micro movimientos para poder tener el tiempo real de los operadores.

Teniendo el resultado de los tiempos y platicando con los líderes de grupo este manual se piensa realizar para los retrabajos más frecuentes en la planta y no simplemente tener un manual impreso sino también un manual digital donde el operador pueda buscarlo fácilmente. (Anexo foto de buscador digital)

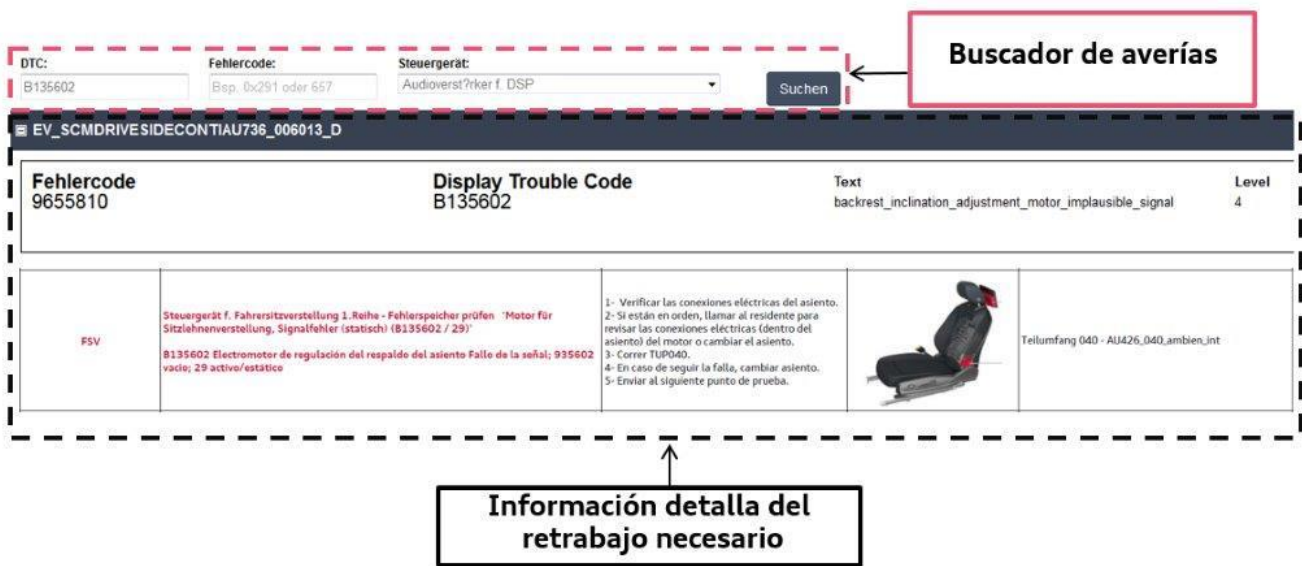


Tabla 2.4 Buscador de retrabajos en el sistema

## V. CIERRE DEL PROYECTO

Se realiza un análisis con los tiempos cuando no se tenía el manual de trabajo con la cuenta del histórico de 6 meses de retrabajos y se compara con los tiempos actuales ya implementados con el manual de retrabajos y podemos observar que superamos las expectativas logrando mejorar en promedio de los 3 procesos alcanzando mejorar el 98% del tiempo.

RETRABAJO	SIN ESTÁNDAR		CON ESTÁNDAR	Δ	%
	MINUTOS	SEGUNDOS	SEGUNDOS		
ZAPATITO	93	5580	128.4	5451.6	97.70
BUCLE	105	6300	105.6	6194.4	98.32
CONSOLA	131	7860	56	7804	99.29

Tabla 2.5 Cierre de proyecto: Tabla con datos finales

### 5.1 CONCLUSIÓN

Cuando pensamos en una empresa multinacional creemos que todos sus procesos son óptimos, eficientes y automatizados. Pero al analizarlos más profundamente nos damos cuenta que como en cualquier otro caso, existen áreas de oportunidad, ya sea para mejorar y estandarizar procesos o eliminar desperdicios dentro de los mismos. Así nos damos cuenta de que no existe proceso que no pueda ser mejorado.

Como hemos observado a lo largo del presente proyecto, se hace evidente la necesidad del constante cambio, actualización, rediseño y mejora continua dentro de procesos ya establecidos al mismo tiempo que se integran herramientas tecnológicas para su simplificación.

Durante el desarrollo del proyecto, notamos la importancia que tiene la estandarización de procesos para el desarrollo y control de variables existentes dentro de su misma naturaleza. Por pequeño o simple que parezca, es indispensable la estandarización para asegurar la obtención del resultado deseado sin importar los factores que puedan influir (tales como recursos humanos, maquinaria, tecnología, factores ambientales, etc.)

Lo anterior se ejemplifica claramente a lo largo del presente proyecto, en donde pudimos, analizar desarrollar e implementar desde conceptos básicos de estandarización y simplificación de procesos hasta el desarrollo de una herramienta tecnológica que se adecuó a las necesidades de nuestro proceso y de los operadores.

Analizando mediante un histórico de 6 meses de retrabajos los temas de mayor impacto en cuanto a tiempo evaluándolo por medio de un diagrama de Pareto.

Dado la causa de los temas de mayor impacto determinados por medio de un diagrama de Pareto se analizó que la mayoría de las causas conlleva a que el auto no queda aceptado por calidad a la primera vuelta y regresa al área para poder realizar nuevamente el proceso por lo que se investigó a través de la herramienta de los 5 porqués para determinar la causa raíz del problema.

Al realizar este análisis nos dimos cuenta de que la causa raíz decretaba que no existía un estándar para realizar la actividad, lo cual se desarrolló una manual de procedimientos (Hoja de Operación Estándar).

El manual de procedimientos (HOE), se realizó con la participación del líder de grupo del área estableciendo la secuencia de las actividades.

Una vez desarrolladas las HOE de los respectivos retrabajos, se implementaron los conceptos siendo evaluados por 2 operadores con 60 autos cada uno y en fechas diferentes.

Para poder monitorear y aceptar el manual de procedimientos se utilizaron las gráficas de I-MR para la estabilidad del proceso en el tiempo, se utilizó también un análisis de capacidad para determinar si el proceso es capaz de producir los requisitos que satisfagan al cliente y también se utilizó el diagrama de caja para visualizar donde está la mayoría de los valores (la media) de acuerdo a los tiempos de los dos operadores.

Posteriormente se efectuó un comparativo con los tiempos actuales ya implementados con el manual de retrabajos y podemos observar que superamos las expectativas logrando mejorar en promedio de los 3 procesos más del 90% del tiempo, además de reducir el tiempo de ciclo se incrementó el nivel de productividad.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se presenta a continuación las derivadas conclusiones que se consiguieron en éste proyecto:

- Implementar las hojas de trabajo estándar en las áreas de retrabajo y las demás áreas que no son directamente relacionadas con producción.
- Cronometrar los movimientos de los operadores evaluando su habilidad en el proceso.
- Se tiene una propuesta de Lay out para poder optimizar el tiempo y los recorridos.
- Para poder aplicar la propuesta se debe dar una capacitación básica de cómo utilizar el manual a los operadores.

Las actividades recomendables para continuar con el presente trabajo:

- El manual de procedimientos se debe de seguir complementando con otros retrabajos, ya que es un área con temas muy cambiantes.
- Capacitar al personal nuevo.
- Llevar una matriz de capacitación de personal para que sea fácil de rastrear las áreas de oportunidad que tiene cada operador.

### 5.3 BIBLIOGRAFIA

- (ACGIH), A. C. (1988). *Threshold limit for chemical substance and physical agentes in the workroom environment adopted*. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).
- Anderson, P. (1988). Cumulative Trauma Disorders. *Medicine, Dentistry, Nursing & Allied Health*, 168.
- Arnoletto, E. J. (2007). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. : Electrónica. Obtenido de Edición electrónica .
- Benjamin W.Niebel, A. F. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Pennsylvania State University: MCGRAWHILL.
- Correa, F. G. (2007). Manufactura esbelta principales herramientas. *Revista Panorama Administrativo Año 1 No. 2*, 100.
- cos, A. y. (Vol. 74, 1961). *Damage risk criteria and noose-included hearing loss ( Archives of Otolaryngology )* . Chicago, Illinois: American Medical Association.
- Editores, G. N. (1994). *Introducción al estudio del trabajo*. México DF: Limuss S.A. De C.V.
- Hernández, J. C. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Escuela de organización industrial.
- Latuga, M. ( de de 2000). *TBM Consulting Group México*. Obtenido de TBM Consulting Group México: <http://www.tbmcg.mx/recursos/blog/las-cuatro-herramientas-del-trabajo-estandarizado>
- Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura gil*. Mexico: Editorial Prentice Hall, edición 2.
- Naim Caba Villalobos, O. C. (2001). *Gestion de la produccion y operaciones*.
- Rebiere, O. R.-C. (2000). *Comprender y utilizar con eficacia el software libre "Gantt Project" para la gestión de proyectos educativos de*. Madrid: eGuide Education #2A.
- Sacristán, F. R. (2005). *Las 5´s Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fund. Confemetal.
- SERVICES, A. C. ( de de 2018). *INC. Yamazumi Workload Charts. En Yamazumi*. Obtenido de Timer PRO profesional: <http://www.acsco.com/videolibrary.htm#Yamazumi>
- Tapping, D. (2010). *Lean Office Demystified II*. Michigan: MCS Media, Incorporated.
- trabajo, O. I. ( de de 1965). *Artificial lighthing in factory and office ( Ginebra, 1965)*. Obtenido de Enciclopedia de la OIT: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=1b47ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

## 5.4 ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.0 Área de trabajo.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 1.1 Diseño del trabajo: Flexión antebrazo .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1.2 Diseño del trabajo: Superficie del trabajo.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1.3 Gráfica I-MR de interior asientos delanteros.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 1.4 Reporte de proceso de capacidad de interior asientos delanteros.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 1.5 Diagrama de caja de interior asientos delanteros .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 1.6 Gráfica I-MR de interior asientos traseros.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 1.7 Reporte de proceso de capacidad de interior asientos traseros.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 1.8 Diagrama de caja de interior asientos traseros .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 1.9 Gráfica I-MR de consola central .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 2.0 Reporte de proceso de capacidad de consola central.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 2.1 Diagrama de caja de consola central.....</i>	<i>74</i>

## 5.5 ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.0 Esquema para lograr mayor productividad.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 1.1 Análisis de valor .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 1.2 Combinación de movimientos de los Gilberth.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 1.3 Niveles mínimos de Iluminación.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 1.4 Alumbrado general.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 1.5 Desplazamiento del umbral auditivo.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 1.6 Tabla con conceptos de retrabajos determinados por número de autos y minutos. ....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 1.7 Diagrama de Pareto con los retrabajos primordiales.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 1.8 Retrabajos primordiales tomados del diagrama de Pareto con su lugar de registro .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 1.9 Diagrama de Pareto de los retrabajos a analizar. ....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 2.0 Temas internamente del concepto de Piezas/ Funcionalidad .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 2.1 Diagrama de Pareto de los temas primordiales del concepto Pieza/ Funcionalidad.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 2.2 Número de vueltas a retrabajos, en cuanto a concepto .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 2.3 Conceptos destacados para analizar. ....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 2.4 Buscador de retrabajos en el sistema.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 2.5 Cierre de proyecto: Tabla con datos finales.....</i>	<i>76</i>