

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Identificación e implementación de oportunidades de mejora para el desarrollo de un sistema de control de costos, para el Taller de colisiones de Proauto C.A.**

**Sistematización de experiencias prácticas de investigación e intervención**

**Roberto José Zevallos Donoso**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

Quito, 19 de mayo de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Identificación e implementación de oportunidades de mejora para el desarrollo de un sistema de control de costos, para el Taller de colisiones de Proauto C.A.**

**Roberto José Zevallos Donoso**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Cristina Camacho, MS.

Firma del profesor

---

Quito, 19 de mayo de 2017

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Roberto José Zevallos Donoso

Código: 00108736

Cédula de Identidad: 1715063606

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2017

## RESUMEN

El presente estudio trata sobre la identificación e implementación de oportunidades de mejora para el desarrollo de un sistema de reducción y control de costos, para el área de latonería y pintura en la empresa Proauto C.A. Esto se logra, en primer lugar, por medio del análisis y posterior aplicación de diversas metodologías para la asignación y control de costos en los componentes del costo por pieza del área de estudio en la empresa. En segundo lugar, se lo consigue por medio de la aplicación de la metodología de calidad definida dentro del área de Seis Sigma como DMAIC, la cual se complementa con distintas herramientas de ingeniería industrial que se aplican una vez más a cada uno de los componentes del costo por pieza del área de latonería y pintura de Proauto C.A. De esta manera, se logra determinar la manera más acertada de asignar los costos dentro del área de latonería y pintura. Con lo que finalmente, se llega a implementar mejoras que logran reducir de manera significativa los tiempos de operación del Taller de Colisiones, aumentando así la productividad, y, por ende, mejorar tanto el margen operacional como el margen neto de esta área de Proauto C.A.

### Palabras clave

Lean, DMAIC, Costos, 5S, AHP, Industria Automotriz

## ABSTRACT

The present study deals with the identification and implementation of improvement opportunities for the development of a cost reduction and cost control system for the area of paint and body shop in the company Proauto C.A. This is achieved, first, through the analysis and subsequent application of various methodologies for the allocation and control of costs in each of the components of the cost per piece of the study area in the company. Secondly, it is achieved through the application of the quality methodology defined in the Six Sigma area as DMAIC, which is complemented by different industrial engineering tools that are applied once again to each of the components of the cost per piece of Proauto C.A. In this way, it is possible to determine the most appropriate way of allocating costs within the area of paint and body shop. Finally, the study implements improvements that achieve to significantly reduce the operating times of the Collisions Workshop, thus increasing productivity, and, therefore, improving both the operating margin and the net margin of this area of Proauto C.A.

*Key words:* Lean, DMAIC, Costs, 5S, AHP, Automotive Industry

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura .....</b>	<b>9</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>12</b>
<b>Cálculo de costos e identificación de defectos.....</b>	<b>16</b>
<b>Cálculo del estado financiero - Colisiones.....</b>	<b>21</b>
<b>Mejoras propuestas.....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>32</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>33</b>
<b>Limitaciones .....</b>	<b>33</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>34</b>
<b>Anexo 1: Plan a seguir para las etapas ordenar, limpiar, estandarizar, mantener del 5S... 37</b>	<b>37</b>
<b>Anexo 2: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad de sacar y meter carro .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo 3: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad verificar el estado del carro.....</b>	<b>38</b>
<b>Anexo 4: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad encontrar llaves del carro .....</b>	<b>38</b>
<b>Anexo 5: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad encontrar los repuestos .....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo 6: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad comunicación entre el encargado de repuestos y el asesor del taller para la realización de proformas vehiculares .....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo 7: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad verificar el estado del carro, y resultados del análisis de varianza (ANOVA) .....</b>	<b>40</b>
<b>Anexo 8: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad encontrar llaves del carro, y resultados del análisis de varianza (ANOVA).....</b>	<b>41</b>
<b>Anexo 9: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad encontrar los repuestos, y resultados del análisis de varianza (ANOVA) .....</b>	<b>42</b>
<b>Anexo 10: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad</b>	

<b>comunicación entre el encargado de repuestos y el asesor del taller para la realización de proformas vehiculares, y resultados del análisis de varianza (ANOVA) .....</b>	<b>43</b>
<b>Anexo 11: Resultados de la prueba t de dos muestras para los tiempos de la actividad sacar y meter carro .....</b>	<b>44</b>
<b>Anexo 12: Pruebas de normalidad para los tiempos tomados.....</b>	<b>44</b>
<b>Anexo 13: Análisis de adyacencias para el layout actual y el propuesto .....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo 14: Primer paso de la validación del AHP para el segundo grupo de proveedores..</b>	<b>48</b>

# **Identificación e implementación de oportunidades de mejora para el desarrollo de un sistema de control de costos, para el Taller de colisiones de Proauto C.A.**

**Roberto J. Zevallos-Donoso**  
**Universidad San Francisco de Quito**  
**Quito, Ecuador**

## **Abstract**

El presente estudio trata sobre la identificación e implementación de oportunidades de mejora para el desarrollo de un sistema de reducción y control de costos, para el área de latonería y pintura en la empresa Proauto C.A. Esto se logra, en primer lugar, por medio del análisis y posterior aplicación de diversas metodologías para la asignación y control de costos en los componentes del costo por pieza del área de estudio en la empresa. En segundo lugar, se lo consigue por medio de la aplicación de la metodología de calidad definida dentro del área de Seis Sigma como DMAIC, la cual se complementa con distintas herramientas de ingeniería industrial que se aplican una vez más a cada uno de los componentes del costo por pieza del área de latonería y pintura de Proauto C.A. De esta manera, se logra determinar la manera más acertada de asignar los costos dentro del área de latonería y pintura. Con lo que finalmente, se llega a implementar mejoras que logran reducir de manera significativa los tiempos de operación del Taller de Colisiones, aumentando así la productividad, y, por ende, mejorar tanto el margen operacional como el margen neto de esta área de Proauto C.A.

## **Palabras clave**

Lean, DMAIC, Costos, 5S, AHP, Industria Automotriz

## **1. Introducción**

En la actualidad existen muchos sistemas dedicados al control de costos en procesos industriales. Algunos son genéricos para todos tipos de empresas, mientras que otros son desarrollados por organizaciones específicas para que se ajusten a sus requerimientos como compañía. Uno de los principales sistemas para la reducción de costos es conocido como Lean Accounting, el cual indica que para reducir costos no basta con eliminar los siete tipos de desperdicios definidos por la metodología Lean, sino que también se requiere reducir los inputs de los procesos [1].

Así mismo, existen otros sistemas dentro de esta categoría que van de la mano como son el control de costos por actividades (activity based costing ABC), y el control de costos por procesos [2], por nombrar los más utilizados en la actualidad. Cabe recalcar que cada uno de estos métodos posee distintas variaciones o nombres, pero su idea central y metodologías son las mismas [1-3]. Adicionalmente, existen situaciones donde estos sistemas no pueden ser aplicados en su totalidad, por lo que se recurre a lo que se conoce como centro de costos [3-5]. Este tipo de sistemas asigna los costos a departamentos o áreas de una compañía en lugar de realizar la distribución de costos a un nivel de productos, procesos o actividades [6-8], es decir, este es un modelo de asignación de alto nivel, si es que se lo compara con el ABC o Lean Accounting [7].

El presente estudio de un sistema de costeo en las áreas de latonería y pintura se lleva a cabo en la empresa Proauto C.A., la cual fue fundada hace más de 20 años como un taller de reparación vehicular y venta de vehículos usados [9]. Con el tiempo, esta empresa creció para conseguir la representación de Colmotores y poder vender vehículos pesados [9]. Posteriormente, en el año 1992, Proauto C.A. obtiene la distribución de todo tipo de vehículos livianos fabricados por General Motors [10]. Actualmente, esta empresa es el concesionario con mayor cuota de mercado de vehículos Chevrolet en el Ecuador (cerca del 30%), y posee cinco sucursales con más de 200 colaboradores [10]. Estas sucursales están distribuidas entre la ciudad de Quito (Matriz, Monteserrín, Condado Shopping, Carapungo), y Cayambe [10]. Los tipos de vehículos comercializados por Proauto C.A. son livianos y camiones, los cuales son en parte producidos en la planta de Omnibus BB, y en parte importados de manera directa desde Corea, Venezuela y otros países [10].



En Proauto C.A., al formar parte de la familia General Motors, se planifica implementar el manual de estándares del sistema de contabilidad para concesionarios General Motors [11]. Este manual presenta muchas similitudes, pero a la vez diferencias con los sistemas de control de costos desarrollados por las metodologías Lean, brevemente mencionadas con anterioridad. La asignación de costos en este manual funciona de una manera estándar para los concesionarios, mientras que en Lean se moldea de acuerdo a las necesidades de cada área del concesionario [1].

La importancia de este estudio surge dado que la compañía Proauto C.A. requiere implementar los estándares del manual de control de costos propuestos por General Motors, asegurando el cumplimiento y mantenimiento de los mismos en la empresa.

Por tanto, los objetivos generales del proyecto son:

- Implementar un sistema de costeo en las áreas de latonería y pintura de la empresa Proauto C.A.
- Asegurar el cumplimiento de los estándares del manual de control de costos de General Motors

Mientras que los objetivos específicos del mismo son:

- Entender los componentes del costo por pieza
- Controlar los componentes del costo por pieza
- Encontrar los costos más altos de los sistemas de latonería y pintura
- Identificar e implementar oportunidades de mejora para reducir estos costos
- Costear precio promedio de las piezas de latonería y pintura en no más de \$11.50/pieza

## 2. Revisión de literatura

Es importante mencionar que el presente estudio inicia con referencias sobre lo que es la metodología Lean dado que esta centra gran parte de su atención en reducir y controlar costos [1]. Así mismo, se enfoca en brindar un contexto sobre las principales metodologías que existen en la actualidad para el control de costos, como son la contabilidad Lean, el control de costos basado en actividades (ABC), y asignación en base a centro de costos. Sin embargo, se desarrolla con mayor profundidad lo que es el ABC y el centro de costos, dado que estas metodologías se aproximan más a los objetivos del estudio.

Las raíces de la metodología Lean son atribuidas al Sistema de Producción Toyota (TPS), desarrollado por Taiichi Ohno, cuya principal meta es la reducción de costos mediante la eliminación de desperdicios [1]. Así mismo, otros estudios de dicha metodología muestran objetivos complementarios como aumentar el valor para los consumidores mientras se reduce el número de recursos consumidos y los tiempos de ciclo [12, 13]. Sin embargo, muchas de las empresas que han tratado de implementar los principios de la metodología Lean han fallado en el trayecto, dado que no cumplen ciertos requerimientos indispensables para llegar a una implementación exitosa [14]. Dentro de estos, experiencias en otras empresas afirman que es necesario aplicar cinco o más herramientas técnicas de la metodología Lean; ver a Lean como un viaje a largo plazo para garantizar un enfoque duradero y comprometido; lograr cambios en la cultura organizacional de la empresa para instalar puntos de vista centrados en la mejora continua; y sobretodo en relación a este estudio, aplicar sistemas de contabilidad Lean, donde se busca evitar costos en lugar de solo reducirlos [14-17]. Adicionalmente, se ha demostrado que se requiere de gerentes con grandes capacidades de liderazgo para poder generar un cambio de actitud de la organización y las personas que la componen [12, 18]. De igual forma, para poder implementar los principios de la metodología Lean en cualquier área de una empresa, se identifica que, en la industria automovilística, el factor de mayor importancia es el compromiso de la alta gerencia, donde estos pasan más tiempo en el taller en lugar de sus oficinas [15, 19].

Por lo tanto, la administración basada en la metodología Lean ha sido un tema de alto interés en la última década, ya que esta se basa en reestructurar procesos y procedimientos para eliminar desperdicios y generar productos de alta calidad [20]. Varios autores han demostrado que esta forma de administración ha tenido un gran impacto en varias áreas de las empresas tales como manufactura, logística, y desarrollo de nuevos productos [17, 21]. Sin embargo, sus principios no han sido mayormente aplicados en el área de contabilidad, principalmente porque los departamentos de contabilidad no generan ingresos para las compañías [20]. Estos departamentos añaden valor cuando mantienen y monitorean la salud financiera de las empresas, pero no añaden valor cuando pasan tiempo realizando papeleos, o reparten correspondencia [20].

Así, es indispensable tomar en cuenta a autores que buscan generar consciencia de que los sistemas tradicionales de costeo dentro de las empresas actuales se han vuelto obsoletos, ya que la asignación de costos indirectos se hace tanto de manera racional como aleatoria, lo cual limita la toma de decisiones basada en la información relacionada con costos [22, 23]. De igual manera, los modelos de contabilidad tradicionales, entre varias de sus características, se limitan en tener operaciones con altos costos directos de mano de obra, los cuales usualmente representan el 60% o más del costeo de un producto [24]. Además, los modelos tradicionales requieren de la elaboración de extensivos sistemas para rastrear los costos de mano de obra y asignarlos a productos específicos para poder comparar con costos estándares pre establecidos de manera interna por cada empresa [24]. Asimismo, aplicar Lean en la contabilidad sugiere usar sistemas de costeo basado en flujos de valor y no en productos individuales, ya que esto ayuda a saber el costo exacto de cada flujo y muestra las imperfecciones de los procesos como oportunidades de mejora [24, 25].

Por estas razones, resulta extremadamente útil aplicar los principios de mapeo de procesos para identificar desperdicios, y optimizar los recursos de tiempo para que contabilidad se dedique a las tareas que realmente generan valor [20, 26]. Estos principios son conocidos como la contabilidad Lean, dentro de la cual estudios afirman que busca identificar el valor frente a los ojos del consumidor, organizar en flujos de valor a la empresa, capacitar a los empleados y alcanzar la perfección de manera continua [18, 25, 27, 28]. Para esto, se incluye en los flujos de valor a todas las personas requeridas para apoyar a las operaciones dentro del flujo, los cuales deben ser entrenados por un líder del flujo [27]. De manera adicional, se crean métricas específicas que cada flujo debe monitorear [27]. Todo aquello con el enfoque inicial de la metodología Lean de eliminar desperdicios, sin embargo, se debe tomar en cuenta que investigaciones demuestran que el eliminar estos no necesariamente significa generar una reducción en los costos [1, 22].

Igualmente, se han estudiado beneficios adicionales de la contabilidad Lean, tales como que con ella se alcanza mejoras en la comunicación y coordinación de las diferentes funciones dentro del flujo de valor, y que existe una menor cantidad de métricas con un mayor sentido para los empleados, ya que estos están involucrados desde un inicio en la determinación de las mismas [27, 29, 30].

Del mismo modo, existe una amplia investigación en un método distinto para el control de costos conocido como el costeo basado en actividades (ABC), que es una de las maneras más sofisticadas de asignar los gastos generales de una empresa ya que se basa en el principio de causalidad [2, 31-33]. En base a varios autores el concepto del ABC recae en que las actividades consumen recursos, y los productos consumen actividades [34, 35]. Tomando en cuenta que una actividad se define como una parte de, o todas, las obligaciones requeridas para obtener un producto, servicio, o realizar algún trabajo [35]. Además, las actividades son la unión de operaciones homogéneas, que forman parte de una cadena de valor que consume recursos [35]. Por lo tanto, ninguna actividad existe por sí misma, pues una empresa está compuesta por un conjunto de actividades con nexos entre ellas, lo cual forma una red de actividades [35].

De esta manera, investigaciones han demostrado que lo que permite que los costos generales se asignen a actividades son las causas de estos costos, que son conocidas como factores de costos [2, 32, 36]. Aquí, es importante recalcar que los factores de costos son aquellos que explican la variación de los costos, y son la referencia para asignar los costos indirectos, en otras palabras, es la unidad de medida de las actividades [35, 36].

Conjuntamente, de acuerdo al método del ABC existen varios pasos que se deben seguir para calcular los costos, estos son: establecer los gastos que representan costos directos e indirectos; identificar las actividades que consumen recursos; identificar los factores de costos para cada tipo de actividad; agrupar las actividades con el mismo factor de costo en centros de agrupamiento; reconocer los costos relacionados con cada centro de agrupamiento; determinar los costos unitarios para cada factor; asignar los costos indirectos en el costo de los productos en base a las actividades relacionados con los mismos y sus respectivos factores de costos; establecer los costos unitarios de cada producto, servicio u orden de trabajo, por medio de la adición de los costos directos y los costos de las actividades consumidas por los productos [35-37].

Así entonces, distintos autores han realizado estudios sobre las ventajas del ABC en cuanto a la aplicación en empresas reales [36-38]. Una de las principales aplicaciones es que este método se enfoca en la producción (outputs) de los procesos y actividades, y no únicamente en el consumo de recursos, lo que ayuda a tomar decisiones operacionales de una manera más informada [2, 37].

Simultáneamente, es posible encontrar amplios estudios sobre el control de costos que se enfocan en lo que se conoce como centro de costos [8]. Este método distribuye los costos a departamentos o áreas de acuerdo a distintos factores de costos, dentro de los cuales, el más comúnmente utilizado es el tiempo [6,7]. Cabe mencionar, que, este es el factor mayormente empleado ya que es el que mejores resultados ha mostrado en la práctica [3-8].

Un estudio de Marjanović et al. (2014), muestra que cuando se emplea un factor de costo distinto al tiempo, como por ejemplo el porcentaje de facturación de un determinado departamento, se penaliza a aquellos que más venden, o menos problemas representan a la compañía [8]. Lo mencionado anteriormente sucede debido a que por tener un porcentaje de facturación superior a los demás, se les asigna mayores costos a los departamentos de mayores ventas, pero la realidad es que estos departamentos demandan una menor cantidad de recursos que otras áreas de la empresa [8]. Por ejemplo, una empresa que seleccionó el porcentaje de facturación como factor de costo, llegó a asignar 15% más costos a un departamento en comparación a cuando el factor de costo seleccionado fue el tiempo que los empleados dedicaban a actividades relacionadas a dicho departamento [8].

Del mismo modo, otra de las principales ventajas del centro de costos es que requiere de menos recursos para poder determinar la asignación de costos a los diferentes departamentos o áreas [3-5]. Es más, la persona a cargo de la asignación, no debe llegar a enfocarse con alto nivel de detalle en las tareas y procesos involucrados dentro de cada uno de estos departamentos [3-5].

Por otro lado, de acuerdo a estudios de Swink & Schoenherr (2015), una de las principales desventajas del centro de costos es que, al ser de tan alto nivel, puede obviar ciertas interrelaciones entre departamentos cuando la empresa ha conseguido un elevado grado de integración de sus procesos [6]. Además, resulta complicado realizar una asignación de departamentos por separado, dado que están sus actividades y recursos están estrechamente ligados [3-5].

Así pues, todos estos métodos ayudan de cierta manera a reducir los costos desde el punto de vista de la empresa [31, 38, 39]. De forma complementaria a cualquiera de estos, el ofrecer un buen nivel de servicio después de la compra logra una gran diferencia en la cantidad de dinero y tiempo que los clientes de un taller pueden ahorrar cuando su vehículo entra a reparación [40]. Por lo que, se requiere brindar el mejor asesoramiento técnico a los clientes, logrando reducir costos por reparaciones innecesarias o aquellas que son absorbidas por la empresa como consecuencia de una mala negociación con las aseguradoras [40].

Adicionalmente, uno de los mejores ejemplos de éxito en la búsqueda por reducir costos, se da en empresas como Ford, en donde se han identificado maneras de actuar cuando se presentan oportunidades de mejora, esto por medio de la aplicación de proyectos Seis Sigma [41]. Por ejemplo, en el año 2009, los oficiales de planta de Ford pudieron identificar que su consumo de fondo para pintura estaba superando sus métricas establecidas, por lo que una oportunidad de mejora se volvía evidente [41]. La metodología empleada por Ford para este tipo de oportunidades es la DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar (improve), controlar), donde primero se selecciona un equipo calificado para definir las metas del proyecto, en este caso específico fueron reducción de costos, mejora de la satisfacción del cliente, y reducción del impacto ambiental, para luego predecir el impacto que cada una de estas metas tendría [41]. La siguiente fase es medir, en la cual se emplean varias herramientas como mapas de flujo de valor para entender de una mejor manera visual el flujo de material y el proceso de aplicación de pintura [41]. Se utiliza también medidas estadísticas que ayudan a filtrar, evaluar, y obtener información relevante para el proyecto [41]. Diagramas de causa y efecto son empleados para identificar causas raíz del consumo de fondo de pintura y los problemas de desempeño, y adicionalmente lluvia de ideas para calificar a las potenciales causas [41]. La etapa siguiente es la de analizar, en la cual se lleva a cabo un análisis de los cinco ¿por qué?, y pruebas en las potenciales causas raíz [41]. Así, se da paso a la fase de mejorar, donde se deben aplicar las potenciales soluciones que se han identificado y analizado en etapas previas, para lo cual se desarrolla un plan compuesto de tres pasos: pensar, que se refiere a planear todas las actividades de implementación necesarias; actuar, que hace referencia a implementar las soluciones; controlar, donde se debe verificar si las soluciones se implementaron de manera correcta [41]. La última etapa es la de controlar, en la cual se monitorea las soluciones de la fase anterior para garantizar que los resultados se mantienen, esto se logra por medio de la creación de procesos de operaciones estandarizados, control del consumo de pintura a tiempo real, y auditorías de rutina [41].

Así mismo, otras empresas, como Renault, han encontrado beneficios al enfocarse en sus costos [42]. Esta empresa, descubrió que las causas de sus elevados costos de transporte de partes eran los largos tiempos de espera involucrados en sus procesos, lo que le llevó a modificar la ubicación de sus centros de distribución para brindar un servicio más rápido a sus plantas [42]. Con esto, decidieron expandir los beneficios de enfocarse en el control de costos a otras áreas de la empresa [42].

Adicionalmente, Shoemaker afirma que, tras observar a varios talleres de reparación de vehículos a lo largo de los Estados Unidos, el dirigir el control de costos puede llevar a aumentar la producción, es decir, la cantidad de autos que se reparan en un determinado intervalo de tiempo [43].

### **3. Metodología**

La metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar (improve), controlar) es la seleccionada para el presente estudio de generación de un sistema de costeo en las áreas de latonería y pintura en la empresa Proauto C.A. El DMAIC es un método estructurado por fases para la resolución de problemas, en el cual cada fase se construye sobre la anterior para conseguir implementar soluciones a largo plazo juntando varias técnicas y herramientas del pensamiento Seis Sigma [44, 45].

Una de las principales ventajas de la metodología seleccionada es que ha tenido un gran éxito en la industria a causa de que viene empaquetada de una manera muy fácil de implementar, en la cual los objetivos son definidos claramente desde un inicio [46, 47]. Adicionalmente, el DMAIC se enfoca en muchos temas de suma importancia: los clientes son centrales para la supervivencia; las métricas seleccionadas sirven para medir todos los aspectos de la organización; las decisiones deben ser tomadas en base a hechos en lugar de opiniones; el compromiso de todas las personas dentro de la organización es fundamental; y la búsqueda sin fin de la excelencia de los procesos resulta en una mayor satisfacción de los clientes [46, 47].

#### **3.1 Definir**

La primera fase de la metodología es definir el problema que se busca resolver, lo cual involucra identificar el proceso o área específica que se quiere mejorar, y establecer las expectativas y cronogramas del proyecto [46]. De forma similar, se debe determinar los individuos que serán parte del proyecto y los planes de comunicación a utilizar [44]. Dentro de la empresa Proauto C.A., el problema a resolver es la dificultad para determinar los costos por pieza en el área de latonería y pintura del taller de colisiones, debido a la ausencia de un sistema de costeo confiable [11]. Complementariamente, por la ausencia de un sistema de costeo, la empresa no sabe si cumple con los objetivos de margen operacional y margen neto preestablecidos por parte de General Motors [11]. Por lo que, de manera inicial, se emplea el mes de octubre de 2016 para aplicar una herramienta de ingeniería industrial conocida como Gemba Walk para observar y entender el funcionamiento y las responsabilidades del área de latonería y pintura de la empresa [48, 49]. A partir de esto, se genera diagramas de bloques del taller de colisiones de Proauto, lo cual se puede observar en la Figura 1. Además, se establece un cronograma semanal de actividades para desarrollar el proyecto que va desde noviembre del 2016 hasta mayo del 2017. Conjuntamente, se identifica como involucrados del proyecto a Juan Manuel Méndez, Gerente de Postventa de la empresa; Mauro Araque, Jefe de Servicio; Omar Boada, Jefe del Taller de Colisiones; Alejandro Aguilera, Asesor de Servicio; técnicos del taller de colisiones; Cristina Camacho y Danny Navarrete, profesores mentores de la USFQ; y Roberto Zevallos, encargado del desarrollo del presente estudio en la empresa Proauto C.A. Dentro de los planes de comunicación para los involucrados se tiene reuniones directas en la agencia Matriz y el Taller de Colisiones de Proauto, donde, en caso de ser pertinente, se generará documentación de las discusiones desarrolladas a lo largo de las reuniones.

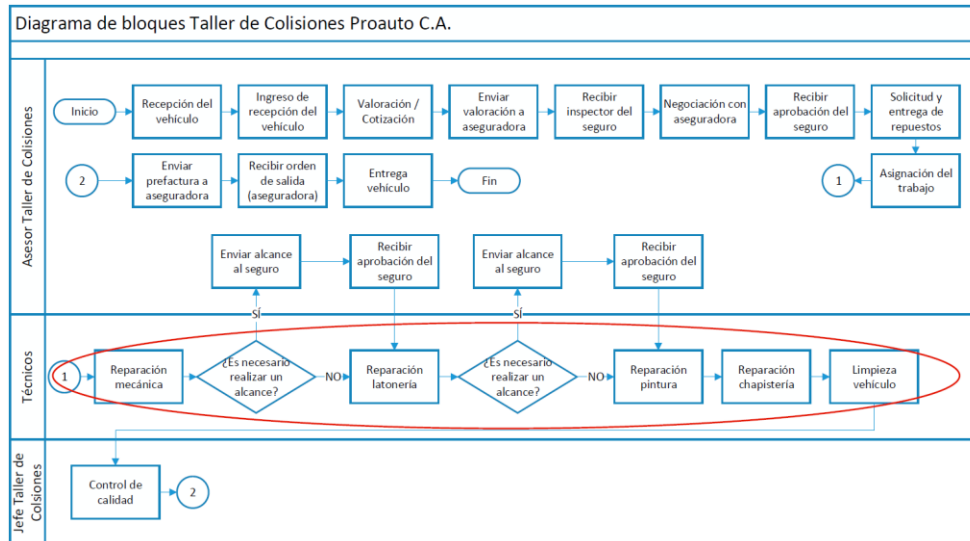


Figura 1: Área de enfoque en la empresa Proauto C.A.

### 3.2 Medir

La segunda fase es medir, en la cual se debe mapear la situación actual paso a paso, esto quiere decir que se tiene que documentar lo que en realidad está pasando en lugar de lo que debería estar pasando [46]. Para Proauto C.A. se identifica que actualmente los costos por pieza dentro de las áreas de latonería y pintura presentan tres componentes principales [11]:

- Costo de la nómina
  - Directa
  - Indirecta
- Costos de los consumibles
  - Abrasivos
  - Pintura
- Costos fijos [11]

Los pasos a seguir en la fase de medir para cada uno de estos costos se detallan a continuación:

Tabla 1: Costo de la nómina (Fase medir)

	Revisar el actual sistema de pagos a los técnicos del Taller de Colisiones manejado por parte del Jefe del Taller de Colisiones
¿Qué?	Preparar un informe con las irregularidades que se puede encontrar en el sistema de pagos actual y una explicación detallada de cómo funciona la nómina en la actualidad
	Determinación de los factores de costo para la asignación de los sueldos de los empleados generales a las distintas agencias
	Toma de tiempos de las actividades para las cuales no existen estándares definidos por GM
¿Dónde?	Agencia Carapungo
¿Cuándo?	Noviembre 2016 – enero 2017
¿Quién?	Roberto Zevallos
¿Cómo?	Analizar todos los pagos a la nómina del mes de agosto del año 2016 y verificar cómo se llega a los valores pagados de acuerdo al sistema de comisiones que se maneja, por medio de diagramas de bloques
	Comparar las órdenes de trabajo almacenadas en el expediente de cada vehículo con la información registrada en el sistema de pagos de la empresa
	Comparación y contraste de los factores propuestos por Proauto con aquellos utilizados por otras empresas similares
	Emplear cronómetro para calcular un tiempo promedio de las actividades i) Sacar y meter un carro del taller, ii) Verificar el progreso de los trabajos de un determinado vehículo, iii) Encontrar las llaves de un determinado vehículo iv) Encontrar un repuesto dentro del taller para un determinado vehículo v) Comunicación entre asesor del taller y el encargado de repuestos

Tabla 2: Costos de los consumibles (Fase medir)

	Entender los procesos para el preparado y pintado de una pieza
¿Qué?	Determinar plan de muestreo y tamaño de muestra para calcular el costo promedio de pintura por pieza
	Determinar el costo promedio de pintura por pieza, en base al consumo de pintura de acuerdo al tipo de pieza, color y modelo del carro (Conjuntamente con etapa analizar)
¿Dónde?	Agencia Carapungo
¿Cuándo?	Enero – febrero 2017
¿Quién?	Roberto Zevallos
¿Cómo?	Elaboración de diagramas de bloques para el proceso de preparación y pintado de una pieza
	Aplicar 5S a las órdenes de trabajo que se extraerán de los archivos de la empresa
	En conjunto con la etapa analizar, realizar un Pareto (modelo, tipo de pieza, color) de las piezas pintadas en el año 2016 para generar el plan de muestreo

Tabla 3: Costos fijos (Fase medir)

¿Qué?	Reconocer los costos directos e indirectos del área de estudio, con sus factores de costos
	Determinar la manera en qué se los calcula actualmente
	Identificar la forma en que se asigna los costos fijos actualmente
¿Dónde?	Agencia Carapungo
¿Cuándo?	Marzo 2017
¿Quién?	Roberto Zevallos
¿Cómo?	Analizar, junto con contabilidad, los presupuestos mensuales para localizar los costos fijos con sus factores de costos, la manera en que se los calcula y asigna dentro del área de latonería y pintura

### 3.3 Analizar

Sucesivamente se encuentra la fase de analizar, en la cual se pretende identificar las actividades que no añaden valor al proceso o que representan problemas de calidad o confiabilidad [46]. En esta sección se empleará herramientas de ingeniería industrial como análisis de Pareto para determinar los modelos de carros, tipos de pieza y color que deberían ser muestreados (empleado para determinar plan de muestreo de la etapa medir); diagramas de causa y efecto para localizar las fallas principales dentro del sistema de costeo; 5S para solucionar problemas de calidad generados por falta de organización y limpieza en toda el área del taller; eventos Kaizen (Quick Kaizen) para concentrar esfuerzos prolongados por una semana para encontrar oportunidades de mejora continua (donde se incluye el levantamiento de procesos y del layout actual del taller de colisiones); centro de costos para la correcta asignación de los sueldos de los empleados generales a las distintas agencias; y análisis de los ¿por qué? para identificar las causas raíz de que los costos de las tres principales áreas sobrepasen la meta establecida por la gerencia [37, 46, 50]. De forma complementaria, se utilizará estadística básica para calcular el estado financiero del taller de colisiones [51]. Cabe recalcar, que el estado financiero toma en consideración los tres componentes principales del costo por pieza que son costos de la nómina, consumibles, y fijos [11]. A continuación, se muestra una tabla de los componentes del estado financiero de Proauto C.A.:

Tabla 4: Estado financiero Taller de Colisiones – Proauto C.A.

Año	2016
Ventas (unidades)	
Facturación Promedio	
Ventas Brutas	
Costo Ventas	
Margen Operacional (\$)	
Margen Operacional (%)	
Gastos	
Margen Neto (\$)	
Margen Neto (%)	

### 3.4 Mejorar

La siguiente fase de la metodología es mejorar, por medio de la que se genera ideas y soluciones dentro de las oportunidades de mejora identificadas en la etapa anterior, y se crea nuevos procesos o herramientas que se deberían utilizar [46]. Dentro de Proauto C.A., se deberá hacer pruebas piloto de las mejoras para garantizar que su implementación sea significativa y exitosa dentro de los costos de la nómina, costos de consumibles, y costos fijos. Así mismo se debe proponer maneras más eficientes y realísticas de asignar los costos dentro del área de latonería y pintura [46].

De modo adicional, en esta etapa se tiene que aplicar los principios de la metodología Lean para la disminución de desperdicios (transporte, inventario, movimiento, espera, sobre-producción, sobre-procesamiento, defectos, intelecto no utilizado) con el objetivo de reducir los costos más altos identificados en la etapa anterior y poder incrementar la productividad del taller de colisiones [52]. En este punto, para poder reducir los costos, ya sean de la nómina, consumibles, o fijos, se deberá aplicar ciertos pasos de la metodología DMAIC nuevamente, especialmente para medir los tiempos de procesamiento de las actividades bajo estudio, y generar nuevos análisis y planes de mejora sobre estas.

### 3.5 Controlar

La última etapa de la metodología DMAIC es controlar, en la que se busca desarrollar un plan para implementar lo generado durante la fase mejorar, pero también para mantener aquello, y fomentar el mejoramiento continuo [46]. De manera adicional, en esta fase se debería plantear planes para la medición de la correcta implementación y otros de reacción en caso de fallas (medidas correctivas), para poder comunicar los resultados del proceso a todas las áreas de la organización [44]. Dentro de estos planes se propondría tener reuniones donde se revise el progreso por medio de las mediciones de la correcta implementación, y los impactos que esto genera sobre las metas generales de Proauto C.A. [53]. Cabe mencionar que, dadas las restricciones de tiempo del proyecto y requerimientos de la gerencia de la empresa, en el presente estudio no se llega a implementar la etapa controlar para las tres grandes áreas de costos que conforman el costo por pieza del área de latonería y pintura de Proauto C.A.

#### 4. Cálculo de costos e identificación de defectos

Para reportar los cálculos de los distintos costos involucrados en el proyecto, se omite los valores reales de los mismos debido a acuerdos de confidencialidad con la empresa Proauto C.A. Por lo que, se procede a emplear porcentajes de los mismos en casos donde sea posible, y en otras ocasiones se emplea transformaciones de los valores.

Adicionalmente, se menciona que todos los cálculos realizados en la presente sección son correspondientes a datos financieros del año 2016.

##### 4.1 Costos de la nómina – directa

Se identifica como mano de obra directa a los técnicos, al asesor de servicio y al jefe del taller de colisiones de Proauto C.A. Así entonces, se puede notar que la nómina directa está compuesta de dos partes; la mano de obra de latonería al público en general, y la mano de obra de latonería para las compañías aseguradoras. Esta diferencia existe dado que muchas veces Proauto no cobra directamente a los propietarios de los vehículos que ingresan al taller, sino que el cobro se realiza directamente a la empresa aseguradora del vehículo [11]. Es así que, al comparar las órdenes de trabajo cerradas del taller de colisiones, con las recepciones de cobro del área de finanzas, se logra calcular el valor de la mano de obra directa, donde la relacionada al público en general representa el 28% del total, y aquella relacionada con las aseguradoras representa el 72% restante.

En cuanto a los defectos que se pueden identificar dentro del costo de la mano de obra directa, consta el hecho de que el presente sistema de comisiones presenta tres problemas principales. El primero de estos es que actualmente el sistema no permite registrar de manera acertada la cantidad de horas que un técnico trabajó en un vehículo, o la cantidad exacta de piezas que pasaron por el proceso de pintura, para poder determinar el valor exacto a pagar a cada técnico. Lo que sucede es que este sistema solo admite ingresar horas trabajadas y piezas pintadas en un valor igual a uno (1), lo que genera que el jefe de taller deba crear actividades en el sistema (horas de trabajo, o piezas pintadas) con valores monetarios más grandes que los equivalentes a uno. Lo que esto permite, es que, si un técnico empleó tres horas en un vehículo, en el sistema se genera una actividad que cuesta tres veces más que una hora normal. Esto como consecuencia, puede generar errores por parte del jefe de taller y al fin de cuentas distorsionar el valor real de la mano de obra directa.

El segundo de los problemas principales, es que hoy en día, del total de las órdenes de trabajo que se tienen en la empresa, el 0% posee todos los documentos requeridos desde que se recibe un vehículo hasta que se lo entrega al cliente. Esto ocasiona demoras en el proceso de reparación del vehículo porque no se autoriza todos los repuestos requeridos; conflictos con aseguradoras y clientes por la falta de registros.

El tercero de los problemas, es que el 40% de las veces que se genera una orden de trabajo, el técnico asignado al trabajo no concuerda con el registro electrónico del sistema de comisiones, lo que provoca irregularidades en los procesos de pagos de la mano de obra directa, distorsionando el valor real de la misma.

##### 4.2 Costos de la nómina – indirecta

La mano de obra indirecta en Proauto C.A. se puede clasificar en dos, aquella de línea que son los empleados que dedican gran parte de sus actividades al área de post venta, y la mano de obra indirecta general, la cual se refiere a los empleados que podrían dedicar una parte de su tiempo al área de post venta, y, por ende, al taller de colisiones [11].

Para determinar el costo de la nómina indirecta de línea, se debe determinar porcentajes de asignación de los sueldos de estas personas en base a cualquiera de las metodologías previamente explicadas en la sección de revisión de literatura. Sin embargo, la empresa Proauto C.A., solicita que estos porcentajes sean calculados en base a la facturación de cada uno de los tres talleres de post venta en relación con el total de facturación. Los talleres involucrados son:

- Taller de mecánica
- Taller de camiones
- Taller de colisiones



Lo que se obtiene de esto, es que el 13.74% de los sueldos de los empleados de interés debería ser asignado para el taller de colisiones.

No obstante, este tipo de asignación puede llegar a penalizar a uno de los departamentos [3-5]. Es decir, si un departamento es el que más factura debido a su eficiencia (emplea menos tiempo de los empleados), este estaría absorbiendo un porcentaje de asignación que en realidad no le corresponde [3-5]. De forma similar, se beneficia a los departamentos que menos facturan, pero más tiempo demandan [3-5].

Por lo que la forma más acertada de asignar los sueldos sería usando la metodología ABC. Sin embargo, debido a las restricciones de tiempo no se puede analizar todas las actividades del personal involucrado porque se tendría que pasar días enteros junto a estas personas anotando que tipo de actividades realizan. Así que, se recurre a emplear el centro de costos, lo cual permite la asignación en base al tiempo que una persona le dedica a un determinado departamento, y ya no por actividades [3-8].

Así mismo, debido a que analizar cada empleado de forma individual por días enteros supera la disponibilidad de tiempo para el estudio, se decide realizar una encuesta al personal para determinar, desde su percepción, la cantidad de tiempo que dedica a uno de los ya enlistados talleres.

Esta encuesta sirve además para validar la asignación de sueldos en base a la facturación de cada uno de los talleres como Proauto planteó hacerlo, para identificar si en efecto se estaría penalizando o beneficiando a alguno de los talleres [3-8].

Lo que se obtiene de esto, es que el 16.64% de los sueldos de los empleados de interés debería ser asignado para el taller de colisiones. Demostrando así, que la asignación en base a facturación no era acertada. De esta manera, se procede a emplear este porcentaje de asignación para el resto del estudio.

Cabe mencionar, que se debió realizar un análisis de la capacidad instalada para estas encuestas, es decir, verificar que lo que respondió cada empleado en la encuesta es cierto. Para esto, se observó directamente a los empleados que se encontraban en la agencia de Carapungo para corroborar que sus respuestas fueron acertadas.

Para determinar los costos de la nómina indirecta general sucede lo mismo que con la de la línea. Sin embargo, para esta situación en la que la cantidad de empleados es muy grande, se recurre a utilizar la asignación únicamente en base al porcentaje de facturación del taller de colisiones con respecto a las ventas totales de Proauto. Esto es una decisión que se toma dado que el porcentaje de asignación obtenido es del 2.53%, lo cual concuerda con el valor esperado de parte de la gerencia [11]. Por lo que, no es justificable dedicar una gran cantidad de recursos para realizar las encuestas empleadas en la nómina indirecta de línea.

#### **4.3 Costos Consumibles – Pintura y abrasivos**

Los costos consumibles de pintura y abrasivos son aquellos involucrados en el proceso de pintado de una pieza, el cual inicia con el lijado y termina con el barniz, un diagrama de bloques se puede observar en la Figura 2.

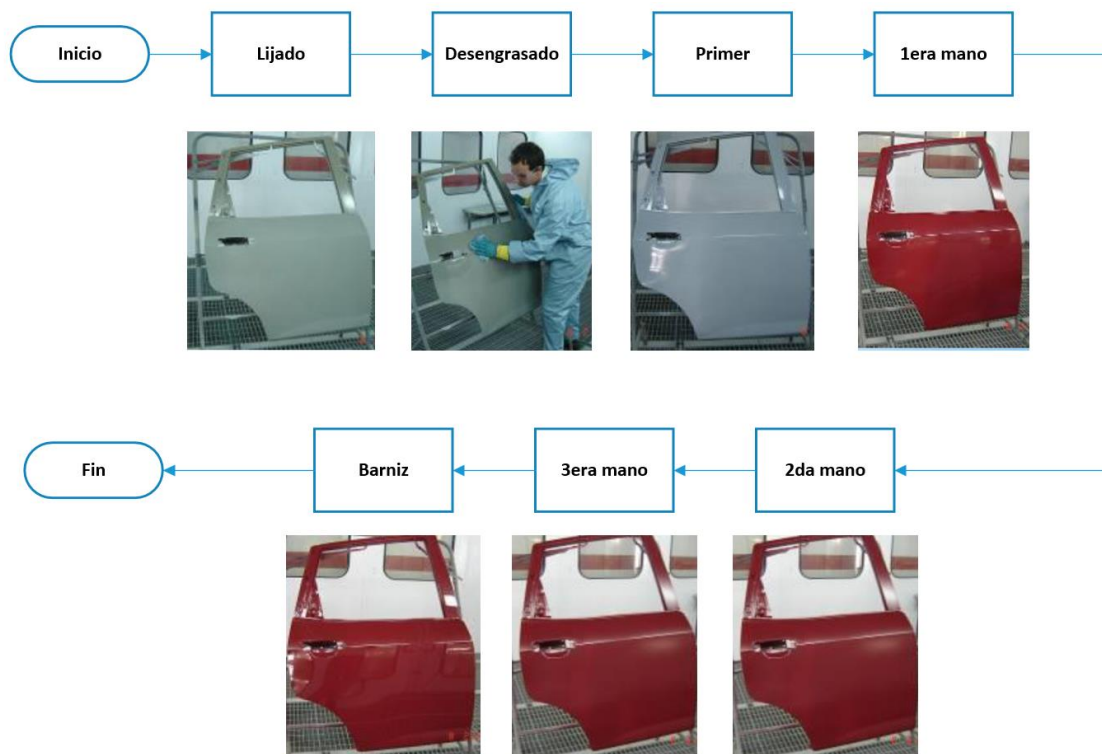


Figura 2: Diagrama de bloques proceso de pintura

Para determinar los costos de pintura se debe medir la cantidad de componentes que se emplean a lo largo del proceso, por medio de pruebas de pintura. Aquí, es importante mencionar que existe diferente consumo de pintura de acuerdo al modelo de carro, panel (parte), y color sobre los que se va a trabajar [11]. Así que, se debería realizar pruebas de consumo de pintura en los modelos de carro más representativos, para las partes de carros más representativas, y en los colores más representativos. Por lo tanto, se debe tomar una muestra significativa de la población de partes que se pintan en el taller, es decir, tomar datos de cierto número de órdenes de trabajo de todas las procesadas en el año 2016. Esto con el objetivo de realizar un diagrama de Pareto para identificar las piezas de mayor impacto, es decir, los modelos de carros, las partes de los carros, y los colores de estas partes que más rotan en el taller.

Para determinar el número de órdenes de trabajo que se deberían usar para el análisis se emplea la ecuación (1) mostrada a continuación [51]. Donde,  $n$  representa el tamaño de muestra,  $p$  la proporción de la muestra (fijada en 0.5 para maximizar el tamaño de muestra),  $d$  la precisión de estimación deseada, y  $z$  es el estadístico correspondiente a un nivel de confianza del 95% ( $z=1.96$ ).

$$n = \frac{p(1-p)}{\left(\frac{d}{z}\right)^2} \quad (1)$$

De donde se obtiene que  $n$  es igual a 384 órdenes de trabajo. Sin embargo, se observa que cuando la relación entre  $n$  y el tamaño de la población (786 órdenes de trabajo en el año 2016), es mayor a 0.05, se debe ajustar el tamaño de muestra [51]. Entonces, dado que esta relación es igual a 0.489, el tamaño de muestra se ajusta empleando la ecuación (2), donde  $N$  representa el tamaño de la población [51].

$$n = \frac{n}{1 + \left(\frac{n}{N}\right)} \quad (2)$$

De donde se obtiene que el número de órdenes de trabajo que se deberían usar para realizar los diagramas de Pareto es de 258.

Con el tamaño de muestra determinado, se procede a tomar los datos del tipo piezas pintadas por orden de trabajo, con el respectivo color y modelo de carro al que pertenecen. Esto se realiza de manera manual revisando de manera aleatoria 258 órdenes de trabajo de las 786 disponibles del año 2016.

Lo que se obtiene de esta toma de datos es el diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 3, a partir del cual se determina que los modelos Sail, Aveo, D-Max, y Grand Vítara serán los conglomerados sobre los cuales se van a realizar las pruebas de pintura. Debido a que estos cuatro modelos representan más del 80% de los tipos de carro que ingresan al taller de colisiones, significan una muestra representativa sobre la cual realizar las pruebas de pintura [51]. Además, al dividir en subgrupos de esta manera, se puede analizar la variación que existe dentro de cada uno de estos y entre ellos, logrando examinar por igual todos los elementos dentro de cada modelo de carro [51].

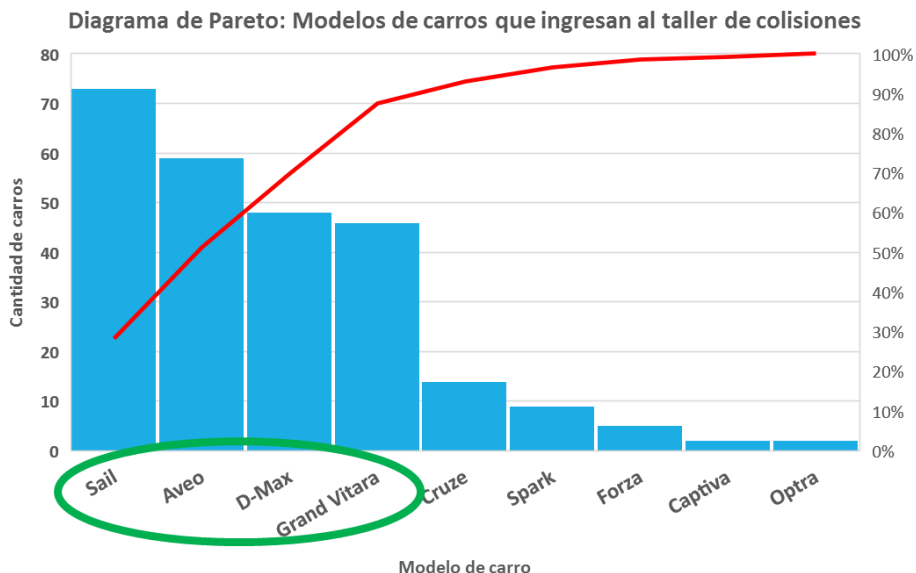


Figura 3: Diagrama de Pareto – modelos de carros que ingresan al taller de colisiones

A continuación, se realiza diagramas de Pareto de las partes y colores de estos modelos, lo cual se muestra en la Figura 4 y Figura 5, respectivamente.

### Diagrama de Pareto: Paneles

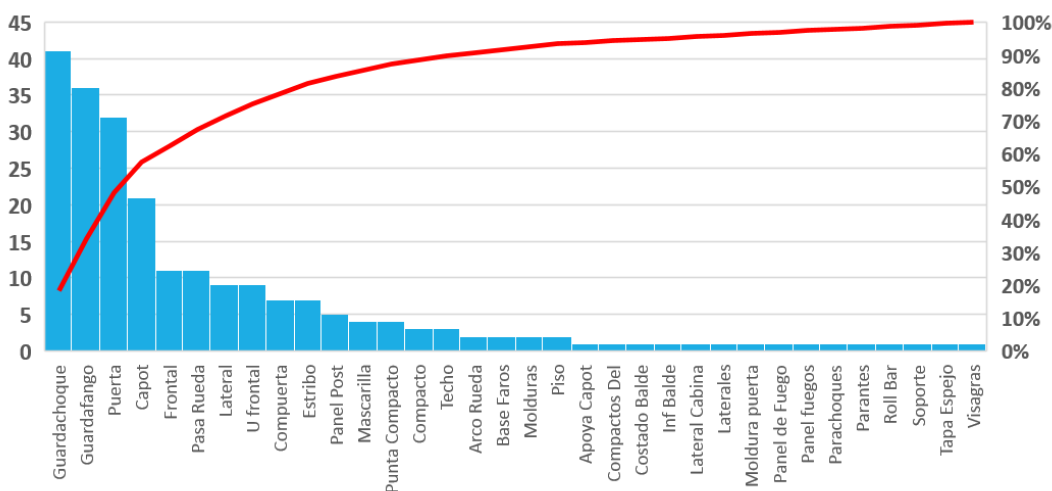


Figura 4: Diagrama de Pareto – partes que ingresan al taller de colisiones

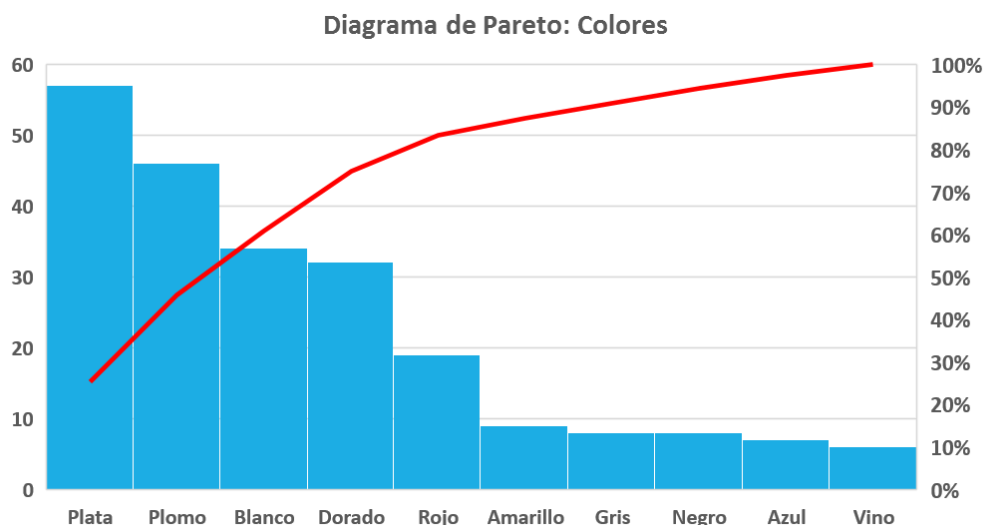


Figura 5: Diagrama de Pareto – colores que se pintan en el taller de colisiones

La utilidad de estos es ayudar a identificar la proporción de pruebas de pintura que se tendrán que hacer de cada parte y color para cada uno de los cuatro modelos identificados en la Figura 3, tal y como se muestra en la Tabla 5 y la Tabla 6.

Tabla 5: Proporción de partes a muestrear por modelo de carro

Parte	Porcentaje	Número de muestras
Guardachoque	18%	12
Guardafango	16%	10
Puerta	14%	9
Capot	9%	6
Frontal	5%	3
Pasa Rueda	5%	3
Lateral	4%	3
U Frontal	4%	3

Tabla 6: Proporción de colores a muestrear por modelo de carro

Color	Porcentaje	Número de muestras
Plata	25%	16
Plomo	20%	13
Blanco	15%	10
Dorado	14%	9

Ahora bien, las pruebas de consumo de pintura se deberían realizar de acuerdo a lo mostrado en las Tablas 5 y 6 para cada uno de los modelos de carro de la Figura 3. Sin embargo, debido a restricciones de tiempo, capital, disponibilidad de la cabina de pintado y del proveedor de pintura, Proauto C.A. decidió en conjunto con el proveedor de pintura, realizar las pruebas de pintura únicamente en 5 modelos de carros (sin incluir D-Max), 5 tipos de piezas, y 4 colores (incluyendo rojo en lugar de blanco) [11], lo cual debe ser tomado en cuenta como una limitación del presente estudio.

Así entonces, al realizar las pruebas mencionadas, se calcula que el costo promedio de pintura es de \$8.36/pieza. Este costo se obtiene al medir la cantidad empleada de cada uno de los materiales del diagrama de bloques de la Figura 2 y multiplicándola por su costo unitario, para al final obtener el promedio. Sin embargo, en estos cálculos

realizados por parte del proveedor de pintura no se reportan intervalos de confianza de este promedio. Por lo que, se procede a calcular los intervalos de confianza de este \$8.36, resultando en (\$5.43 – \$11.29) [51].

Como no se puede realizar el muestreo mostrado por medio de las Tablas 4 y 5, se acepta el valor de \$8.36 para calcular el costo de pintura anual para el taller de colisiones, simplemente multiplicando este valor por el número de piezas pintadas en el año 2016.

En cuanto al costo de consumibles abrasivos se pudo determinar en base a estudios previos de la empresa, que estos representan 9% más que los costos de pintura [11].

#### 4.3 Costos Fijos

Para calcular los costos fijos de Proauto C.A., se toma del estado financiero de la empresa del año 2016 el valor total de este rubro. Luego, se procede a multiplicar el 14.12% de este total para obtener la asignación correspondiente al taller de colisiones. Es importante recalcar aquí, que el 14.12% fue ya calculado con anterioridad en la sección 4.2.

### 5. Cálculo del estado financiero – Colisiones

El estado financiero se emplea en Proauto C.A. para determinar si la empresa cumple con los objetivos de margen operacional y margen neto preestablecidos por parte de General Motors. Cabe mencionar, que actualmente el departamento de finanzas posee el estado financiero para todo el grupo Proauto C.A., pero no específicamente para el taller de colisiones [11].

De esta manera se procede a calcular cada uno de los elementos de la Tabla 4. Para calcular las ventas se emplea la ecuación (3):

$$Ventas \text{ (unidades)} = \sum_{\text{enero } 2016}^{\text{diciembre } 2016} \text{Órdenes de trabajo Colisiones} \quad (3)$$

Para la facturación promedio, se emplea la ecuación (4):

$$Facturación \text{ Promedio} = \sum_{\text{enero } 2016}^{\text{diciembre } 2016} \text{Facturación Colisiones} \quad (4)$$

Para las ventas brutas, se usa la ecuación (5):

$$Ventas \text{ Brutas} = Ventas \text{ (unidades)} \times Facturación \text{ Promedio} \quad (5)$$

Para calcular el costo de ventas, se emplea la ecuación (6):

$$\text{Costo de ventas} = \text{Mano de Obra Directa} + \text{Costo Pintura} + \text{Costo Abrasivos} \quad (6)$$

Para el margen operacional en valor monetario, se usa la ecuación (7), y el valor porcentual se calcula mediante la ecuación (8):

$$\text{Margen operacional } (\$) = Ventas \text{ Brutas} - \text{Costo de ventas} \quad (7)$$

$$\text{Margen operacional } (\%) = \frac{\text{Margen operacional } (\$)}{\text{Ventas Brutas}} \quad (8)$$

Para los gastos, se usa la ecuación (9):

$$\text{Gastos} = \text{Fijos} + \text{Variables} - \text{MOI}_{\text{Línea}} - \text{MOI}_{\text{General}} \quad (9)$$

Donde MOI se refiere a la mano de obra indirecta obtenida en la sección 4.2.

Para calcular el margen neto en valor monetario se emplea la ecuación (10), y el valor porcentual se calcula mediante la ecuación (11):

$$\text{Margen neto (\$)} = \text{Margen operacional (\$)} - \text{Gastos} \quad (10)$$

$$\text{Margen neto (\%)} = \frac{\text{Margen neto (\$)}}{\text{Ventas Brutas}} \quad (11)$$

Al aplicar todas estas ecuaciones se obtiene que el margen operacional porcentual es de 11%, y el margen neto porcentual es de 0%. Esto indica un estado muy desfavorable para el taller, dado que los objetivos planteados de parte de General Motors son de 50% y 24%, respectivamente [11]. Sin embargo, se debe mencionar que estos están planteados para todo el grupo de una manera general, lo cual incluye una gran cantidad de gastos que la empresa debe incurrir de manera obligatoria, pero también una considerable porción de ingresos que no se relacionan de ninguna manera con el taller de colisiones. Es importante mencionar que las tres empresas más relevantes del grupo son Proauto C.A., Emaulme, Mirasol y ASSA [10, 11].

En referencia al margen operacional, el presidente y director general de Renault, Carlos Ghosn, anunció que entre el año 2014 y 2015, este aumentó en un 89%, y del año 2015 al 2016 en un 65% únicamente en la división automovil del grupo, lo cual es una clara evidencia de que el margen operacional puede llegar a ser más elevado si se analiza las oportunidades de mejora dentro de esta área [52].

Adicionalmente, empresas automotrices en Brasil alcanzan, como grupo, hasta un 30% de margen operacional [53], lo cual hace que el objetivo planteado por parte de General Motors (50%) para el grupo al cual pertenece Proauto sea bastante exigente.

En otras industrias, como es la del transporte aéreo, Latam Airlines presenta en su estado financiero consolidado del año 2016 unas proyecciones del margen operacional para el 2017 fijado entre 6-8% [54, 55], lo cual asegura nuevamente que el valor del margen operacional del taller de colisiones de Proauto C.A. es altamente mejorable.

En cuanto al margen neto porcentual, el cual es totalmente desfavorable de parte del taller de colisiones, sucede un fenómeno similar al que ocurre con el margen operacional, Proauto C.A. se encuentra muy por debajo del resto de industrias [53, 56, 57]. Por ejemplo, una de las marcas líderes en el área automotriz, como lo es Toyota, alcanza un margen neto como grupo del 6.87% en el año 2016 [56]. Así también, el promedio de esta industria es 3.87% en Estados Unidos [57], mientras que en Brasil se puede encontrar empresas de la misma rama automotriz que llegan hasta 15% [53].

Es por esto, que más adelante se determina las áreas de enfoque donde el presente estudio encuentra oportunidades de mejora para reducir los costos [51, 59-63].

## 6. Mejoras propuestas

Dentro de las mejoras del proyecto se tienen unas que resultan de un análisis preliminar de la situación actual de Proauto, y otras que parten como resultado de un evento Kaizen que se lleva a cabo durante una semana, dirigido por Roberto Zevallos e Iván Cuadrado, el cual cuenta con la colaboración del jefe de taller de colisiones, el asesor de servicio del taller, y los distintos técnicos que trabajan en dicho taller. Estas mejoras se dividen dentro de las tres grandes áreas que conforman el costo por pieza de la siguiente manera:

1. Costos de la Nómina
  - 1.1. Modificación del actual sistema de comisiones
  - 1.2. Modificación de la lista de verificación de documentos para las órdenes de trabajo
  - 1.3. Creación de un sello fácil de usar para la asignación de trabajos a los técnicos
  - 1.4. Aplicación de la metodología 5S
  - 1.5. Implementación del uso de bonetes numerados en el taller
  - 1.6. Implementación del uso de etiquetas de repuestos
  - 1.7. Traslado del encargado de repuestos a la oficina de servicio del taller de colisiones
  - 1.8. Desarrollo de una propuesta de layout para el taller de colisiones
2. Costos Consumibles – Pintura y Abrasivos
  - 2.1. Desarrollo de un AHP para evaluar a proveedores actuales y futuros
3. Costos Fijos
  - 3.1. Implementación del uso de bonetes numerados en el taller

## 6.1 Costos de la Nómina

### 6.1.1. Modificación del actual sistema de comisiones

La primera de las mejoras para este componente es modificar el actual sistema de comisiones para que se pueda registrar actividades de horas de trabajo o piezas pintadas con un valor superior a uno (1). Esto se logra con mucha facilidad dado que la empresa estaba en un proceso de cambiar a un nuevo proveedor de software para registrar este tipo de actividades, por lo que al nuevo proveedor se solicita realizar este cambio.

Con esto se consigue que el sistema calcule por sí mismo el valor que se debería facturar al cliente, y pagar al técnico correspondiente. Por ejemplo, si un técnico trabaja tres horas, se puede registrar este valor exacto y el mismo sistema de manera automática multiplica el valor unitario del tipo de trabajo por tres, con lo que se garantiza que exista una mayor precisión en el registro de la cantidad de horas trabajadas y piezas que pasan por el proceso de pintura.

### 6.1.2. Modificación de la lista de verificación de documentos para las órdenes de trabajo

La siguiente mejora, es modificar la lista de verificación de documentos que actualmente se tiene en las órdenes de trabajo, esta se puede observar en la Figura 6.

COPIA OT	<input type="checkbox"/>	PROFORMA	<input type="checkbox"/>	PREFACTURA	<input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN	<input type="checkbox"/>	AJUSTES	<input type="checkbox"/>	AUTORIZACIÓN SALIDA	<input type="checkbox"/>
FOTOS	<input type="checkbox"/>	AUTORIZACIÓN REP.	<input type="checkbox"/>	COPIA FACTURA	<input type="checkbox"/>
<b>DOCUMENTOS ADICIONALES</b>					
COPIA SOLICITUD REPUESTOS	<input type="checkbox"/>	COPIA VOR.	<input type="checkbox"/>		
OTROS DOCUMENTOS					

Figura 6: Actual lista de verificación de documentos en las órdenes de trabajo

La nueva lista de verificación es la que se presenta en la Figura 7. Como se puede ver, se reordena los documentos de manera que se vayan recopilando en el orden en que usualmente se generan. Adicionalmente, se agrega números para garantizar este orden y poder recuperar los documentos con mayor facilidad. También, se modifica los nombres de algunos de ellos para que concuerden con el nombre real de los documentos.

1. COPIA OT	<input type="checkbox"/>	2. PROFORMA	<input type="checkbox"/>	3. PREFACTURA	<input type="checkbox"/>
4. EVALUACIÓN-ASEGURADORA	<input type="checkbox"/>	5. ALCANCES	<input type="checkbox"/>	6. FOTOS DIGITALES	<input type="checkbox"/>
7. AUTORIZACIÓN SALIDA	<input type="checkbox"/>	8. COPIA FACTURA	<input type="checkbox"/>		
<b>DOCUMENTOS ADICIONALES</b>					
9. AUTORIZACIÓN REP.	<input type="checkbox"/>	10. COPIA SOLICITUD REP.	<input type="checkbox"/>		
11. COPIA VOR.	<input type="checkbox"/>				
12. OTROS DOCUMENTOS					

Figura 7: Nueva lista de verificación de documentos en las órdenes de trabajo

### 6.1.3. Creación de un sello fácil de usar para la asignación de trabajos a los técnicos

La tercera mejora es crear un sello, fácil de usar, que permita identificar al técnico asignado al trabajo de una manera totalmente clara, para evitar la no concordancia del registro físico con el electrónico del sistema de comisiones. Este sello se muestra en la Figura 8.

Taller Colisiones		
Fecha de inicio trabajo:		
	Técnico Encargado	
	Nombre	Apellido
Enderezador-Latonería		
Preparador		
Pintura-Cabinero		
Mecánica		
Chapistería		

Figura 8: Sello creado para registrar de manera correcta y clara los técnicos a cargo del vehículo de acuerdo al tipo de trabajo

### 6.1.4. Aplicación de la metodología 5S

La siguiente mejora es aplicar la metodología 5S para obtener un mayor orden en el área del taller de colisiones [64, 65]. Esto incluye desarrollar un plan a seguir para cada una de las S's (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar, mantener), la primera de las S's se muestra en la Figura 9 y el resto en el Anexo 1 [64, 65].

1S	Clasificar			
1.1	Establecer horarios para clasificar.			
1.2	Preparar áreas de almacenaje (rojo).			
1.3	Establecer como desechar items no necesarios.			
1.4	Identificar área a clasificar (materiales, carros en progreso, partes, herramientas, sillas, mesas, pisos, pasillos, bodegas, repisas).			
1.5	Establecer criterio para clasificar.	1.5.1 Necesario para realizar el trabajo.	1.5.2 Frecuencia con que se necesita.	1.5.3 Cantidad que se necesita.
1.6	Preparar etiquetas rojas: identificación, categoría (material, herramienta, etc.), cantidad, área, razón para etiquetar, valor estimado.			
1.7	Clasificar. Por lo general son partes viejas/dañadas, herramientas rotas/viejas, demasiada cantidad, insumos inservibles, señalización no utilizada. Por lo general se encuentran en las esquinas, cerca de las paredes, bajo de escritorios o repisas, en cajas, en cuartos que no son utilizados para alguna función específica.			
1.8	Disposición de items clasificados.	Se queda donde está.	Se va a una nueva ubicación, o bodega.	Se desecha (botar, quemar, vender, regresar a proveedor, enviar a otra empresa). No se sabe, marcar con rojo.
1.9	Documentar resultados.			

Figura 9: Distribución actual de las bahías de trabajo del taller de colisiones de Proauto C.A.

Para poder cuantificar los beneficios de esta mejora, se toma el tiempo que un técnico requiere para sacar y meter un carro del taller, el cual es elevado a causa del desorden que actualmente existe dentro del taller y la mala distribución de las bahías de trabajo dentro del mismo, la cual se muestra en la Figura 13 [65, 66]. Se obtiene así, que los tiempos actuales son de 181.88 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (174.94, 188.83) segundos. Luego de



aplicar la metodología 5S, se logra reducir estos tiempos a 35.43 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (31.30, 39.56) segundos. Con esto se logra utilizar de manera más eficiente el tiempo sobre el cual se paga a los técnicos.

#### **6.1.5. Implementación del uso de bonetes numerados en el taller**

Otra mejora enfocada en la reducción de tiempos de las actividades de la nómina directa, pero esta vez del jefe del taller y del asesor de colisiones, es implementar el uso de bonetes numerados en el taller, como los que se muestran en la Figura 10.



Figura 10: Bonete numerado

La función de estos bonetes es relacionar cada uno de ellos con una orden de trabajo específica y las respectivas llaves del vehículo de una manera más rápida de lo que se hace hoy en día en Proauto C.A. Actualmente, la actividad de identificar el estado actual de un vehículo en el taller toma 48.24 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (34.03, 62.44) segundos. Para la actividad de encontrar las llaves respectivas de un carro que se encuentra en el taller, esta toma 45.93 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (30.13, 61.74) segundos. Luego de aplicar el uso de los bonetes numerados, estos tiempos son de 5.98 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (3.99, 7.97) segundos y de 11.18 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (9.73, 12.63) segundos, respectivamente. Aquí, es importante mencionar que la toma de tiempos se realizó mediante una simulación en la vida real. Es decir, se aparentaba que los carros ya estaban utilizando un bonete para tomar el tiempo de las actividades bajo estudio, esto debido a que, para el momento de la finalización del proyecto, no existía una cantidad suficiente de actividades para que sean cronometradas.

#### **6.1.6. Implementación del uso de etiquetas de repuestos**

Las próximas dos mejoras en el área de la nómina directa se enfocan en los técnicos y el asesor del taller, y la bodega de repuestos. La primera de estas es implementar el uso de etiquetas para identificar los repuestos que se despachan en el taller de colisiones de parte de la bodega de repuestos, con lo cual se consigue reducir el tiempo que toma a los técnicos encontrar los repuestos respectivos de cada carro. Esta etiqueta se muestra en la Figura 11. Actualmente, esta actividad toma 35.33 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (30.14, 40.53) segundos. Mientras que tras aplicar la mejora estos tiempos son de 14.15 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (12.31, 15.98) segundos. Cabe mencionar que esta mejora está relacionada con el aplicar la metodología 5S, dado que ahora existe mayor disponibilidad de espacio en las bodegas del taller para ubicar los repuestos que la bodega ha despachado. Así mismo, se tiene que clarificar que la aplicación de esta mejora tuvo ciertas restricciones por la disponibilidad de las personas encargadas de etiquetar los repuestos. Es decir, no se encuentra implementada en su totalidad hasta el momento de la realización del estudio. Por lo tanto, para llevar a cabo la toma de tiempos, se realiza una simulación en la vida real de la actividad bajo estudio, etiquetando repuestos de manera aleatoria en el taller, y pidiendo a técnicos aleatorios que identifiquen estos repuestos mientras se les tomaba el tiempo que esto requería.

**PROAUTO**  
www.proauto.com.ec  
**IDENTIFICACION DE PARTES**

CLIENTE: \_\_\_\_\_

VEHICULO: \_\_\_\_\_

COLOR: \_\_\_\_\_

OT#: \_\_\_\_\_

PARTE: \_\_\_\_\_

**TALLERES CHEVROLET**

Figura 11: Etiqueta para identificación de repuestos

### 6.1.7. Traslado del encargado de repuestos a la oficina de servicio del taller de colisiones

La segunda de estas mejoras consiste en trasladar al encargado de los repuestos del taller desde la bodega de repuestos, a la oficina de servicio del taller de colisiones, para de esta manera reducir el tiempo que toma la comunicación entre el encargado de repuestos y el asesor del taller para la realización de proformas vehiculares. Actividad que ocurre en las zonas señaladas en la Figura 12.

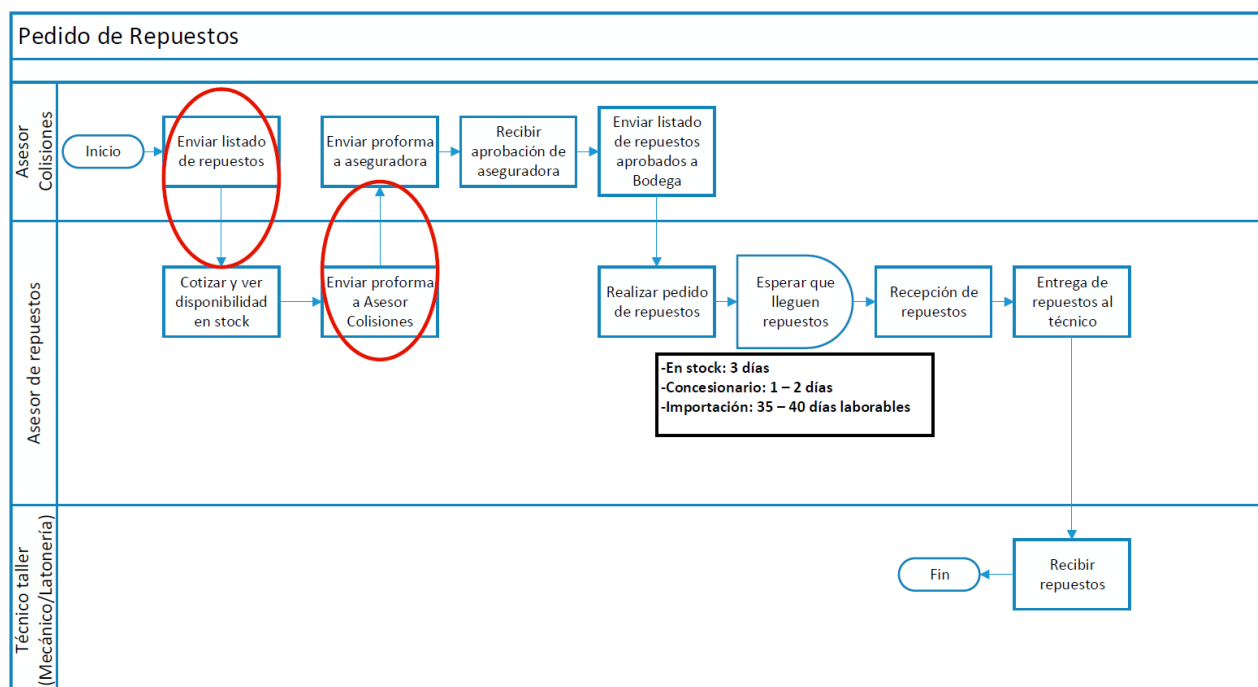


Figura 12: Área de enfoque de la mejora de trasladar el encargado de repuestos

Actualmente, esta actividad toma 143.06 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (123.64, 162.48) segundos. Mientras que tras aplicar la mejora estos tiempos son de 9.88 segundos con un intervalo de confianza del 95% de (7.75, 12.01) segundos.

Ahora bien, para poder mostrar que las mejoras en cuanto a tiempo fueron significativas, se realiza una prueba t de dos muestras para comparar los tiempos antes y después de las mejoras, a partir de la cual se podría concluir con un 95% de confianza que los tiempos promedio luego de la mejora son estadísticamente diferentes y mejores a los tiempos antes de la mejora [67]. Sin embargo, para validar las conclusiones de esta prueba se debe verificar el

cumplimiento de tres supuestos: supuesto de normalidad de los datos, supuesto de igualdad de varianzas, y supuesto de aleatoriedad e independencia de los datos [67]. Estas validaciones se muestran en los Anexos 2, 3, 4, 5 y 6, donde se observa que estos se cumplen únicamente en la actividad de sacar y meter el carro. Por lo tanto, para todas las otras actividades se realiza una transformación de Box Cox de los datos, con lo cual se logra que se cumplan los supuestos y se puede verificar mediante un análisis de varianzas (ANOVA), que la reducción de tiempo de las mejoras es significativa para todos los casos, esto se presenta en los Anexos 7, 8, 9 y 10 [67]. Así mismo, los resultados de la prueba t de dos muestras, para la actividad sacar y meter el carro del taller se presentan en el Anexo 11, donde se observa que, al cumplirse todos los supuestos, se puede afirmar que el tiempo que toma sacar y meter un carro del taller se reduce significativamente [67].

Cabe mencionar que todos estos tiempos se calculan en base a un tamaño de muestra de 10 mediciones, debido a las limitaciones de tiempo que existen en el presente estudio. Sin embargo, empleando la ecuación (12), y los datos de estas 10 mediciones iniciales, se calcula el tamaño de muestra que debió ser utilizado para cada una de las actividades analizadas [68]. Donde  $n$  representa el tamaño de muestra,  $t$  la probabilidad acumulada de la distribución  $t$  con 9 grados de libertad y un nivel de confianza del 95%,  $s$  la desviación estándar de las 10 mediciones iniciales,  $k$  la fracción aceptable de error fijada en 5%,  $\bar{x}$  la media de las 10 mediciones iniciales [68].

$$n = \left( \frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 \quad (12)$$

Los resultados de aplicar la ecuación (12) se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: Tamaños de muestra ideales para cada una de las actividades analizadas antes de aplicar las mejoras

Actividad	Tamaño de muestra calculado
Sacar y meter carro del taller	6
Verificar estado del carro	347
Encontrar llaves	474
Identificar los repuestos	87
Comunicación con repuestos	74

Por lo tanto, debido a que no se puede aplicar los tamaños de muestra de la Tabla 7, se realiza pruebas de normalidad Anderson-Darling a los tiempos obtenidos, lo cual sirve para aceptar el tamaño de muestra de 10 datos [67]. Los resultados de estas pruebas se presentan en el Anexo 12, donde se observa que todos los tiempos tomados siguen una distribución normal.

De manera similar, empleando la ecuación (12), se calcula el tamaño de muestra ideal para la toma de tiempos de las actividades analizadas luego de aplicar las respectivas mejoras [68]. Los resultados de aplicar esta ecuación se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Tamaños de muestra ideales para cada una de las actividades analizadas después de aplicar las mejoras

Actividad	Tamaño de muestra calculado
Sacar y meter carro del taller	55
Verificar estado del carro	444
Encontrar llaves	68
Identificar los repuestos	68
Comunicación con repuestos	187

### 6.1.8. Desarrollo de una propuesta de layout para el taller de colisiones

La siguiente de las mejoras es implementar la distribución propuesta de las bahías de trabajo que se observa en la Figura 14. Debido a que la distribución actual no permite alcanzar un nivel de flujo de vehículos óptimos de acuerdo al nivel de adyacencias que el taller debería alcanzar [69].

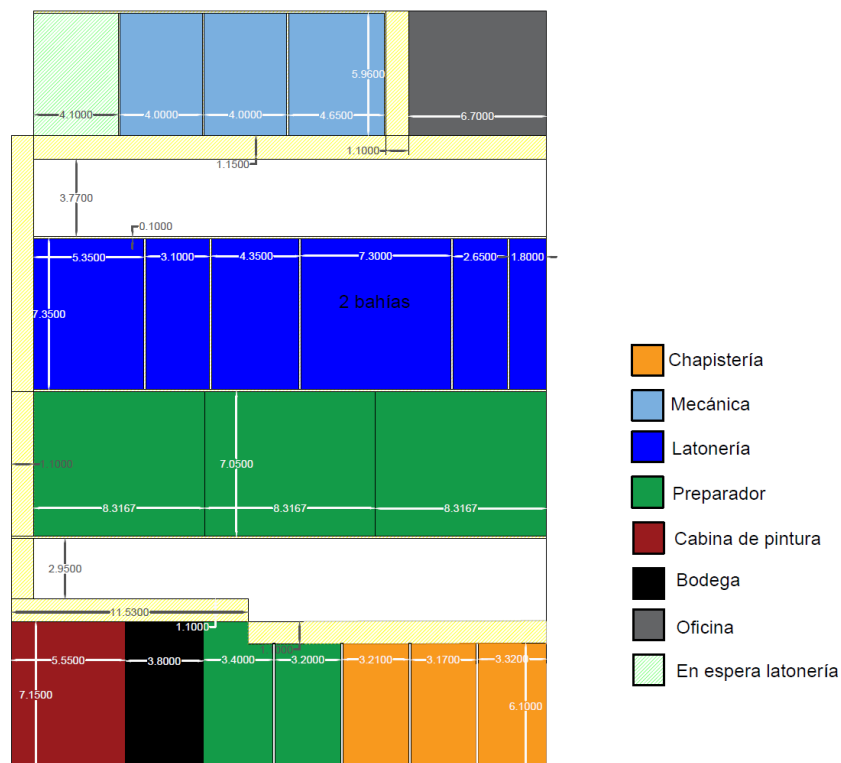


Figura 13: Distribución actual de las bahías de trabajo del taller de colisiones de Proauto C.A.

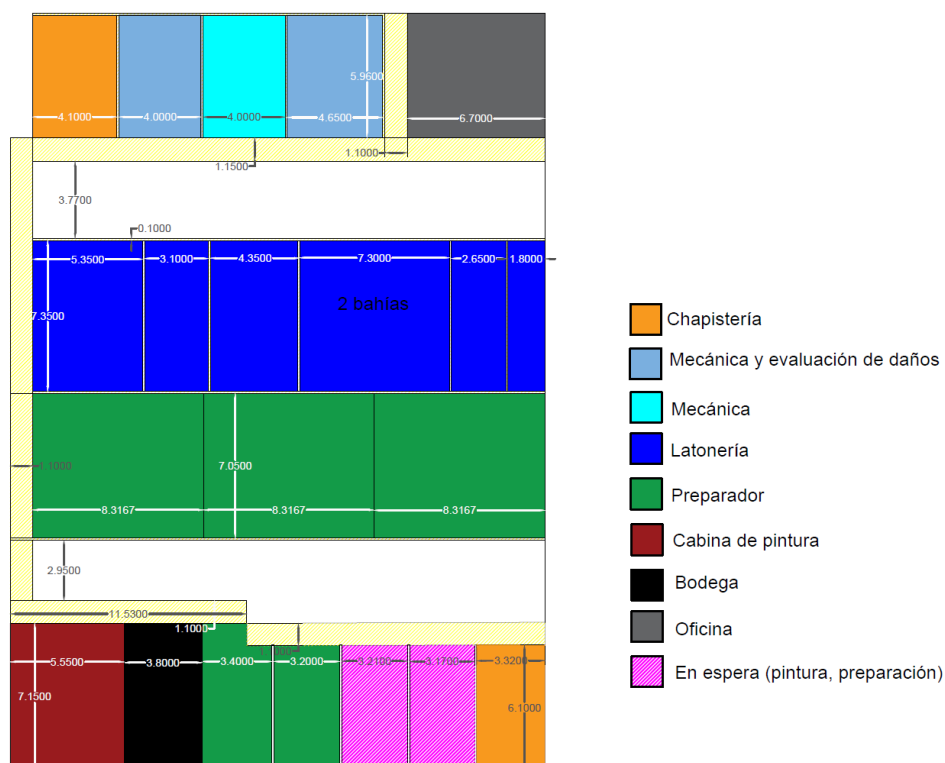


Figura 14: Distribución propuesta de las bahías de trabajo del taller de colisiones de Proauto C.A.

Para cuantificar los resultados de la nueva distribución, se realiza un análisis de adyacencias de la distribución de los departamentos antes de la mejora, para comparar con el nivel de adyacencias después de la mejora [69]. Lo que se obtiene de esto es que antes de la mejora se cumplía con un 71.43% de adyacencia (20/28), mientras que con la distribución propuesta se puede obtener una adyacencia de 95.92% (47/49), este análisis se detalla en el Anexo 13 [69].

## 6.2 Costos Consumibles – Pintura y Abrasivos

### 6.2.1. Desarrollo de un AHP para evaluar a proveedores actuales y futuros

La primera de las mejoras para este componente es desarrollar un AHP que sirva para evaluar tanto a los proveedores actuales como a futuros proveedores con los que se plantearía trabajar en Proauto C.A. [70, 71]. Debido a que los costos de pintura y abrasivos afectan de manera directa al margen operacional de la empresa. Así, se determina siete tipos de proveedores que serán evaluados, estos son pintura, lijas, barniz, catalizador, discos de corte y desbaste, masilla, lavado de autos [72]. A continuación, se agrupa a estos proveedores en dos grupos de acuerdo a las categorías sobre las cuales se los puede evaluar, el primero de estos está compuesto por proveedores de pintura, lijas, barniz, catalizador, discos de corte y desbaste y masilla. Mientras que el segundo está compuesto por el proveedor de lavado.

Para el primer grupo se determina las categorías sobre las cuales se evalúa a los proveedores y sus respectivos pesos dentro de la calificación final, como se muestra en la Figura 19. Mientras que para el segundo grupo esto se muestra en la Figura 20. Estos pesos se determinan siguiendo el procedimiento del AHP, es decir, se junta varias personas de las áreas involucradas con estos proveedores para analizar la relación de importancia que existe entre las categorías a evaluar [70, 71]. Luego, mediante la aplicación de las ecuaciones (13) y (14) se llega a los pesos sobre los cuales se evalúa a los proveedores [70, 71].

Donde  $m$  representa el número de categorías de selección,  $A$  es una matriz de  $m \times m$  con entradas  $a_{kj}$ ,  $k = 1, \dots, m, j = 1, \dots, m, k \neq j$  que representan la importancia relativa del criterio  $k$  con relación al criterio  $j$ ,  $a_{jk} = 1/a_{kj}$ ,  $k = 1, \dots, m$ ,  $a_{kk} = 1$  y  $w_k$  es el peso de cada elemento de calificación [70, 71].

$$\hat{w}_k = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{kj}}, k = 1, \dots, m \quad (13)$$

$$w_k = \frac{\hat{w}_k}{\sum_{i=1}^m \hat{w}_i}, k = 1, \dots, m \quad (14)$$

Categoría	Peso
<b>Confiabilidad</b>	39.89%
<b>Tiempo de entrega</b>	31.19%
<b>Stock de producto</b>	9.82%
<b>Respaldos técnico</b>	8.58%
<b>Capacitación</b>	7.45%
<b>Descuento</b>	3.07%
	<b>100.00%</b>

Figura 19: Categorías y pesos sobre los cuales se evalúa a los proveedores del primer grupo

Categoría	Peso
<b>Herramientas</b>	50.55%
<b>Control de calidad</b>	24.47%
<b>Tiempo de lavado</b>	10.15%
<b>Tiempo de respuesta</b>	8.54%
<b>Disponibilidad</b>	4.24%
<b>Stock de producto</b>	2.05%
	<b>100.00%</b>

Figura 20: Categorías y pesos sobre los cuales se evalúa a los proveedores del segundo grupo

Los resultados del AHP, muestran que tanto el proveedor de pintura, como el de lavado no cumplen con un buen desempeño [11]. Por lo tanto, se decide en conjunto con la gerencia del área de postventa, renegociar al proveedor de pintura, y contratar un nuevo proveedor de lavado [11].

Para validar la consistencia de los resultados del AHP, se sigue un proceso de cuatro pasos para poder comparar el índice de consistencia de las personas que participaron en el desarrollo del AHP con un valor aleatorio esperado para la cantidad de categorías que se definen [73]. El primero de estos pasos consiste en multiplicar la matriz de categorización comparativa de cada una de las categorías bajo análisis por la matriz de pesos ponderados de cada una de estas [73], como se muestra en la Figura 21 para el primer grupo de proveedores, para el segundo grupo la matriz se muestra en el Anexo 14.

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 0.50 & 8.00 & 4.00 & 4.00 & 6.00 \\ 2.00 & 1.00 & 7.00 & 4.00 & 5.00 & 6.00 \\ 0.13 & 0.14 & 1.00 & 1.00 & 4.00 & 1.00 \\ 0.25 & 0.25 & 1.00 & 1.00 & 6.00 & 1.00 \\ 0.25 & 0.20 & 0.25 & 0.17 & 1.00 & 0.17 \\ 0.17 & 0.167 & 1.00 & 1.00 & 6.00 & 1.00 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.3127 \\ 0.399 \\ 0.075 \\ 0.098 \\ 0.031 \\ 0.086 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.138 \\ 2.605 \\ 0.477 \\ 0.620 \\ 0.238 \\ 0.561 \end{bmatrix}$$

Figura 21: Primer paso de la validación del AHP para el primer grupo

El segundo paso consiste en resolver la ecuación (15), donde  $n$  es igual al número de categorías, 6 en este caso [73].

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{i\text{-ésimo elemento de la matriz resultante de la Figura 21}}{i\text{-ésimo elemento de los pesos ponderados de cada categoría}} \quad (15)$$

Al resolver la ecuación (13) se obtiene un valor de 6.73 para el primer grupo, y 7.35 para el segundo. Este valor se emplea en el tercer paso del proceso de validación, donde se calcula el índice de consistencia (IC), mediante la ecuación (16) [73].

$$IC = \frac{(\text{resultado del paso 2}) - n}{n-1} \quad (16)$$

De donde se obtiene que el IC para el primer grupo es de 0.15, y para el segundo es de 0.27. Ahora, el cuarto paso es comparar el IC con el índice aleatorio (IA) para el valor apropiado de  $n$  (6) mostrado en la Tabla 9 [73].

Tabla 9: Valores del índice aleatorio (IA)

$n$	IA
2	0
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45

Al dividir IC/IA se debe obtener un valor menor a 0.10 para asegurar que se tiene un grado de consistencia satisfactorio [73]. Caso contrario, se podría suponer que existen inconsistencias en las decisiones de las personas que participan del AHP [73]. Para el primer grupo se obtiene un valor de 0.12, y para el segundo grupo un valor de 0.22.

Por lo tanto, se analiza los resultados del paso 2 de manera individual para identificar las categorías que presentan inconsistencias, y lo que resulta de esto es que para el primer grupo la categoría inconsistente es descuentos, mientras que para el segundo grupo es la categoría control de calidad [73, 74].

De esta manera, se procede a aplicar otro método desarrollado por Whitaker, por medio del cual se busca validar la capacidad de las personas para mantener un nivel de consistencia apropiado, y de esta manera revisar la categorización de descuentos y control de calidad desarrollado por estas personas inconsistentes [75]. Este método consiste en desarrollar una matriz de categorización similar a la del AHP, pero para comparar áreas de objetos como los que se muestran en la Figura 22, para posteriormente verificar el nivel de consistencia de las personas por medio del método de validación del AHP [73-75].

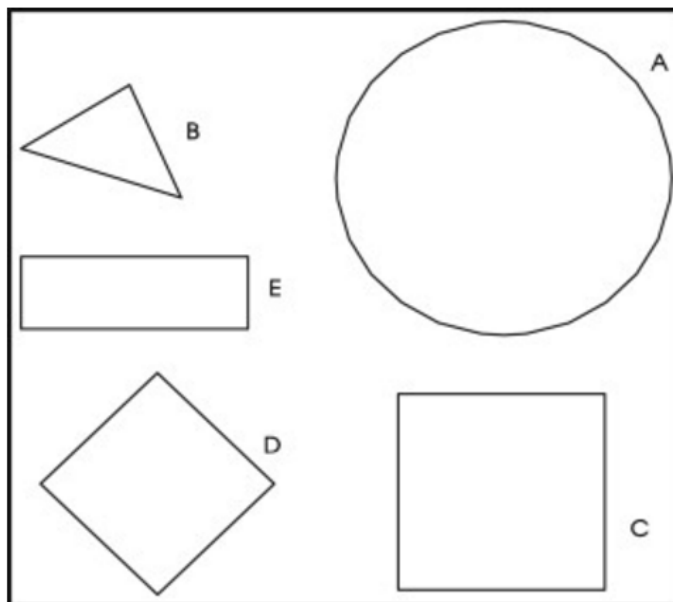


Figura 22: Figuras empleadas para evaluar el nivel de consistencia de las personas

### 6.3 Costos Fijos

#### 6.3.1. Implementación del uso de bonetes numerados en el taller

Dentro de los costos fijos, la mejora propuesta en la sección 6.1, implementar el uso de bonetes numerados, también produce beneficios para esta área. Debido a que los bonetes serán de un color distintivo para el taller de colisiones, lo cual permite identificar con claridad el espacio físico de la agencia de Carapungo que es usado por el taller colisiones y aquel usado por otros talleres, como son el de camiones o mecánica.

Si bien, en la actualidad no se identifica problemas en cuanto a la distribución de los costos fijos, por medio de esta mejora se puede garantizar que la asignación siga siendo lo más acertada posible en el futuro.

## 7. Conclusiones

En conclusión, se destaca que:

- El asignar los sueldos de la mano de obra indirecta en base al porcentaje de facturación de cada taller penaliza al taller de mecánica, y favorece al de colisiones y camiones.
- La asignación de los sueldos de mano de obra indirecta por medio de tiempo dedicado a centros de costos, permite calcular un estado presupuestario más acertado.
- El taller de colisiones no cumple con los objetivos de margen neto ni margen operacional.
- Las mejoras resultantes del evento Kaizen producen reducciones de tiempo significativas dentro de las actividades analizadas, lo cual aumenta la productividad del taller, y, por ende, mejora el margen operacional y el margen neto de Proauto C.A.
- El layout propuesto obtiene un mejor valor en cuanto a adyacencias que el layout actual, con lo cual se puede tener un flujo de vehículos mayor, mejorando así los ingresos del taller.
- Por medio del AHP se identifica que los proveedores actuales de pintura y lavado no cumplen un buen desempeño.



## 8. Recomendaciones

Como recomendaciones para Proauto C.A. se tiene que:

- Las pruebas de pintura para selección de un proveedor se deben realizar en las piezas y colores identificados por medio de diagramas de Pareto de las Figuras 3 – 5.
- Se debe tomar más tiempos de las actividades donde se implementó mejoras.
- Es necesario controlar de manera permanente que se mantengan las propuestas implementadas.
- Hay que continuar evaluando los procesos del taller de colisiones para encontrar más mejoras.
- Es indispensable calcular el estado presupuestario para el año 2017.
- Se debe revisar la consistencia de las categorías Descuentos y Control de Calidad.

## 9. Limitaciones

Dentro de las principales limitaciones del estudio, se tiene que no es posible realizar el cálculo del estado presupuestario para el año 2017, debido a que este año aún no finaliza. Además, no se podría hacer una comparación del desempeño en base al estado presupuestario hasta la fecha de hoy, ya que los primeros meses del año 2017 han sido muy irregulares desde el punto de vista de facturación de taller de colisiones porque hubo un cambio de sistema que ha atrasado el proceso de facturación.

La siguiente limitación es que la implementación de mejoras en la industria es totalmente distinta a la implementación desde el punto de vista académico, ya que existe una gran cantidad de variables que no es posible predecir en el mundo académico.

Por último, y una de las mayores limitantes del estudio es la resistencia de la gente frente a los cambios (mejoras). Puesto que, para poder implementar las mejoras, es necesario desarrollar una estrategia que logre convencer a los afectados por estas mejoras, de que deben comprometerse con las mismas para lograr un beneficio común.

## Referencias

1. Yu-Lee, R. (2011). Proper Lean Accounting: Eliminating waste isn't enough; you have to reduce inputs to save money. *Industrial Engineer: IE*, 43(10), 39-43.
2. Kapić, J. (2014). Activity Based Costing - ABC. *Business Consultant / Poslovni Konsultant*, 6(32), 9-16.
3. Abad, C. (2017). Entrevista Personal. Coordinadora Académica de Finanzas USFQ.
4. Pérez, P. (2017). Entrevista Personal. USFQ.
5. Serrano, E. (2017). Entrevista Personal. USFQ.
6. Swink, M., & Schoenherr, T. (2015). The Effects of Cross-Functional Integration on Profitability, Process Efficiency, and Asset Productivity. *Journal Of Business Logistics*, 36(1), 69-87. doi:10.1111/jbl.12070
7. Atik, M., Köse, Y., & Yilmaz, B. (2014). Allocation of The General Production Costs To The Cost Centers By Linear Programming Method. *Muhasebe Ve Vergi Uygulamaları Dergisi (MUVU) / Journal Of Accounting & Taxation Studies (JATS)*, 7(1), 53-65.
8. Marjanović, V., Ulrich, P., & Milojević, M. (2014). SAP SYSTEM PERFORMANCE IN COST CENTER ACCOUNTING: EVIDENCE BASED ON SQL TRACE REPORTS. *Singidunum Journal Of Applied Sciences*, 546-551. Doi:10.15308/Sinteza-2014-546-551
9. Iturralde, E. (2016). Entrevista Personal.
10. Proauto. (2016). *Nosotros*. Recuperado en 16 de octubre de 2016 desde <http://www.proauto.com.ec/nosotros/>
11. Méndez, J. (2016). Entrevista Personal.
12. Čiarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2012). Lean manufacturing: theory and practice. *Economics and management*, 17(2), 726-732.
13. Özdağoğlu, A., & Rebiş, S. (2016). Applications of Kaizen and Cycle Time Reduction as Lean Production Techniques in a Semi-Flexible Pvc Film Producer. *International Journal Of Management Economics & Business / Uluslararası Yönetim İktisat Ve İşletme Dergisi*, 12(28), 25-37. doi:10.17130/ijmeb.20162819844
14. Sanjay, B., & Peter, B. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56-72.
15. Hansen, D., & Jørgensen, R. (2015). Strengths-based Lean for Five Years. *AI Practitioner*, 17(4), 45-51. doi:10.12781/978-1-907549-25-0-7
16. Hessman, T. (2016). Lean Thinking in Action at ATS Corp. *Industry Week/IW*, 265(3), 18-20.
17. Kahle, D. (2015). Lean thinking and culture. *Smart Business Akron/Canton*, 25(1), 12.
18. Morin, M. (2016). Lean thinking expert Christopher Guerrera. *New Hampshire Business Review*, 38(3), 35.
19. Kumar, N., Kumar, S., Haleem, A., & Gahlot, P. (2013). Implementing Lean Manufacturing System: ISM Approach. *Journal Of Industrial Engineering & Management*, 6(4), 996-1012. doi:10.3926/jiem.508
20. Klabunde, K. (2015). Lean accounting. *Auto Body Repair Network*, 12.
21. Baysan, S., & Durmuşoğlu, M. B. (2015). Systematic Literature Review for Lean Product Development Principles and Tools. *Sigma: Journal Of Engineering & Natural Sciences / Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 33(3), 305-323.
22. Colapinto, R. (2013). The LEAN model. (cover story). *CA Magazine*, 146(9), 18-23.
23. Miculescu, M., Lut, D., & Miculescu, C. (2011). Current Trends Of Production Cost Accounting. *Annals Of DAAAM & Proceedings*, 941-942.
24. Cleveland, J. (2005). Benefits of Lean In the Accounting Department. *Automotive Design & Production*, 117(2), 16-17.
25. Oppenheim, B. W. (2015). Working Smarter. *Independent Banker*, 65(5), 98-99.
26. Ballé, M. (2014). Products, people, profits. *Industrial Engineer: IE*, 46(10), 32-37.
27. Brosnahan, J. P. (2008). Unleash the Power of Lean Accounting. *Journal Of Accountancy*, 206(1), 60-66.
28. Kepczyk, R. H. (2014). How to Implement Lean Six Sigma in an Accounting Practice. *CPA Practice Advisor*, 24(7), 28-29.
29. Chigbo, O. (2013). Accounting for productivity. *CA Magazine*, 146(9), 1.
30. Kepczyk, R. H. (2015). 10 Lean Six Sigma Audit Considerations. *CPA Practice Advisor*, 25(4), 20-21.
31. Affes, H. (2016). The Diffusion of an Integrated Activity-Based Costing (ABC) With The Economic Value Added (Eva) Next to Tunisian Enterprises. *Journal Of Internet Banking & Commerce*, 21(S5), 1-23.
32. Emerson, M. (2016). Rethinking Activity Based Costing. *Electrical Wholesaling*, 97(4), 32-27.
33. Engle, P. (2015). How much does it cost?. *Industrial Engineer: IE*, 47(5), 18.

34. Emerson, M. (2016). The Truth About That Net Profit. *Supply House Times*. pp. 38-39.
35. Mariana, R. (2013). Modernizing Management Accounting by the ABC Method. *Internal Auditing & Risk Management*, 8(4), 1-11.
36. Al-Qady, M., & El-Helbawy, S. (2016). Integrating Target Costing and Resource Consumption Accounting. *Journal Of Applied Management Accounting Research*, 14(1), 39-54.
37. Balakrishnan, R., Labro, E., & Sivaramakrishnan, K. (2012). Product Costs as Decision Aids: An Analysis of Alternative Approaches (Part 1). *Accounting Horizons*, 26(1), 1-20. doi:10.2308/acch-50086
38. Duraccio, V., Elia, V., & Forcina, A. (2015). An Activity based Costing Model for Evaluating Effectiveness of RFID Technology in Pallet Reverse Logistics System. *AIP Conference Proceedings*, 1648(1), 1-4. doi:10.1063/1.4912791
39. White, M., Anitsal, I., & Meral Anitsal, M. (2015). Adoption of Activity-Based Costing: Abrahamson's Four Perspectives Model as an Illustration. *Business Studies Journal*, 7(1), 66-83.
40. Allen, H. (2004). Know What "Service After the Sale" Means Before You Need It. *Reeves Journal: Plumbing, Heating, Cooling*, 84(7), 119.
41. Jacobsen, J. (2011). Ford Team Uses Six Sigma to Reduce Costs While Improving Environmental Impact. *ASQ*. Recuperado en 13 de octubre desde <http://asq.org/public/wqm/ford-team-reduce-costs-environmental-impact.pdf>
42. Coia, A. (2015). A new direction for parts supply. *Automotive Logistics*, 18(4), 18-26.
43. Shoemaker, J. (2013). Management systems improve profits. *Auto Body Repair Network*, 52(3), 34.
44. Berardinelli, C. (2016). To DMAIC or Not to DMAIC? *Quality Progress*, 49(1), 36.
45. Rus, A., Zerbes, M., Kifor, C., Rus, C., & Grecu, V. (2014). Process Improvement Using DMAIC Methodology In Automotive Industry. Case Study. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 12(4), 102-107.
46. Boomer, J. (2016). The Ultimate "Best Practice" for Accounting Firms. *CPA Practice Advisor*, 26(7), 34.
47. Kumar, S., & Thomas, K. M. (2010). Utilizing DMAIC Six Sigma and Evidence-Based Medicine to Streamline Diagnosis in Chest Pain. *Quality Management In Health Care*, 19(2), 107-116.
48. Southworth, T. (2012). Gemba walks. *Label & Narrow Web*, 17(2), 38-39.
49. Go see, then wait for things to go crazy. (2016). *Works Management*, 69(3), 11.
50. Matusova, D. (2016). The Improvement of Logistics Processes Through Kaizen and Six Sigma. *Transport & Logistics*, 16(38/39), 1-6
51. Soconini, L. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en negocios* (2nd ed.). Lean Six Sigma Institute. ISBN: 978-607-622-598-1
52. Nissan. (2016). Nissan presenta los comentarios de su CEO Carlos Ghosn sobre los resultados financieros del año fiscal 2015. Recuperado en 5 de febrero de 2017 desde <http://nissannews.com/es/nissan/lac/releases/nissan-presenta-los-comentarios-de-su-ceo-carlos-ghosn-sobre-los-resultados-financieros-del-a-o-fiscal>
53. Agencia EFE. (2017). Recuperado en 5 de febrero de 2017 desde <http://www.efe.com/efe/america/economia/la-industria-automotriz-de-brasil-cae-en-2016-y-augura-recuperarse-2017/20000011-3141138#>
54. Lira, J. (2016). Latam Airlines estima margen operacional de 6% a 8% en el 2017. Recuperado en 5 de febrero de 2017 desde <http://gestion.pe/empresas/latam-airlines-estima-margen-operacional-6-8-2017-2177486>
55. Yeomans, J. (2017). Latam Airlines Group S.A. y Filiales. *Estados Financieros Consolidados: 31 de diciembre de 2016*. Recuperado en 18 de marzo de 2017 desde <http://www.latamairlinesgroup.net/phoenix.zhtml?c=251289&p=quarterlyearnings>
56. YCharts. (2017). Toyota Motor Profit Margin (Quarterly). Recuperado en 6 de febrero de 2017 desde [https://ycharts.com/companies/TM/profit\\_margin](https://ycharts.com/companies/TM/profit_margin)
57. YCharts. (2017). United States Economy. Recuperado en 7 de febrero de 2017 desde <https://ycharts.com/indicators/regions/countries/USA>
58. YCharts. (2017). VeriSign (VRSN). Recuperado en 6 de febrero de 2017 desde [https://ycharts.com/financials/VRSN/income\\_statement/quarterly](https://ycharts.com/financials/VRSN/income_statement/quarterly)
59. Thurston, J., & Ulmer, J. M. (2016). The Principles of Lean Manufacturing. *Franklin Business & Law Journal*, 2016(2), 57-70.
60. Pascu, I., Gheorghe, S., Dumitru, I., Nisipasu, M., & Ciocoi-Troaca, D. (2016). Aspects about Implementation of Lean Manufacturing Principles for Quality Improvement in a Production System for

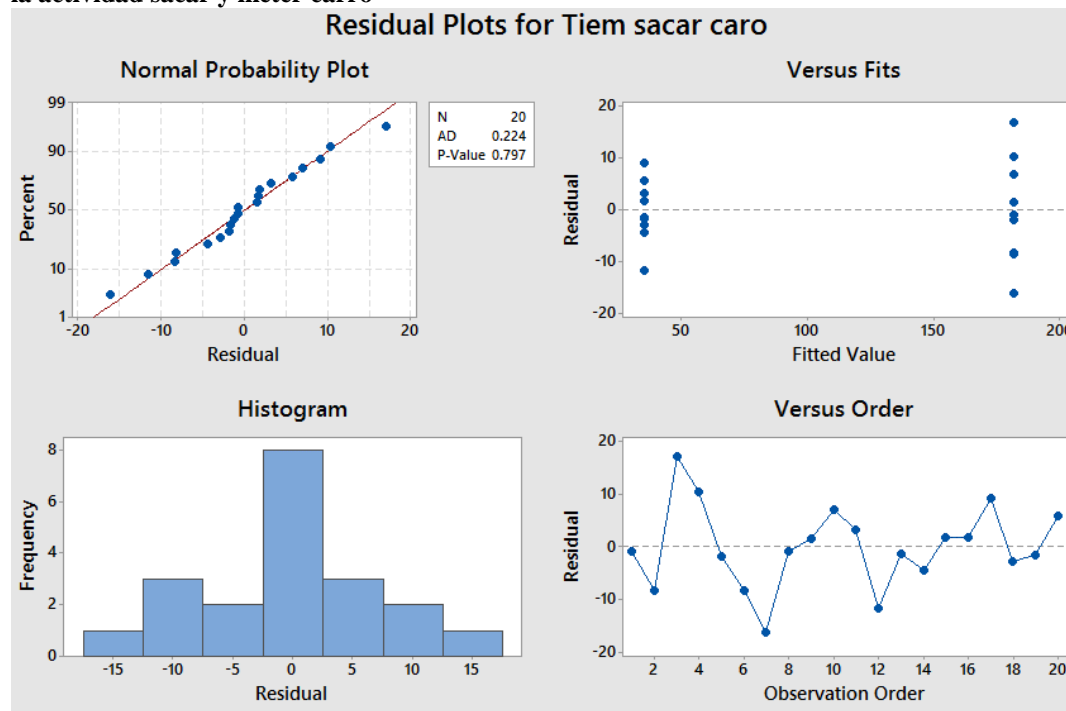
- Automotive Industry. *Applied Mechanics & Materials*, 823283-288. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.823.283
61. DeBusk, G. K. (2015). Use Lean Accounting to Add Value to the Organization. *Journal Of Corporate Accounting & Finance (Wiley)*, 26(4), 29-35. doi:10.1002/jcaf.22047
  62. Kevin Dilton-Hill, K. (2015). Lean in Finance. *Journal Of Corporate Accounting & Finance (Wiley)*, 26(3), 15-25. doi:10.1002/jcaf.22030
  63. Venkataraman, K., Vijaya, V., Muthu, C. (2014). Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. *Procedia Materials Science, Volume 6*, 1187-1196
  64. Beck, C. (2017). All aboard. *Works Management*, 70(1), 16-20.
  65. Boughton, C. (2016). Your guide to 5S. *Works Management*, 22-24.
  66. Kilcarr, S. (2017). Maintenance Bay: DIY parts and paint. *Fleet Owner*, 1.
  67. Montgomery, D. (2013). *Design and Analysis of Experiments* (8<sup>th</sup> ed.). Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-1-118-14692-7
  68. Niebel, B. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño del trabajo* (13th ed.). México, D.F: McGraw-Hill Interamericana. ISBN: 978-607-15-1154-6
  69. Tompkins, J., et al. (2011). *Planeación de Instalaciones* (4ta edición). México: Cenage Learning, Inc. ISBN: 978-0-470-44404-7
  70. Ghiani, G. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management* (2<sup>nd</sup> ed.). Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-1-119-94338-9
  71. Lung-Sheng, L., Liang-Te, C., Chih-Chien, L., & Kuen-Yi, L. (2011). Using the Analytical Hierachy Process to Construct Performance Indicators for Comprehensive High Schools in Taiwan. *Social Behavior & Personality: An International Journal*, 39(5), 615-625. doi:10.2224/sbp.2011.39.5.615
  72. Boada, O. (2017). Entrevista personal. Proauto C.A.
  73. Winston, W. (2004). *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos* (4ta ed.). Thomson: México.
  74. Saardchom, N. (2012). The validation of analytic hierarchy process (AHP) scoring model. *Int. J. Liability and Scientific Enquiry*, Vol. 5, No. 2, pp. 163-179
  75. Whitaker, R. (2007). Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process. *Mathematical and Computer Modelling*, Volume 46, Issues 7–8, October 2007, Pages 840-859, ISSN 0895-7177, <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.018>

## Anexos:

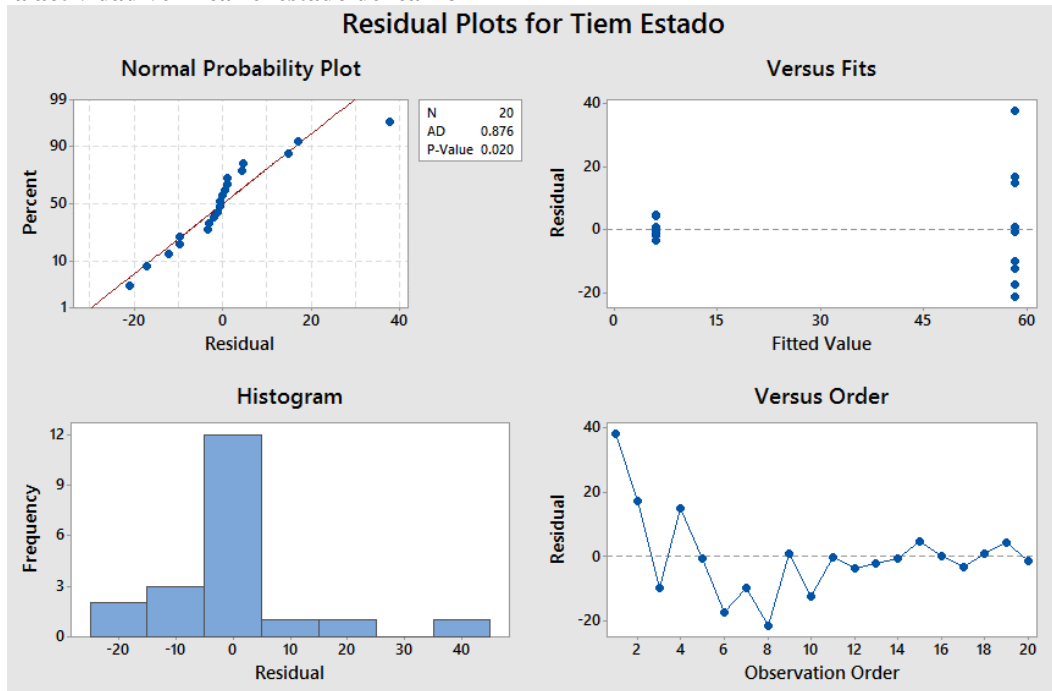
### Anexo 1: Plan a seguir para las etapas ordenar, limpiar, estandarizar, mantener del 5S

2S				
Ordenar				
2.1	Determinar la mejor ubicación para materiales, partes, herramientas, chatarra, etc.	Las cosas que más se usen, más cerca del punto de uso deben estar.	Las cosas que se usen juntas, se deben guardar juntas y siguiendo una secuencia.	
2.2	Preparar las cajas, estanterías donde se va a ubicar las partes a ordenar. Asegurarse que las bodegas sean más grandes que los ítems a guardar.			
2.3	Señalar la ubicación de los ítems: añadir placas/identificaciones en las estanterías para saber las partes que deben ir ahí. Señalar el piso en caso de ser necesario.			
3S				
Limpiar				
3.1	Establecer objetivos a limpiar.	Bodegas.	Equipos, herramientas, cabinets.	Espacios (pisos, pasillos, paredes).
3.2	Determinar las responsabilidades de limpieza, se puede asignar un área a una o varias personas.			
3.3	Determinar actividades de limpieza (puede ser necesario indicar cómo limpiar).			
3.4	Preparar herramientas de limpieza, todos deben saber donde van a estar ubicadas estas para limpiar en futuro.			
3.5	Proceder a limpiar, se debe volver una rutina.			
3.6	Cuando se limpia, se debe aprovechar para inspeccionar herramientas o máquinas.			
4S				
Estandarizar				
4.1	Desarrollar un checklist para verificar que todo se mantiene en orden.			
5S				
Mantener				
5.1	Determinar roles de gerencia, supervisores y técnicos.	Gerencia: permitir que se dedique tiempo para actividades de 5S. Proveer de los recursos necesarios. Promover y apoyar los esfuerzos de 5S.	Supervisor: Entrenar y enseñar 5S. Guiar acciones de 5S dando ejemplo al resto. Reiterar el compromiso del taller con las actividades de 5S.	Técnicos: Apoyar y comprometerse con 5S. Ayudar y educar a otros técnicos. Brindar sugerencias para mejorar las actividades de 5S.

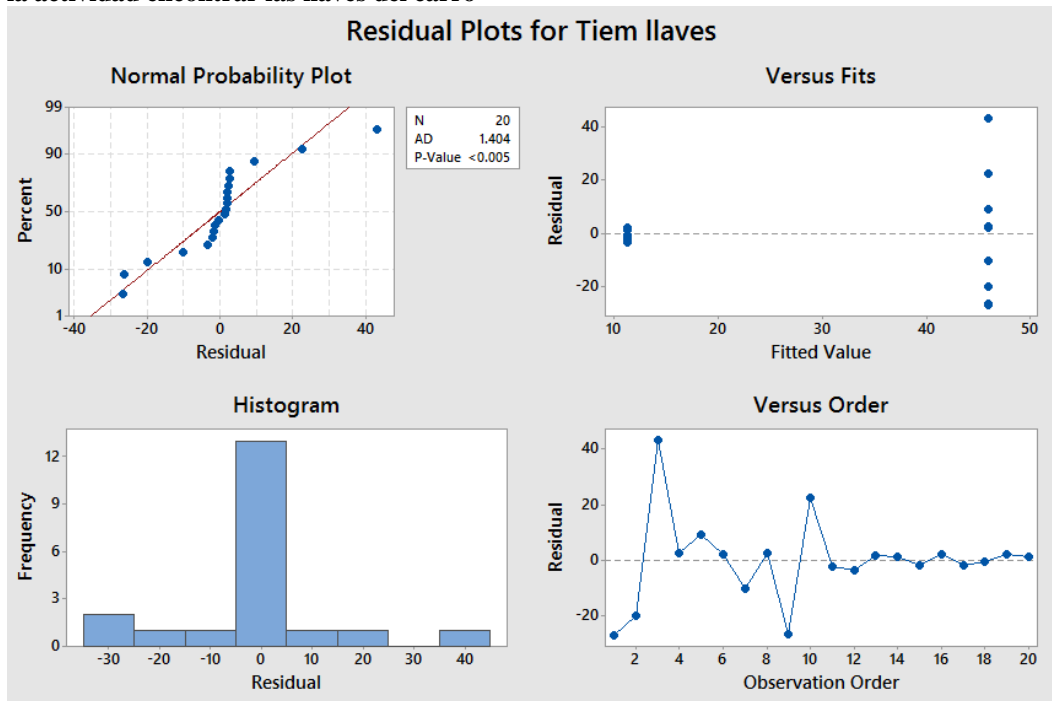
### Anexo 2: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad sacar y meter carro



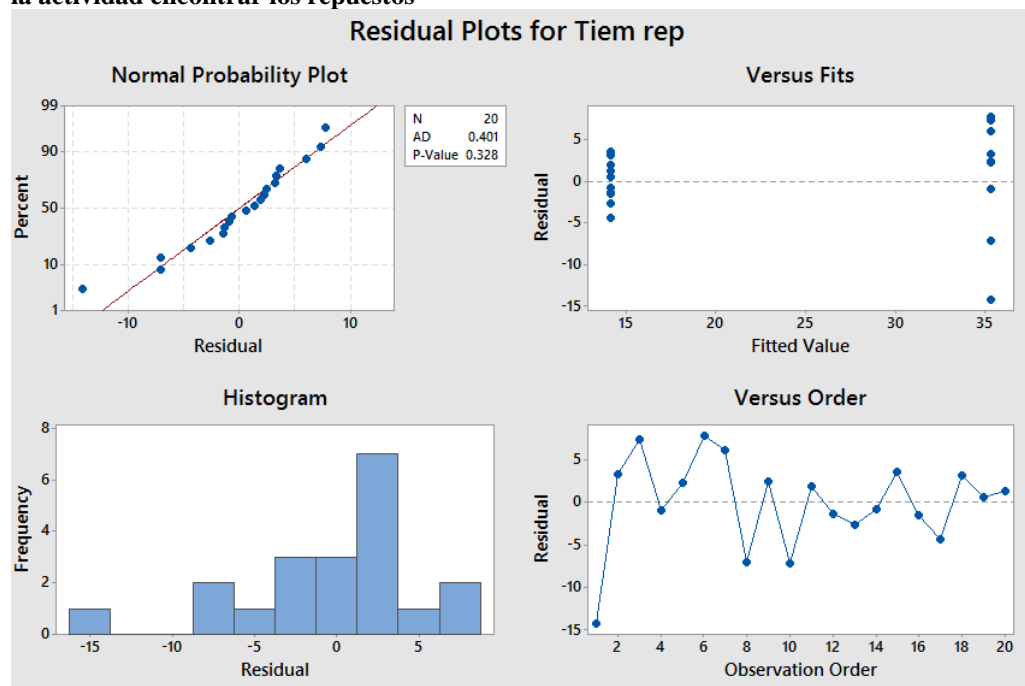
**Anexo 3: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad verificar el estado del carro**



**Anexo 4: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad encontrar las llaves del carro**

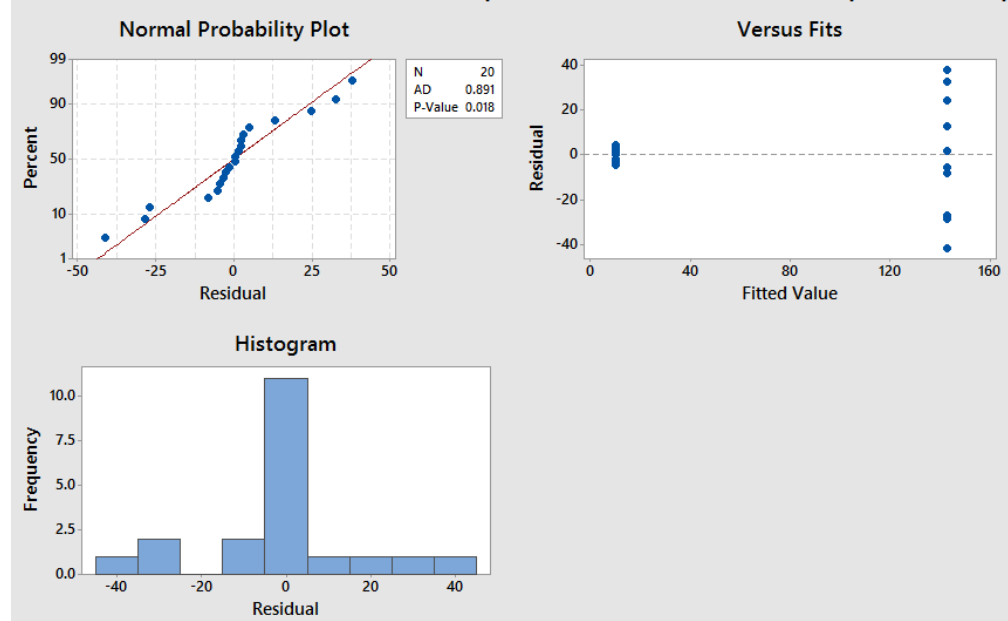


**Anexo 5: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad encontrar los repuestos**

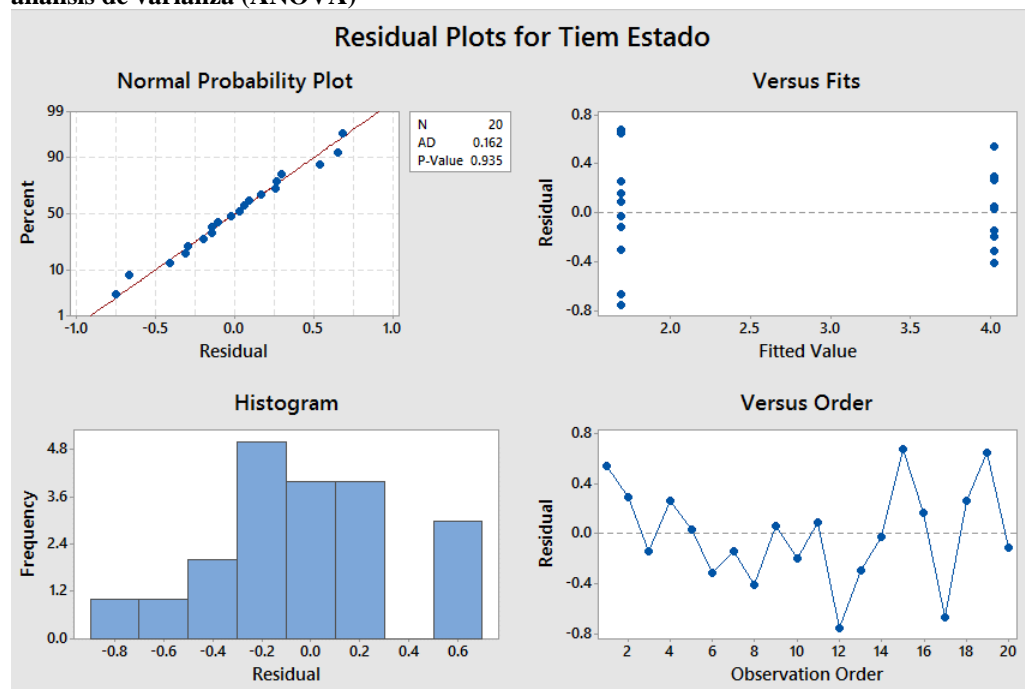


**Anexo 6: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para la actividad comunicación entre el encargado de repuestos y el asesor del taller para la realización de proformas vehiculares**

**Residual Plots for Comunicación con repuestos, Comunicación con repuestos\_Desp**



**Anexo 7: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad verificar el estado del carro, y resultados del análisis de varianza (ANOVA)**



Box-Cox transformation  
 Rounded  $\lambda$  0  
 Estimated  $\lambda$  0.186404  
 95% CI for  $\lambda$  (-0.0730962, 0.445904)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Act Estado	Fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Transformed Response

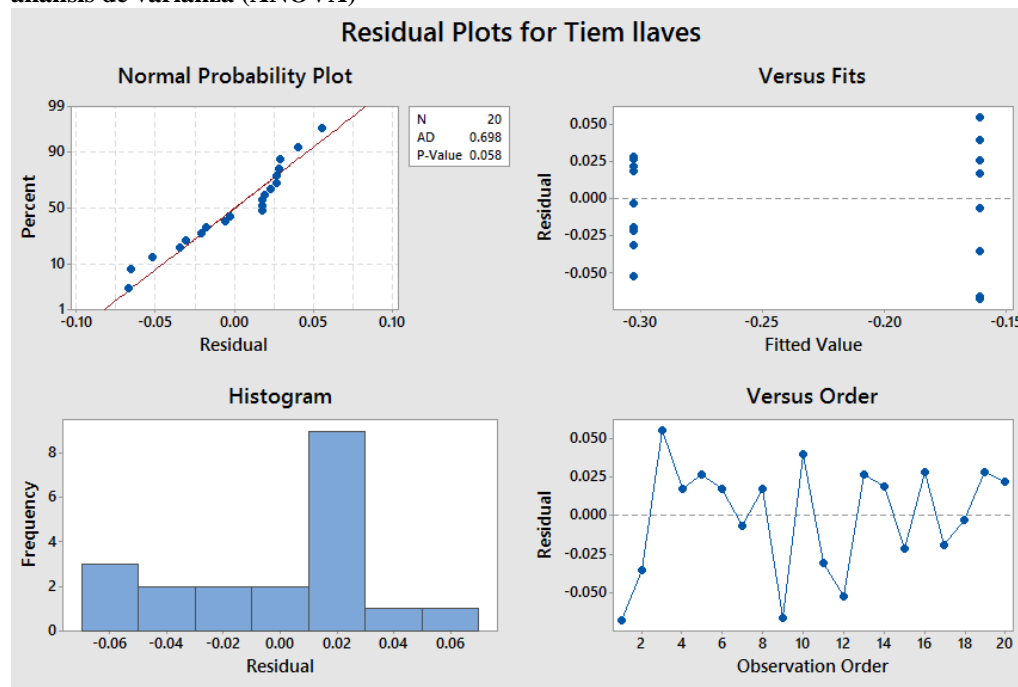
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Act Estado	1	27.335	27.3352	170.39	0.000
Error	18	2.888	0.1604		
Total	19	30.223			

Model Summary for Transformed Response

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.400533	90.45%	89.91%	88.20%



**Anexo 8: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad encontrar las llaves del carro, y resultados del análisis de varianza (ANOVA)**



Box-Cox transformation  
 Rounded  $\lambda$  -0.5  
 Estimated  $\lambda$  -0.64775  
 95% CI for  $\lambda$  (-1.15425, -0.140250)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Act llaves	Fixed	2	1, 2

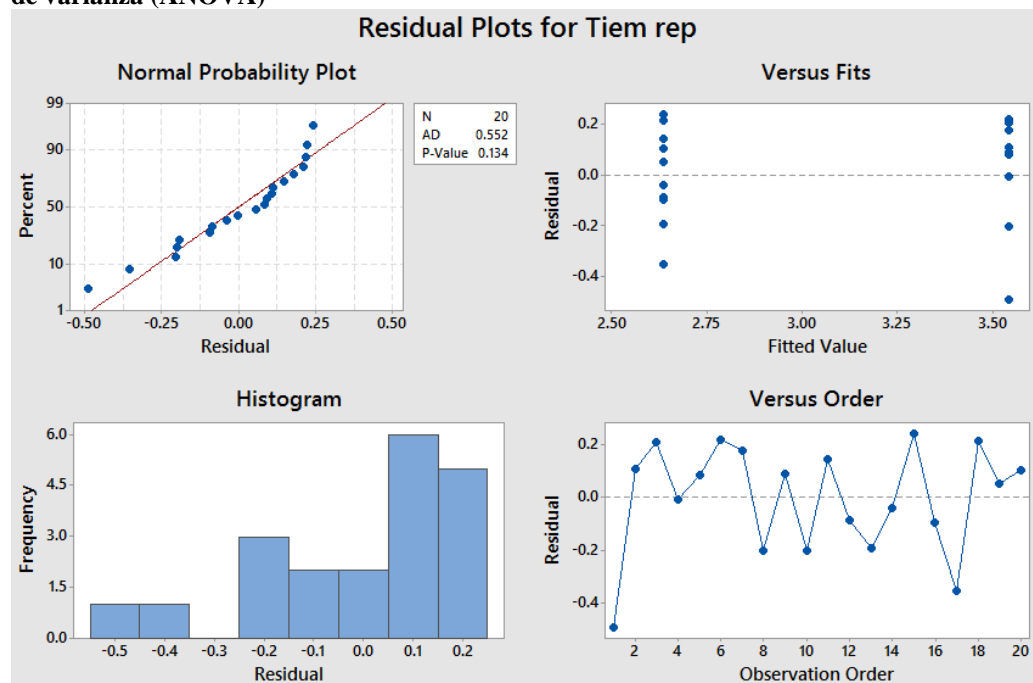
Analysis of Variance for Transformed Response

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Act llaves	1	0.10040	0.100405	75.54	0.000
Error	18	0.02393	0.001329		
Total	19	0.12433			

Model Summary for Transformed Response

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0364586	80.76%	79.69%	76.24%

**Anexo 9: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad encontrar los repuestos, y resultados del análisis de varianza (ANOVA)**



Box-Cox transformation  
 Rounded  $\lambda$  0  
 Estimated  $\lambda$  -0.0195336  
 95% CI for  $\lambda$  (-0.732034, 0.732966)

**Factor Information**

Factor	Type	Levels	Values
Act rep	Fixed	2	1, 2

**Analysis of Variance for Transformed Response**

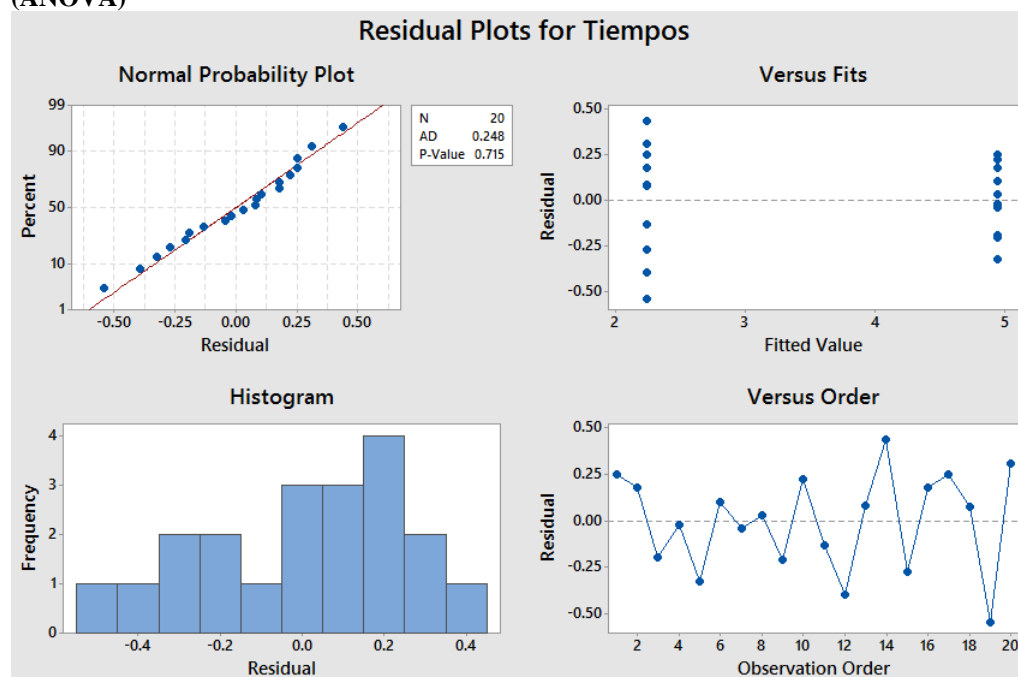
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Act rep	1	4.1317	4.13174	93.71	0.000
Error	18	0.7936	0.04409		
Total	19	4.9254			

**Model Summary for Transformed Response**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.209975	83.89%	82.99%	80.11%

**Anexo 10: Validación de supuestos de normalidad, igualdad de varianzas, aleatoriedad e independencia para los datos transformados mediante Box Cox para la actividad comunicación entre el encargado de repuestos y**

el asesor del taller para la realización de proformas vehiculares, y resultados del análisis de varianza (ANOVA)



Box-Cox transformation  
 Rounded  $\lambda$  0  
 Estimated  $\lambda$  0.191606  
 95% CI for  $\lambda$  (-0.0398943, 0.426106)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Actividad	Fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Transformed Response

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Actividad	1	36.461	36.4606	515.26	0.000
Error	18	1.274	0.0708		
Total	19	37.734			

Model Summary for Transformed Response

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.266010	96.62%	96.44%	95.83%

**Anexo 11: Resultados de la prueba t de dos muestras para los tiempos de la actividad sacar y meter carro**

## Two-Sample T-Test and CI: Sacar y meter carro, Sacar y meter carro\_Despues

Two-sample T for Sacar y meter carro vs Sacar y meter carro\_Despues

	N	Mean	StDev	SE Mean
Sacar y meter carro	10	181.88	9.71	3.1
Sacar y meter carro_Desp	10	35.43	5.78	1.8

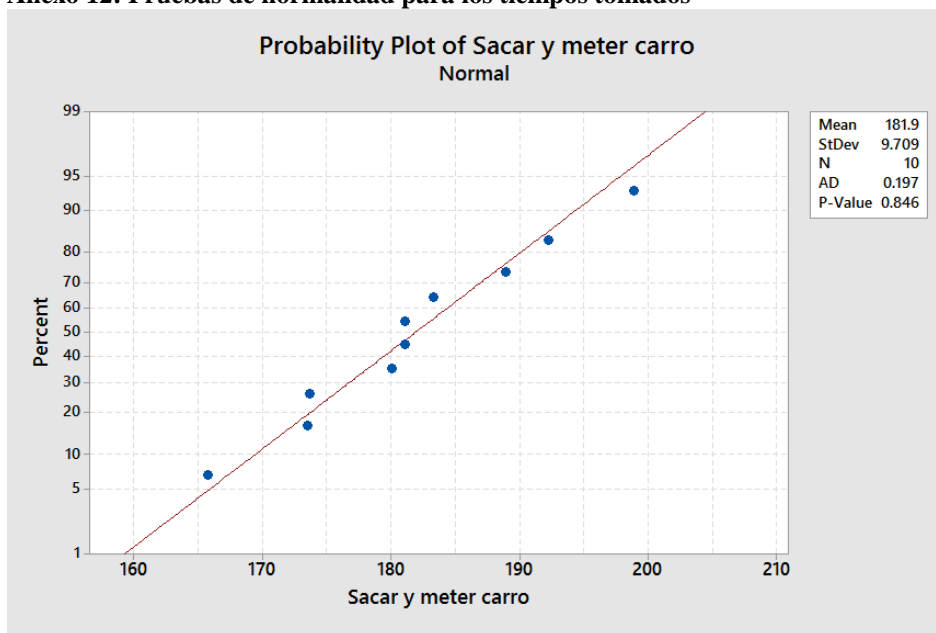
Difference =  $\mu$  (Sacar y meter carro) -  $\mu$  (Sacar y meter carro\_Despues)

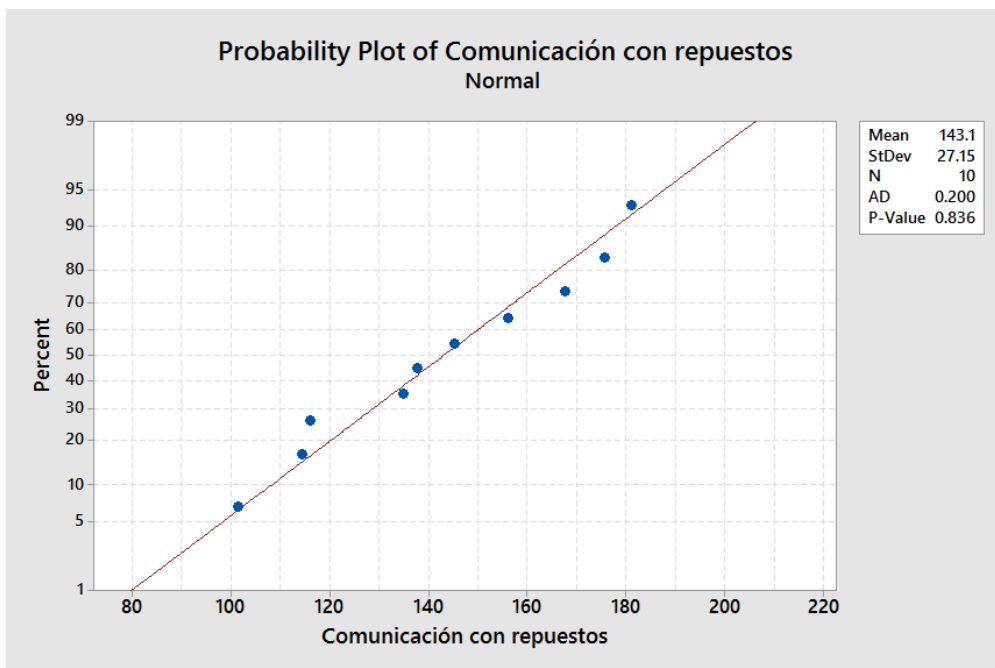
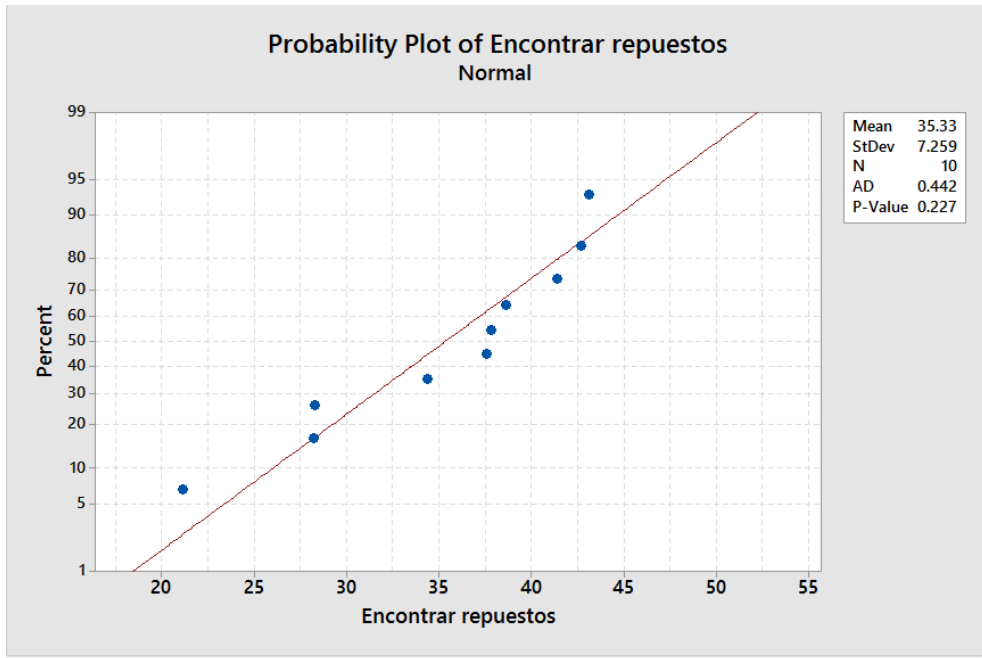
Estimate for difference: 146.45

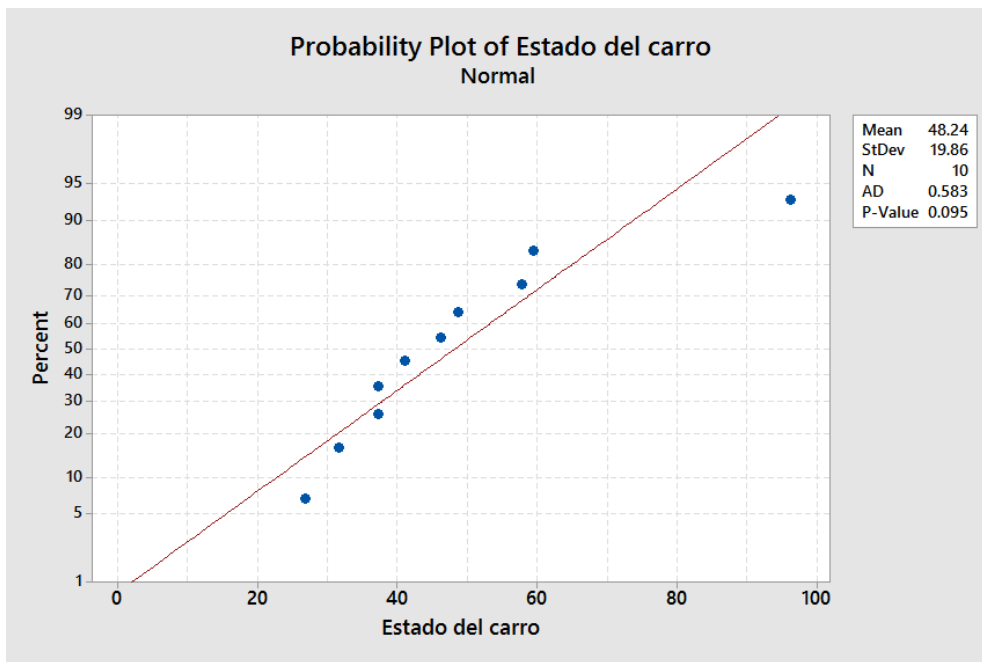
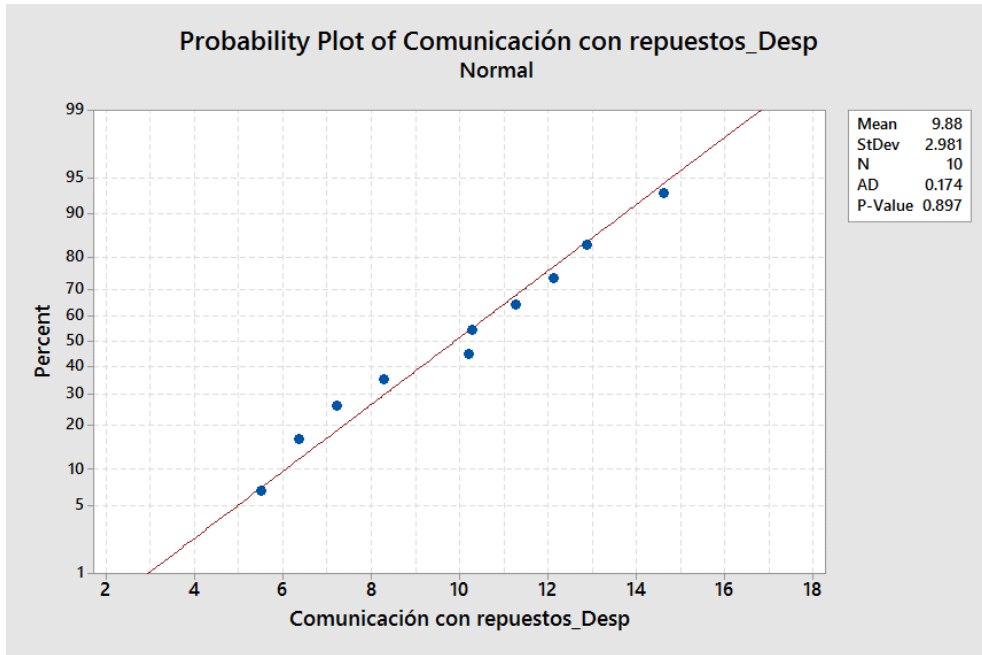
95% CI for difference: (138.79, 154.12)

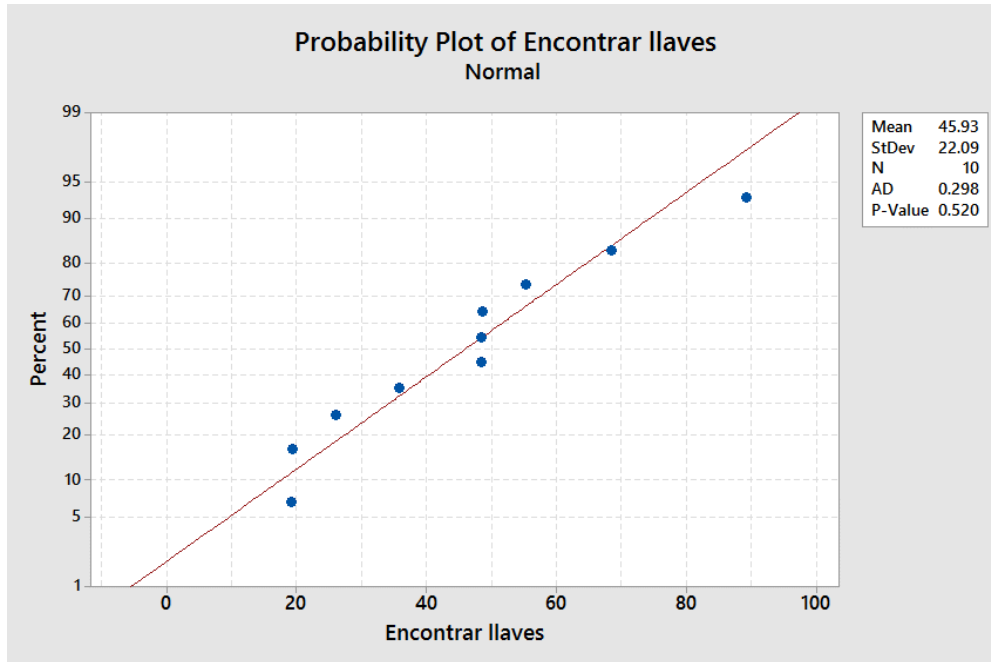
T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 40.99 P-Value = 0.000 DF = 14

### Anexo 12: Pruebas de normalidad para los tiempos tomados









Anexo 13: Análisis de adyacencias para el layout actual y el propuesto

**Antes**

Taller de Colisiones						
Flujo	1	2	3	4	5	6
1	-	E	E	O	U	U
2		-	A	E	U	I
3			-	A	U	U
4				-	A	U
5					-	A
6						-

Clave	Prioridad	Valor
A	Absolutamente necesario	4
E	Especialmente importante	3
I	Importante	2
O	Ordinario	1
U	No importante	0
X	Indeseado	-1

**Después**

Taller de Colisiones								
Flujo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	A	E	E	O	U	U	U
2		-	E	E	O	U	U	U
3			-	A	E	O	U	I
4				-	A	O	U	U
5					-	A	A	U
6						-	A	U
7							-	A
8								-

**Antes**

Taller de Colisiones						
Flujo	1	2	3	4	5	6
1	-	3	3	1	0	0
2		-	4	3	0	2
3			-	4	0	0
4				-	4	0
5					-	4
6						-

**Después**

Taller de Colisiones								
Flujo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	4	3	3	1	0	0	0
2		-	3	3	1	0	0	0
3			-	4	3	1	0	2
4				-	4	1	0	0
5					-	4	4	0
6						-	4	0
7							-	4
8								-

**Máximo = 28**

**Total = 20/28 = 71.43%**

**Máximo = 49**

**Total = 47/49 = 95.92%**

Anexo 14: Primer paso de la validación del AHP para el segundo grupo de proveedores

$$\begin{bmatrix}
 1.00 & 0.20 & 0.25 & 0.20 & 5.00 & 0.13 \\
 5.00 & 1.00 & 0.13 & 3.00 & 5.00 & 0.13 \\
 4.00 & 8.00 & 1.00 & 4.00 & 9.00 & 0.20 \\
 5.00 & 0.33 & 0.25 & 1.00 & 7.00 & 0.14 \\
 0.20 & 0.20 & 0.11 & 0.14 & 1.00 & 0.13 \\
 8.00 & 8.00 & 5.00 & 7.00 & 8.00 & 1.00
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 0.042 \\
 0.101 \\
 0.245 \\
 0.085 \\
 0.020 \\
 0.506
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0.307 \\
 0.766 \\
 1.853 \\
 0.608 \\
 0.152 \\
 3.642
 \end{bmatrix}$$